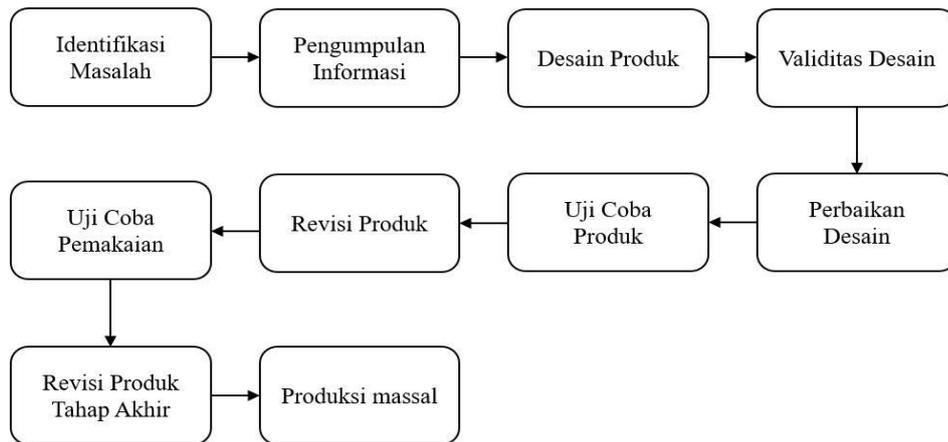


BAB III METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif dalam materi sistem imunitas berbasis aplikasi *android*. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan yang disarankan oleh Sugiyono dengan langkah-langkah penelitian dan pengembangan meliputi: (1) Identifikasi masalah, (2) Pengumpulan informasi, (3) Desain produk, (4) Validasi desain, (5) Revisi desain, (6) Uji coba produk, (7) Revisi produk, (8) Uji coba pemakaian, (9) Revisi produk tahap akhir, dan (10) Produksi massal.



Gambar 2. Langkah-langkah R&D. (Sumber: Sugiyono, 2013: 409)

Model pengembangan yang disarankan oleh Sugiyono ini dilakukan sampai pada tahap 7 karena keterbatasan yang dimiliki peneliti dan dianggap cocok dengan tujuan pengembangan yang ingin dicapai oleh peneliti yaitu menghasilkan suatu produk dan menguji kelayakan produk untuk mencapai tujuan penelitian.

B. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan menggunakan model yang disarankan Sugiyono dengan 7 tahap yang digunakan pada penelitian ini. Berikut adalah uraian kegiatan dari masing-masing tahap:

1. Identifikasi Masalah

Langkah pertama penelitian dan pengembangan adalah identifikasi masalah. Potensi atau masalah adalah sesuatu yang apabila didayagunakan akan memiliki nilai tambah. Masalah adalah penyimpangan antara yang diharapkan dan yang terjadi. Potensi dan masalah yang dikemukakan dalam penelitian harus ditunjukkan dengan data empirik. Tahap awal ini peneliti melakukan identifikasi dengan hasil sebagai berikut:

- a. Terdapat banyak pengguna *smartphone* di SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono baik dikalangan pendidik maupun peserta didik.
- b. Pengguna *smartphone* dikalangan pendidik dan peserta didik belum memanfaatkan teknologi tersebut dalam proses pembelajaran.
- c. Sekolah telah memiliki sarana penunjang berupa koneksi internet.

2. Pengumpulan Informasi

Setelah potensi masalah diidentifikasi, selanjutnya dilakukan pengumpulan informasi. Pengumpulan informasi sangat penting untuk mengetahui kebutuhan dari masyarakat pemakai terhadap produk yang ingin dikembangkan melalui penelitian dan pengembangan. Tahap pengumpulan informasi ini peneliti mengumpulkan data-data yang terkumpul, yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan untuk perencanaan. Pengumpulan informasi dilakukan oleh peneliti dengan melakukan wawancara terhadap tenaga pendidik dibidang biologi dan menyebarkan angket mengenai pemanfaatan serta spesifikasi *smartphone* kepada peserta didik kelas XI di SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono.

Tahap pengumpulan informasi ini peneliti menemukan beberapa hasil sebagai berikut:

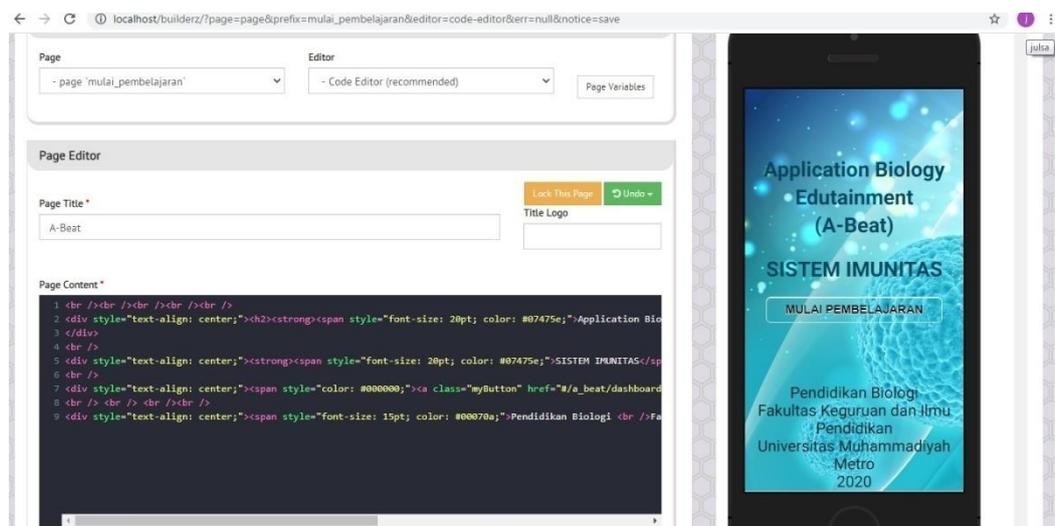
- a. Tenaga pendidik belum menggunakan aplikasi pada *smartphone* mereka untuk digunakan sebagai media pembelajaran.
- b. Materi sistem imunitas mengalami kesulitan dalam proses penyampaiannya.
- c. Sebagian besar peserta didik memiliki perangkat *smartphone* dan mampu mengoperasikannya,

- d. Spesifikasi *smartphone* yang digunakan sudah mumpuni untuk mengoperasikan aplikasi.

3. Desain Produk

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, langkah selanjutnya penelitian dan pengembangan membuat desain dari produk yang akan dikembangkan. Tahapan desain produk dilakukan peneliti dengan memulai pembuatan media pembelajaran interaktif berbasis aplikasi android pada materi sistem imunitas. Sebelum pembuatan adapun persiapan yang dilakukan yaitu menyiapkan konsep-konsep Biologi mengenai konsep sistem imunitas dan perangkat pendukung yang diperlukan dalam pembuatan media pembelajaran interaktif. Desain produk yang dikembangkan memiliki komponen sebagai berikut:

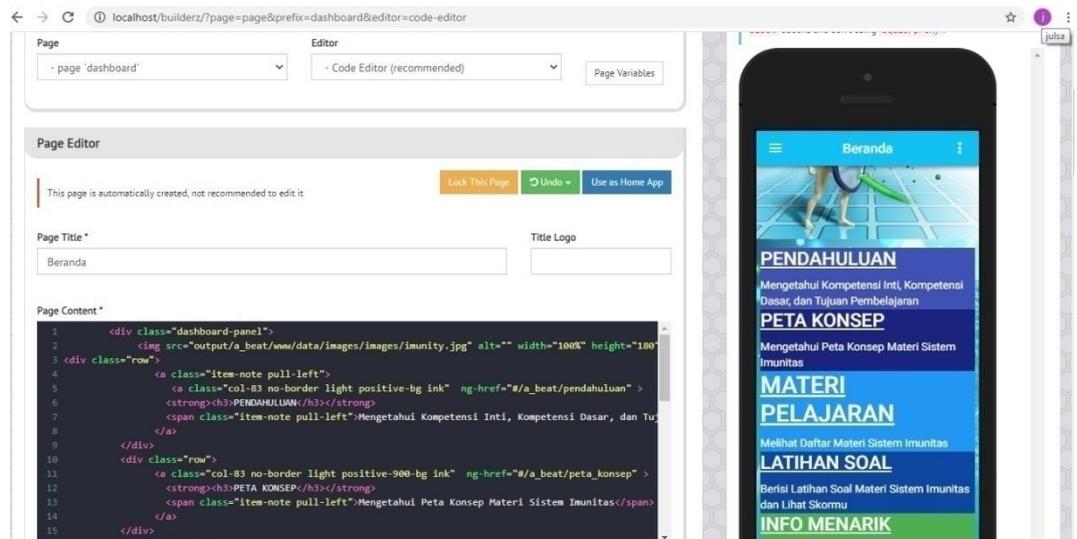
a. Tampilan Awal



Gambar 3. Tampilan Awal Aplikasi

Tampilan awal menjadi satu-satunya akses masuk dalam mengoperasikan aplikasi yang dikembangkan. Menampilkan nama aplikasi, gambar pendukung materi, tulisan materi sistem imunitas, dan nama universitas. Simbol akses masuk kedalam aplikasi berupa ikon bertuliskan mulai pembelajaran.

b. Halaman Utama

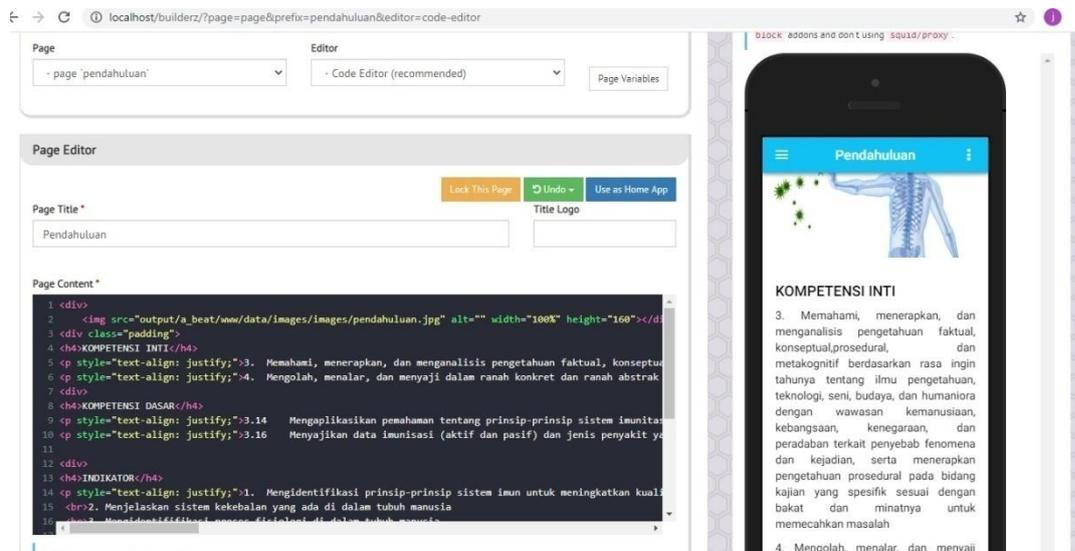


Gambar 4. Tampilan Halaman Utama

Halaman utama berisi menu-menu utama dalam aplikasi media pembelajaran berupa:

- 1) Menu Pendahuluan
- 2) Menu Peta Konsep
- 3) Menu Materi Pelajaran
- 4) Menu Latihan Soal
- 5) Menu Info Menarik
- 6) Menu Bantuan

c. Menu Pendahuluan



Gambar 5. Tampilan Menu Pendahuluan

Menu pendahuluan berisi tentang :

1) kompetensi inti

3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

2) kompetensi dasar

- 3.14 Mengaplikasikan pemahaman tentang prinsip-prinsip sistem imunitas meningkatkan kualitas hidup manusia dengan kekebalan yang dimilikinya melalui program imunisasi sehingga dapat terjaga proses fisiologi di dalam tubuh.
- 3.16 Menyajikan data imunisasi (aktif dan pasif) dan jenis penyakit yang dikendalikannya.

3) Indikator

1. Mengidentifikasi prinsip-prinsip sistem imun untuk meningkatkan kualitas hidup manusia.
2. Menjelaskan sistem kekebalan yang ada di dalam tubuh manusia.
3. Mengidentifikasi proses fisiologi di dalam tubuh manusia
4. Mengumpulkan data jenis-jenis imunisasi (aktif dan pasif).
5. Mengidentifikasi penyebab penyakit sistem imunitas.

4) Tujuan pembelajaran.

1. Siswa mampu menganalisis prinsip-prinsip sistem imun melalui program imunisasi untuk meningkatkan kualitas hidup manusia.
2. Siswa mampu menjelaskan sistem kekebalan tubuh setelah mengamati gambar atau dari teks tentang struktur sel.
3. Siswa mampu menjelaskan secara lisan tentang mekanisme terbentuknya sistem kekebalan dalam tubuh.
4. Siswa mampu menganalisis proses fisiologi kekebalan di dalam tubuh melalui diskusi kelompok di kelas.
5. Siswa mampu mengidentifikasi jenis-jenis imunisasi (aktif dan pasif) melalui observasi lapangan.
6. Siswa mampu mengumpulkan informasi kelainan-kelainan sistem imunitas melalui berbagai sumber dan observasi lapangan.

d. Menu Peta Konsep

The image shows a web editor interface for a concept map menu. The editor displays the following HTML code:

```

1 <div class="padding">
2 <div >
3 <h4><strong>Peta Konsep Materi Sistem Imunitas</strong></h4>
4 
5 <p><strong>Keterangan:</strong></p>
6 <br>1. Mengenal Sistem Imunitas
7 <br>2. Fungsi Sistem Imunitas
8 <br>3. Fungsi Sistem Imunitas
9 <br>4. Target Sistem Imunitas
10 <br>5. Cara Tubuh Memperoleh Sistem Imun
11 <br>6. Kekebalan Aktif
12 <br>7. Kekebalan Pasif
13 <br>8. Organ Sistem Imunitas
14 <br>9. Imunitas NonSpesifik
15 <br>10. Pertahanan Permukaan Tubuh
16 <br>11. Respon Peradangan (Inflamasi)

```

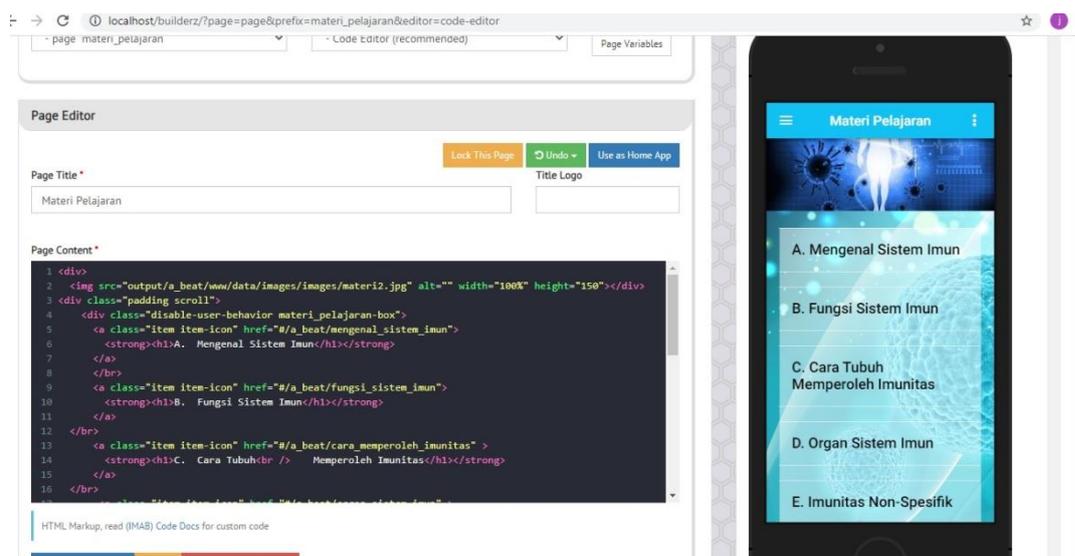
Next to the code editor is a preview of the concept map menu on a mobile device. The menu is titled "Peta Konsep Materi Sistem Imunitas" and features a concept map diagram with 16 numbered nodes. The nodes are arranged in a hierarchical structure, with node 1 at the top and nodes 2-16 branching out below it. The nodes are color-coded: 1 (red), 2 (blue), 3 (blue), 4 (blue), 5 (yellow), 6 (yellow), 7 (yellow), 8 (purple), 9 (yellow), 10 (yellow), 11 (yellow), 12 (yellow), 13 (yellow), 14 (purple), 15 (purple), 16 (purple). Below the diagram is a legend titled "Keterangan:" with the text "1. Mengenal Sistem Imunitas".

Gambar 6. Tampilan Menu Peta Konsep

Menu peta konsep berisi peta konsep materi sistem imunitas sebagai berikut :

1. Mengetahui Sistem Imunitas
2. Fungsi Sistem Imunitas
3. Fungsi Sistem Imunitas
4. Target Sistem Imunitas
5. Cara Tubuh Memperoleh Sistem Imun
6. Kekebalan Aktif
7. Kekebalan Pasif
8. Organ Sistem Imunitas
9. Imunitas NonSpesifik
10. Pertahanan Permukaan Tubuh
11. Respon Peradangan (Inflamasi)
12. Fagositosis
13. Protein AntiMikroba
14. Imunitas Spesifik
15. Limfosit
16. Antibodi
17. Imunisasi dan Vaksin
18. Kelainan dan Penyakit

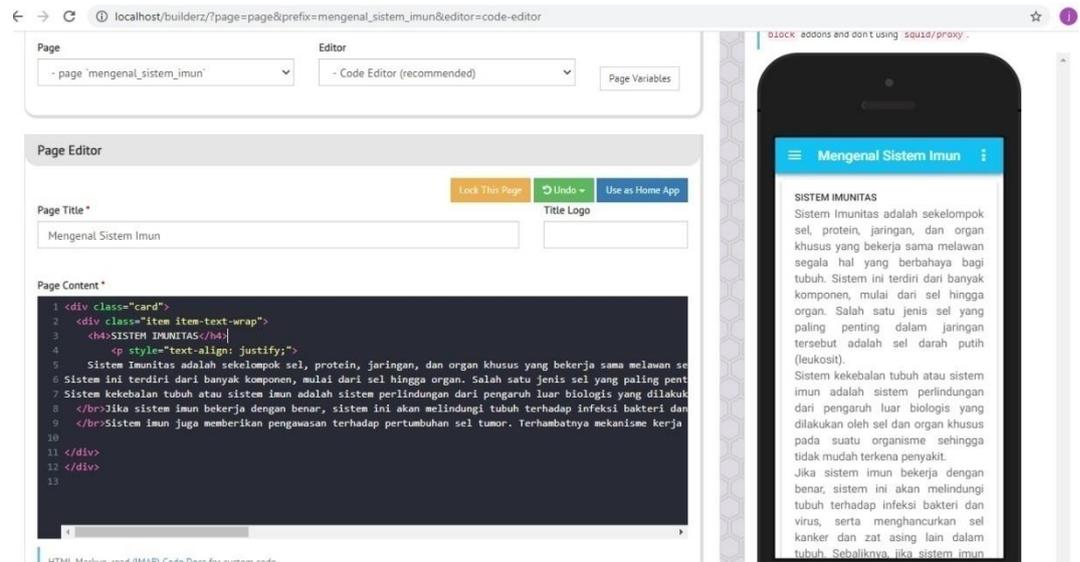
e. Menu Daftar Materi Pelajaran



Gambar 7. Tampilan Menu Daftar Materi Pelajaran

Menu daftar materi pelajaran berisi daftar materi sistem imunitas yang dikemas secara menarik untuk memudahkan pengguna dengan cara pembagian pada sub menu setiap kelompok materi sistem imunitas. Berikut sub menu yang tersedia dalam aplikasi :

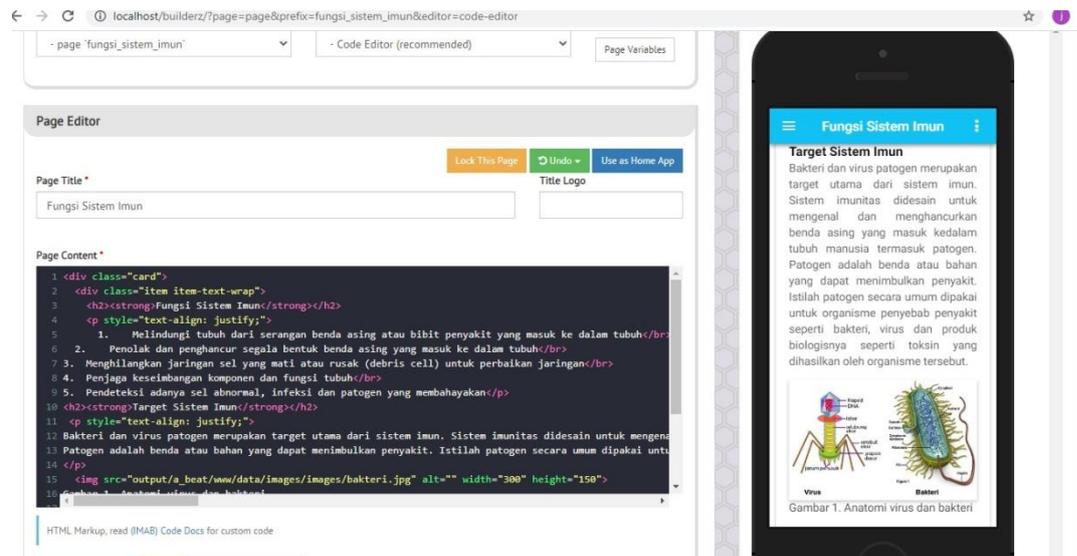
1) Mengetahui Sistem Imun



Gambar 8. Tampilan Materi Mengetahui Sistem Imun

Sistem Imunitas adalah sekelompok sel, protein, jaringan, dan organ khusus yang bekerja sama melawan segala hal yang berbahaya bagi tubuh. Sistem ini terdiri dari banyak komponen, mulai dari sel hingga organ. Salah satu jenis sel yang paling penting dalam jaringan tersebut adalah sel darah putih (leukosit). Sistem kekebalan tubuh atau sistem imun adalah sistem perlindungan dari pengaruh luar biologis yang dilakukan oleh sel dan organ khusus pada suatu organisme sehingga tidak mudah terkena penyakit. Jika sistem imun bekerja dengan benar, sistem ini akan melindungi tubuh terhadap infeksi bakteri dan virus, serta menghancurkan sel kanker dan zat asing lain dalam tubuh. Sebaliknya, jika sistem imun melemah, maka kemampuannya untuk melindungi tubuh juga berkurang, sehingga menyebabkan patogen, termasuk virus penyebab demam dan flu, dapat berkembang dalam tubuh. Sistem imun juga memberikan pengawasan terhadap pertumbuhan sel tumor. Terhambatnya mekanisme kerja sistem imun telah dilaporkan dapat meningkatkan resiko terkena beberapa jenis kanker.

2) Fungsi Sistem Imun



Gambar 9. Tampilan Materi Fungsi Sistem Imun

Fungsi Sistem Imun:

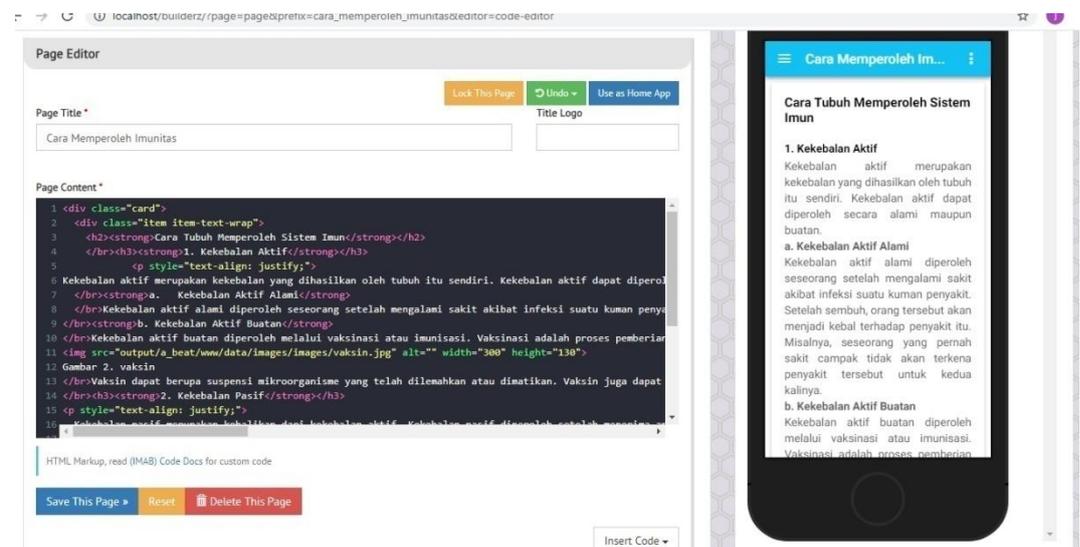
1. Melindungi tubuh dari serangan benda asing atau bibit penyakit yang masuk ke dalam tubuh
2. Penolak dan penghancur segala bentuk benda asing yang masuk ke dalam tubuh
3. Menghilangkan jaringan sel yang mati atau rusak (*debris cell*) untuk perbaikan jaringan
4. Penjaga keseimbangan komponen dan fungsi tubuh
5. Pendeteksi adanya sel abnormal, infeksi dan patogen yang membahayakan

Bakteri dan virus patogen merupakan target utama dari sistem imun. Sistem imunitas didesain untuk mengenali dan menghancurkan benda asing yang masuk ke dalam tubuh manusia termasuk patogen.

Patogen adalah benda atau bahan yang dapat menimbulkan penyakit. Istilah patogen secara umum dipakai untuk organisme penyebab penyakit seperti bakteri, virus dan produk biologisnya seperti toksin yang dihasilkan oleh organisme tersebut. Virus tidak dapat membelah sendiri, mereka membutuhkan sel dan jaringan hidup dari tubuh inang untuk membelah/memperbanyak diri, sedangkan bakteri adalah mikroorganisme sel tunggal, punya inti sel, yang dapat membelah sendiri dengan cepat.

Sistem imunitas yang ada dalam tubuh manusia merespon masuknya bakteri dan virus ke dalam tubuh manusia melalui mekanisme yang sangat rumit dan kompleks. Sistem imunitas ini mengenal molekul (antigen Antigen Substansi asing didalam badan yang memicu untuk menghasilkan antibodi.) yang unik dari bakteri atau virus yang merangsang timbulnya antibodi (sejenis protein) dan sejenis sel darah putih yang disebut limfosit. Limfosit ini menandai antigen yang masuk dan kemudian menghancurkannya.

3) Cara Tubuh Memperoleh Imunitas



Gambar 10. Tampilan Materi Cara Tubuh Memperoleh Imunitas

Cara Tubuh Memperoleh Sistem Imun

1. Kekebalan Aktif

Kekebalan aktif merupakan kekebalan yang dihasilkan oleh tubuh itu sendiri. Kekebalan aktif dapat diperoleh secara alami maupun buatan.

a. Kekebalan Aktif Alami

Kekebalan aktif alami diperoleh seseorang setelah mengalami sakit akibat infeksi suatu kuman penyakit. Setelah sembuh, orang tersebut akan menjadi kebal terhadap penyakit itu. Misalnya, seseorang yang pernah sakit campak tidak akan terkena penyakit tersebut untuk kedua kalinya.

b. Kekebalan Aktif Buatan

Kekebalan aktif buatan diperoleh melalui vaksinasi atau imunisasi. Vaksinasi adalah proses pemberian vaksin ke dalam tubuh. Vaksin merupakan siapan antigen yang diberikan secara oral (melalui mulut) atau melalui suntikan untuk merangsang mekanisme pertahanan tubuh terhadap patogen.

Vaksin dapat berupa suspensi mikroorganisme yang telah dilemahkan atau dimatikan. Vaksin juga dapat berupa toksoid atau ekstrak antigen dari suatu patogen yang telah dilemahkan. Vaksin yang dimasukkan ke dalam tubuh akan menstimulasi pembentukan antibodi untuk melawan antigen sehingga tubuh menjadi kebal terhadap penyakit yang menyeranginya.

2. Kekebalan pasif

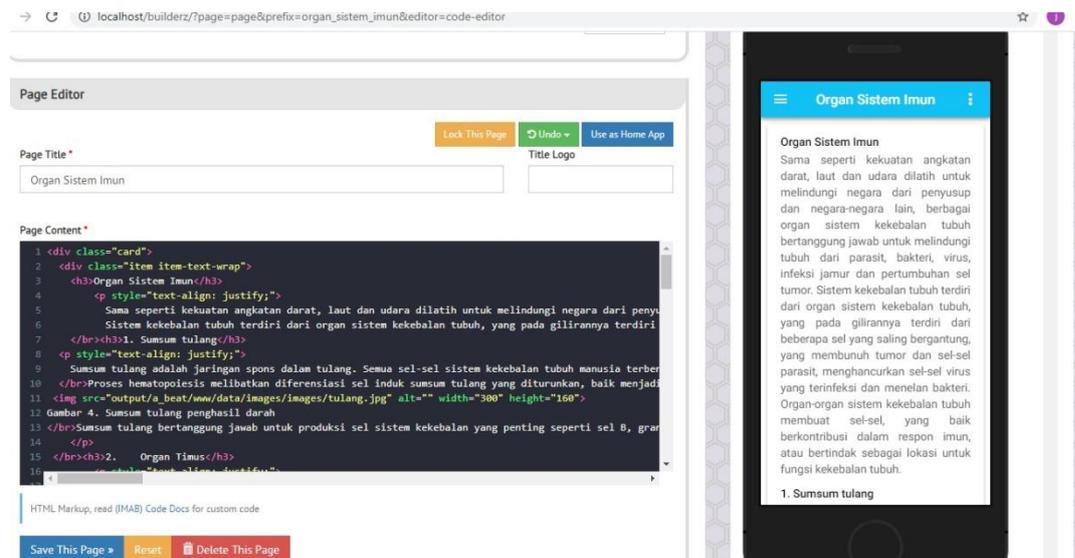
Kekebalan pasif merupakan kebalikan dari kekebalan aktif. Kekebalan pasif diperoleh setelah menerima antibodi dari luar tubuh, baik secara alami maupun buatan.

a. Kekebalan pasif alami dapat ditemukan pada bayi setelah menerima antibodi dari ibunya melalui plasenta saat masih berada di dalam kandungan. Kekebalan ini juga dapat diperoleh dengan pemberian ASI pertama (kolostrum) yang mengandung banyak antibodi.

b. Kekebalan Pasif Buatan

Kekebalan pasif buatan diperoleh dengan cara menyuntikkan antibodi yang diekstrak dari suatu individu ke tubuh orang lain sebagai serum. Kekebalan ini berlangsung singkat, tetapi mampu menyembuhkan dengan cepat. Contohnya adalah pemberian serum antibisa ular kepada orang yang dipatuk ular berbisa.

4) Organ Sistem Imun



Gambar 11. Tampilan Materi Organ Sistem Imun

Sama seperti kekuatan angkatan darat, laut dan udara dilatih untuk melindungi negara dari penyusup dan negara-negara lain, berbagai organ sistem kekebalan tubuh bertanggung jawab untuk melindungi tubuh dari parasit, bakteri, virus, infeksi jamur dan pertumbuhan sel tumor. Sistem kekebalan tubuh terdiri dari organ sistem kekebalan tubuh, yang pada gilirannya terdiri dari beberapa sel yang saling bergantung, yang membunuh tumor dan sel-sel parasit, menghancurkan sel-sel virus yang terinfeksi dan menelan bakteri. Organ-organ sistem kekebalan tubuh membuat sel-sel, yang baik berkontribusi dalam respon imun, atau bertindak sebagai lokasi untuk fungsi kekebalan tubuh.

1. Sumsum tulang

Sumsum tulang adalah jaringan spons dalam tulang. Semua sel-sel sistem kekebalan tubuh manusia terbentuk pada sumsum tulang, ditemukan dalam tulang, dengan proses yang disebut hematopoiesis. Proses hematopoiesis melibatkan diferensiasi sel induk sumsum tulang yang diturunkan, baik menjadi sel dewasa dari sistem kekebalan tubuh atau prekursor sel yang bergerak dari sumsum tulang dan melanjutkan pematangan mereka di tempat lain. Sumsum tulang bertanggung jawab untuk produksi sel sistem kekebalan yang penting seperti sel B, granulosit, sel-sel pembunuh alami dan timosit dewasa. Hal ini juga menghasilkan sel-sel darah merah dan platelet.

2. Organ Timus

Timus adalah organ kecil yang terletak di belakang bagian atas tulang dada. Timus berfungsi sebagai tempat perkembangan limfosit yang dihasilkan dari sumsum merah untuk menjadi limfosit T yang kemudian berubah menjadi sel T sitotoksik (*cytotoxic T cell*), sel T penolong (*helper T cell*), sel T supresor (*supressor T cell*) dan sel T memori (*memory T cell*). Timus tidak menyerang patogen secara langsung. Timus akan mensekresikan hormon timopietin untuk memberikan kekebalan pada *Limfosit T*.

3. Organ Limpa

Limfa merupakan organ limfoid dengan ukuran yang besar dan terletak di belakang lambung. Adapun kelenjar yang dihasilkan oleh limfa berwarna ungu tua yang memiliki fungsi antara lain membentuk sel darah putih (leukosit) dan antibodi, membunuh kuman dan menghancurkan sel darah merah yang sudah tua. Limpa berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh karena membantu membersihkan dan menyimpan sel darah merah, serta membantu mengenali dan menyerang bahan patogen, yakni benda asing penyebab penyakit yang masuk ke tubuh. Sebagai upaya menjaga sistem kekebalan tubuh, limpa juga membantu memastikan mikroorganisme berbahaya keluar dari aliran darah. Kemudian sel-sel darah putih yang terdapat dalam limpa, turut membantu mencegah terjadinya infeksi. Limpa juga yang mengendalikan jumlah sel darah putih, sel darah merah, serta trombosit.

4. Jaringan Limfa

Pembuluh limfatik membawa cairan bening yang disebut getah bening, yang menggenangi jaringan-jaringan tubuh, dan juga berfungsi sebagai jaringan transportasi untuk sel-sel kekebalan. Kelenjar getah bening adalah benjolan kecil jaringan yang putus-putus sepanjang sistem limfatik. Kelenjar adalah pusat kegiatan dimana limfosit terus beredar dari jaringan ke kelenjar getah bening dan kembali lagi, melalui aliran darah dan pembuluh limfatik. Ketika tubuh menjadi terinfeksi, antigen-presenting sel bermigrasi ke kelenjar getah bening, di mana mereka mulai menyajikan antigen ke limfosit yang beredar. Jika limfosit mengenali antigen, mereka menjadi aktif. Mereka berhenti beredar di seluruh tubuh dan sebaliknya, tinggal di kelenjar getah bening dan mulai

memperbanyak, sehingga melepaskan respon imun (ini adalah mengapa kelenjar getah bening menjadi bengkak dan lembut sebagai akibat dari infeksi).

5. Tonsil atau Amandel

Tonsila palatina atau yang lebih dikenal dengan amandel adalah dua benjolan bulat yang terletak di kanan kiri ujung belakang rongga mulut. Setiap amandel terdiri atas jaringan yang mirip dengan kelenjar getah bening, yang ditutupi oleh lapisan kulit dalam berwarna merah muda. Anda bisa melihat jelas amandel Anda dengan cara membuka mulut lebar-lebar sambil menjulurkan lidah. Sementara itu, jaringan lunak yang terletak di langit-langit belakang dan terletak di tengah amandel disebut dengan *adenoid*. Tonsil berfungsi untuk membunuh penyakit yang terdapat pada saluran pernapasan pada bagian atas dan faring. Hal ini dapat dilakukan karena tonsil dapat mensekresikan kelenjar yang banyak mengandung limfosit. Amandel juga berfungsi menyaring bakteri dan virus yang bisa masuk kapan saja ketika Anda bernapas. Yang tak kalah penting, amandel juga berguna untuk menghasilkan sel darah putih dan antibodi yang dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh dalam melawan berbagai virus dan bakteri penyebab penyakit.

6. Usus Buntu

Usus buntu (*appendiks*) merupakan organ berbentuk selang berbentuk seperti cacing yang melekat pada usus besar dalam tubuh manusia. Usus buntu memiliki ujung buntu yang berarti apa pun yang masuk ke dalamnya tidak bisa kembali. Rata-rata panjang usus buntu sekitar 11 sentimeter, tapi bisa bervariasi pada setiap orang, dan bisa lumayan panjang hingga 20 cm. Ukurannya yang kecil dan mirip cacing ini membuat banyak literatur menyebutnya sebagai Umbai Cacing, "*Vermiform*" atau hanya "*Vermix*" yang berasal dari bahasa Latin yang berarti "berbentuk cacing". Penelitian dalam beberapa tahun terakhir telah menunjukkan bahwa usus buntu memiliki sel limfoid yang membantu tubuh melawan infeksi. Penelitian ini menunjukkan bahwa fungsi usus buntu cukup diperhitungkan dalam sistem kekebalan tubuh. Dalam hal ini usus buntu bisa menjadi pertahanan awal dalam membantu proses melawan bakteri dan zat penyebab penyakit lainnya terutama pada

saluran pencernaan. Bahkan dipercaya terlibat dalam proses penurunan *Limfosit-T* dan *limfosit-B* dalam sistem imun.

7. *Leukosit* (Sel Darah Putih)

Sel darah putih (leukosit) merupakan bagian penting dari sistem pertahanan tubuh yang fungsinya untuk melawan mikroorganisme penyebab infeksi, sel tumor, dan zat-zat asing yang berbahaya. Inilah yang diketahui sebagai fungsi leukosit atau sel darah putih yang utama. Ada beberapa jenis leukosit, masing-masing memiliki fungsi tertentu dalam tubuh. Jika jumlah leukosit dalam tubuh meningkat (leukosit tinggi), itu bisa menjadi indikasi adanya penyakit yang mendasari atau infeksi. Secara garis besar leukosit dibagi menjadi dua, yaitu agranulosit dan granulosit. Pada *granulosit* berarti adanya granula atau butiran pada sitoplasma sel leukosit. Butiran ini dilepaskan untuk membunuh jamur, bakteri dan setiap penyerang lainnya. Terdiri dari tiga jenis sel darah putih yaitu *Neutrofil*, *Eosinofil* dan *Basofil*. Sedangkan, pada Agranulosit sitoplasma sel tidak memiliki butiran. Terdiri dari sel limfosit T, limfosit B, Monosit, dan Sel NK (*Natural Killer Cell*). Masing-masing memiliki presentasi atau jumlah normal sebagai berikut: Neutrofil (40% - 75%) Eosinofil (1% - 6%) Basofil (kurang dari 1%) Monosit (2% -10%) Limfosit (20% -45%). Fungsi Leukosit atau Sel Darah Putih sesuai Jenisnya:

a. Fungsi Neutrofil

Neutrofil adalah sel-sel kekebalan non-spesifik dan terdiri sekitar 55 sampai 70 persen dari total sel darah putih. Fungsi sel darah putih neutrofil adalah sebagai baris pertama pertahanan tubuh terhadap antigen penyerang dan merupakan sel pertama yang tiba di tempat infeksi atau cedera. Sinyal kimia yang dilepaskan oleh sel yang rusak akan menarik neutrofil, kemudian ia akan menempel pada dinding pembuluh darah dan menelan partikel asing sebelum dapat memasuki aliran darah. Neutrofil berumur pendek dan merusak dirinya sendiri setelah menelan antigen berbahaya.

b. Fungsi Monosit

Monosit terdiri 2 sampai 8 persen dari total sel darah putih dalam sirkulasi. Monosit berasal dari sumsum tulang dan berkembang menjadi makrofag besar dalam aliran darah. Makrofag adalah sel yang terbesar di antara sel-sel darah putih yang ada. Fungsi sel darah putih makrofag

adalah bertanggung jawab untuk menelan sel mati, limbah dan bakteri berbahaya. Makrofag menyerang mikroba dengan menjulurkan kaki-kaki pseudopodia untuk menangkap, kemudian menghancurkan mikroba dengan melepaskan enzim dari dalam makrofag.

c. Fungsi Eosinofil

Berperan dalam melawan parasit multiseluler dan reaksi alergi. Eosinofil berkembang dalam sumsum tulang sebelum bermigrasi keluar ke dalam aliran darah. Dalam menjalankan fungsinya, leukosit eosinofil akan melepaskan mediator kimia dalam proses yang disebut degranulasi. Selama degranulasi, butiran kecil di dalam eosinofil akan dikeluarkan untuk menghancurkan partikel asing.

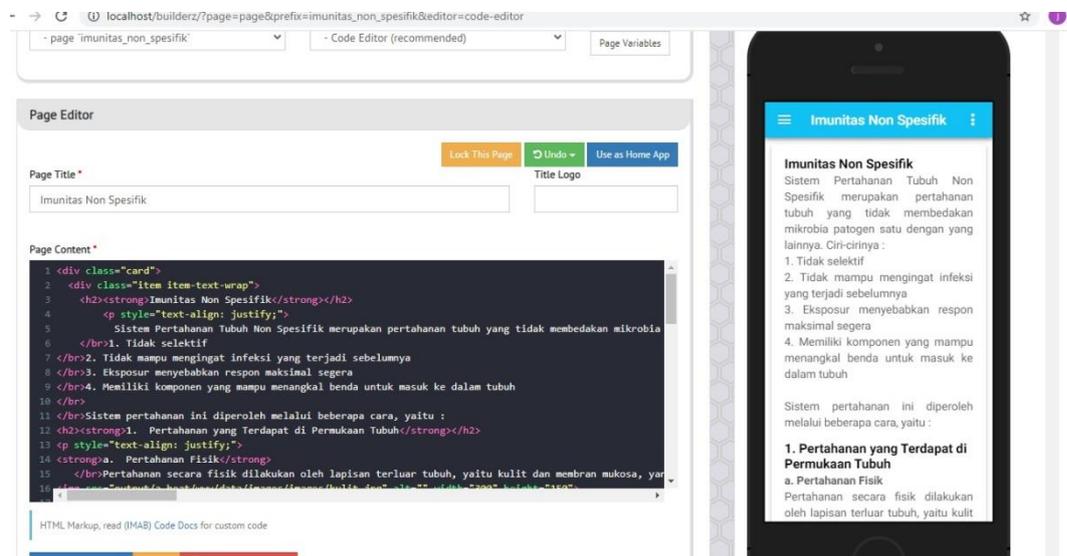
d. Fungsi Basofil

Fungsi leukosit basofil yaitu memainkan peran integral dalam mempromosikan aliran darah dan mencegah pembekuan. Basofil beredar dalam aliran darah dan melepaskan dua bahan kimia penting, yaitu heparin dan histamin. Heparin adalah anti-koagulan yang mencegah pembekuan sel-sel darah dan histamin merupakan vasodilator yang biasa dilepaskan selama reaksi alergi untuk meningkatkan aliran darah. Kedua molekul tersebut bekerja sama untuk menjamin cepatnya ketersediaan sel sistem kekebalan lain di tempat infeksi atau peradangan.

e. Fungsi Limfosit

Sel B dan sel T adalah komponen utama dari imunitas adaptif tubuh. Sel-sel B yang terutama bertanggung jawab untuk memproduksi antibodi terhadap partikel asing, yang diingat dan mengikat secara khusus untuk partikel asing lebih cepat yang akan disampaikan kepada sel T untuk kemudian dihancurkan. Sel T memiliki banyak fungsi, tetapi terutama berfungsi menghancurkan sel-sel yang telah diidentifikasi oleh antibodi. Sel NK tidak spesifik sel T tetapi juga berfungsi dalam menghancurkan sel-sel dengan melepaskan butiran, seperti eosinofil. Ketiga sel darah putih ini akan bekerja sama dalam menjalankan fungsinya sehingga akan berjalan cepat dan efisien membersihkan tubuh dari mikroorganisme ataupun zat berbahaya.

5) Imunitas Non-Spesifik



Gambar 12. Tampilan Materi Imunitas Non-Spesifik

Sistem Pertahanan Tubuh Non Spesifik merupakan pertahanan tubuh yang tidak membedakan mikrobia patogen satu dengan yang lainnya. Ciri-cirinya :

1. Tidak selektif
2. Tidak mampu mengingat infeksi yang terjadi sebelumnya
3. Eksposur menyebabkan respon maksimal segera
4. Memiliki komponen yang mampu menangkal benda untuk masuk ke dalam tubuh

Sistem pertahanan ini diperoleh melalui beberapa cara, yaitu :

1. Pertahanan yang Terdapat di Permukaan Tubuh
 - a. Pertahanan secara fisik dilakukan oleh lapisan terluar tubuh, yaitu kulit dan membran mukosa, yang berfungsi menghalangi jalan masuknya patogen ke dalam tubuh. Lapisan terluar kulit terdiri atas sel-sel epitel yang tersusun rapat sehingga sulit ditembus oleh patogen. Lapisan terluar kulit mengandung keratin dan sedikit air sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikrobia. Sedangkan membran mukosa yang terdapat pada saluran

pencernaan, saluran pernapasan, dan saluran kelamin berfungsi menghalangi masuknya patogen ke dalam tubuh.

b. Pertahanan Mekanis

Pertahanan secara mekanis dilakukan oleh rambut hidung dan silia pada trakea. Rambut hidung berfungsi menyaring udara yang dihirup dari berbagai partikel berbahaya dan mikrobial. Sedangkan silia berfungsi menyapu partikel berbahaya yang terperangkap dalam lendir untuk kemudian dikeluarkan dari dalam tubuh.

c. Pertahanan Kimiawi

Pertahanan secara kimiawi dilakukan oleh sekret yang dihasilkan oleh kulit dan membran mukosa. Sekret tersebut mengandung zat-zat kimia yang dapat menghambat pertumbuhan mikrobial. Contoh dari sekret tersebut adalah minyak dan keringat. Minyak dan keringat memberikan suasana asam (pH 3-5) sehingga dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme di kulit. Sedangkan air liur (*saliva*), air mata, dan sekresi mukosa (*mukus*) mengandung enzim lisozim yang dapat membunuh bakteri dengan cara menghidrolisis dinding sel bakteri hingga pecah sehingga bakteri mati.

d. Pertahanan Biologis

Pertahanan secara biologi dilakukan oleh populasi bakteri tidak berbahaya yang hidup di kulit dan membran mukosa. Bakteri tersebut melindungi tubuh dengan cara berkompetisi dengan bakteri patogen dalam memperoleh nutrisi.

2. Respon Peradangan (*Inflamasi*)

Inflamasi merupakan respons tubuh terhadap kerusakan jaringan, misalnya akibat tergores atau benturan keras. Proses inflamasi merupakan kumpulan dari empat gejala sekaligus, yakni *dolor* (nyeri), *rubor* (kemerahan), *calor* (panas), dan *tumor* (bengkak). Inflamasi berfungsi mencegah penyebaran infeksi dan mempercepat penyembuhan luka. Reaksi inflamasi juga berfungsi sebagai sinyal bahaya dan sebagai perintah agar sel darah putih (neutrofil dan monosit) melakukan fagositosis terhadap mikrobial yang menginfeksi tubuh.

Mekanisme inflamasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Adanya kerusakan jaringan sebagai akibat dari luka, sehingga mengakibatkan patogen mampu melewati pertahanan tubuh dan menginfeksi sel-sel tubuh.
 2. Jaringan yang terinfeksi akan merangsang mastosit untuk mengekskresikan histamin dan prostaglandin.
 3. Terjadi pelebaran pembuluh darah yang meningkatkan kecepatan aliran darah sehingga permeabilitas pembuluh darah meningkat.
 4. Terjadi perpindahan sel-sel fagosit (neutrofil dan monosit) menuju jaringan yang terinfeksi.
 5. Sel-sel fagosit memakan patogen.
3. Fagositosis

Fagositosis adalah mekanisme pertahanan yang dilakukan oleh sel-sel fagosit dengan cara mencerna mikrobia/partikel asing. Sel fagosit terdiri dari dua jenis, yaitu fagosit mononuklear dan fagosit polimorfonuklear. Contoh fagosit mononuklear adalah monosit (di dalam darah) dan jika bermigrasi ke jaringan akan berperan sebagai makrofag. Contoh fagosit polimorfonuklear adalah *granulosit*, yaitu *neutrofil*, *eosinofil*, *basofil*, dan *cell mast* (mastosit). Sel-sel fagosit akan bekerja sama setelah memperoleh sinyal kimiawi dari jaringan yang terinfeksi patogen. Berikut adalah proses fagositosis :

1. Pengenalan (*recognition*), mikrobia atau partikel asing terdeteksi oleh sel-sel fagosit.
2. Pergerakan (*chemotaxis*), pergerakan sel fagosit menuju patogen yang telah terdeteksi. Pergerakan sel fagosit dipacu oleh zat yang dihasilkan oleh patogen.
3. Perlekatan (*adhesion*), partikel melekat dengan reseptor pada membran sel fagosit.
4. Penelanan (*ingestion*), membran sel fagosit menyelubungi seluruh permukaan patogen dan menelannya ke dalam sitoplasma yang terletak dalam fagosom.
5. Pencernaan (*digestion*), lisosom yang berisi enzim-enzim bergabung dengan fagosom membentuk fagolisosom dan mencerna seluruh permukaan patogen hingga hancur. Setelah

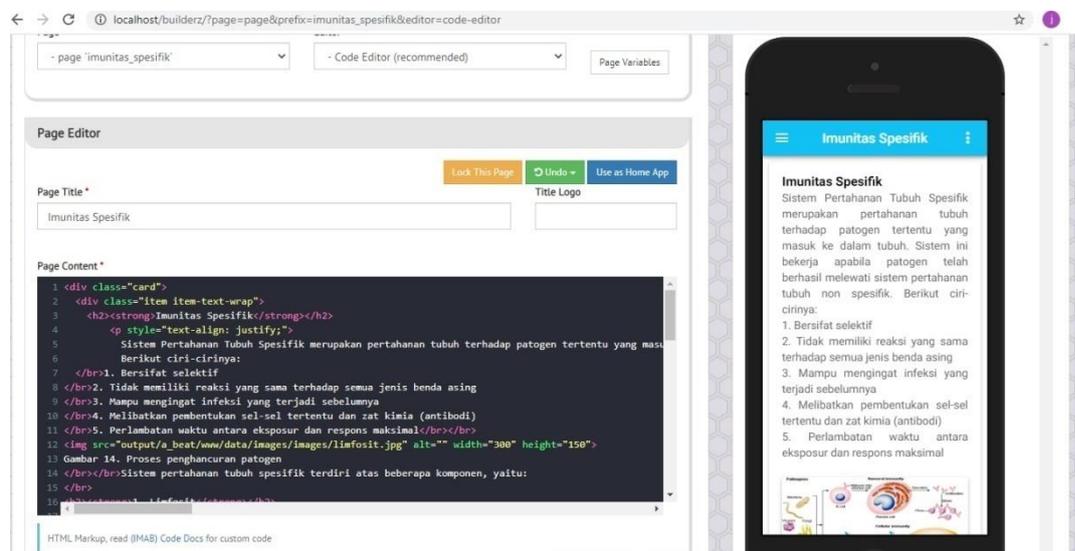
infeksi hilang, sel fagosit akan mati bersama dengan sel tubuh dan patogen. Hal ini ditandai dengan terbentuknya nanah.

6. Pengeluaran (*releasing*), produk sisa patogen yang tidak dicerna akan dikeluarkan oleh sel fagosit.

4. Protein Antimikrobia

Protein yang berperan dalam sistem pertahanan tubuh non spesifik adalah protein komplemen dan interferon. Protein komplemen membunuh patogen dengan cara membentuk lubang pada dinding sel dan membran plasma bakteri tersebut. Hal ini menyebabkan ion Ca^{2+} keluar dari sel, sementara cairan dan garam-garam dari luar bakteri akan masuk ke dalamnya dan menyebabkan hancurnya sel bakteri tersebut. Interferon dihasilkan oleh sel yang terinfeksi virus. Interferon dihasilkan saat virus memasuki tubuh melalui kulit dan selaput lendir. Selanjutnya, interferon akan berikatan dengan sel yang tidak terinfeksi. Sel yang berikatan ini kemudian membentuk zat yang mampu mencegah replikasi virus sehingga serangan virus dapat dicegah.

6) Imunitas Spesifik



Gambar 13. Tampilan Materi Imunitas Spesifik

Sistem Pertahanan Tubuh Spesifik merupakan pertahanan tubuh terhadap patogen tertentu yang masuk ke dalam tubuh. Sistem ini bekerja

apabila patogen telah berhasil melewati sistem pertahanan tubuh non spesifik. Berikut ciri-cirinya:

1. Bersifat selektif
2. Tidak memiliki reaksi yang sama terhadap semua jenis benda asing
3. Mampu mengingat infeksi yang terjadi sebelumnya
4. Melibatkan pembentukan sel-sel tertentu dan zat kimia (antibodi)
5. Perlambatan waktu antara eksposur dan respons maksimal

Sistem pertahanan tubuh spesifik terdiri atas beberapa komponen, yaitu:

1. *Limfosit*

a. *Limfosit B (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 :

1. Sel B plasma, berfungsi membentuk antibodi.
2. Sel B pengingat, berfungsi mengingat antigen yang pernah masuk ke dalam tubuh serta menstimulasi pembentukan sel B plasma jika terjadi infeksi kedua.
3. Sel B pembelah, berfungsi membentuk sel B plasma dan sel B pengingat.

b. *Limfosit T (Sel T)*

Proses pembentukan sel T terjadi di sumsum tulang, sedangkan proses pematangannya terjadi di kelenjar timus. Sel T berperan dalam pembentukan kekebalan seluler, yaitu dengan cara menyerang sel penghasil antigen secara langsung. Sel T juga membantu produksi antibodi oleh sel B plasma. Sel T dapat dibedakan menjadi :

1. Sel T pembunuh, berfungsi menyerang patogen yang masuk dalam tubuh, sel tubuh yang terinfeksi, dan sel kanker secara langsung.
2. Sel T pembantu, berfungsi menstimulasi pembentukan sel B plasma dan sel T lainnya serta mengaktifasi makrofag untuk melakukan fagositosis.

3. *Sel T supresor*, berfungsi menurunkan dan menghentikan respons imun dengan cara menurunkan produksi antibodi dan mengurangi aktivitas sel T pembunuh. Sel T supresor akan bekerja setelah infeksi berhasil ditangani.

2. Antibodi (*Immunoglobulin/Ig*)

Antibodi akan dibentuk saat ada antigen yang masuk ke dalam tubuh. Antigen adalah senyawa protein yang ada pada patogen sel asing atau sel kanker. Antibodi disebut juga *immunoglobulin* atau serum protein globulin, karena berfungsi untuk melindungi tubuh melalui proses kekebalan (*immune*). Antibodi merupakan senyawa protein yang berfungsi melawan antigen dengan cara mengikatnya, untuk selanjutnya ditangkap dan dihancurkan oleh makrofag. Suatu antibodi bekerja secara spesifik untuk antigen tertentu. Karena jenis antigen pada setiap kuman penyakit bersifat spesifik, maka diperlukan antibodi yang berbeda untuk jenis kuman yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan berbagai jenis antibodi untuk melindungi tubuh dari berbagai kuman penyakit.

Antibodi tersusun dari dua rantai polipeptida yang identik, yaitu dua rantai ringan dan dua rantai berat. Keempat rantai tersebut dihubungkan satu sama lain oleh ikatan disulfida dan bentuk molekulnya seperti huruf Y. Setiap lengan dari molekul tersebut memiliki tempat pengikatan antigen.

Beberapa cara kerja antibodi dalam menginaktivasi antigen yaitu :

1. Netralisasi (menghalangi tempat pengikatan virus, membungkus bakteri dan atau opsonisasi).
2. Aglutinasi partikel yang mengandung antigen, seperti mikrobia.
3. Presipitasi (pengendapan) antigen yang dapat larut.
4. Fiksasi komplemen (aktivasi komplemen).

Antibodi dibedakan menjadi lima tipe berikut:

1. *ImunoglobulinG (IgG)*

Adalah reaksi imun yang diproduksi terbanyak sebagai antibodi utama dalam proses sekunder dan merupakan pertahanan inang yang penting terhadap bakteri yang terbungkus dan virus. Mampu menyebar dengan mudah ke dalam celah ekstravaskuler dan mempunyai peranan penting menetralsir toksin kuman, serta melekat

pada kuman sebagai persiapan fagositosis. Paling banyak terdapat dalam darah dan diproduksi saat terjadi infeksi kedua (respons kekebalan sekunder). Mengalir melalui plasenta dan memberi kekebalan pasif dari ibu kepada janin.

2. *Imunoglobulin A (IgA)*

Adalah *Imunoglobulin* utama dalam sekresi selektif, misalnya pada susu, air liur, air mata dan dalam sekresi pernapasan, saluran genital serta saluran pencernaan atau usus (*Corpo Antibodies*). *Imunoglobulin* ini melindungi selaput mukosa dari serangan bakteri dan virus. Ditemukan pula sinergisme antara IgA dengan lisozim dan komplemen untuk mematikan kuman koliform. Juga kemampuan IgA melekat pada sel polimorf dan kemudian melancarkan reaksi komplemen melalui jalan metabolisme alternatif. Ditemukan dalam air mata, air ludah, keringat, dan membran mukosa. Berfungsi mencegah infeksi pada permukaan epitelium. Terdapat dalam kolostrum yang berfungsi untuk mencegah kematian bayi akibat infeksi saluran pencernaan.

3. *Imunoglobulin M (IgM)*

Imunoglobulin utama yang pertama dihasilkan dalam respon imun primer. IgM terdapat pada semua permukaan sel B yang tidak terikat. Struktur polimer IgM menurut Hilschman adalah lima subunit molekul 4-peptida yang dihubungkan oleh rantai-J. Pentamer berbobot molekul 900.000 ini secara keseluruhan memiliki sepuluh tempat pengikatan antigen Fab sehingga bervalensi 10, yang dapat dibuktikan dengan reaksi Hapten. Polimernya berbentuk bintang, tetapi apabila terikat pada permukaan sel akan berbentuk keping. Pertama kali dilepaskan ke aliran darah pada saat terjadi infeksi yang pertama kali (respons kekebalan primer)

4. *Imunoglobulin E (IgE)*

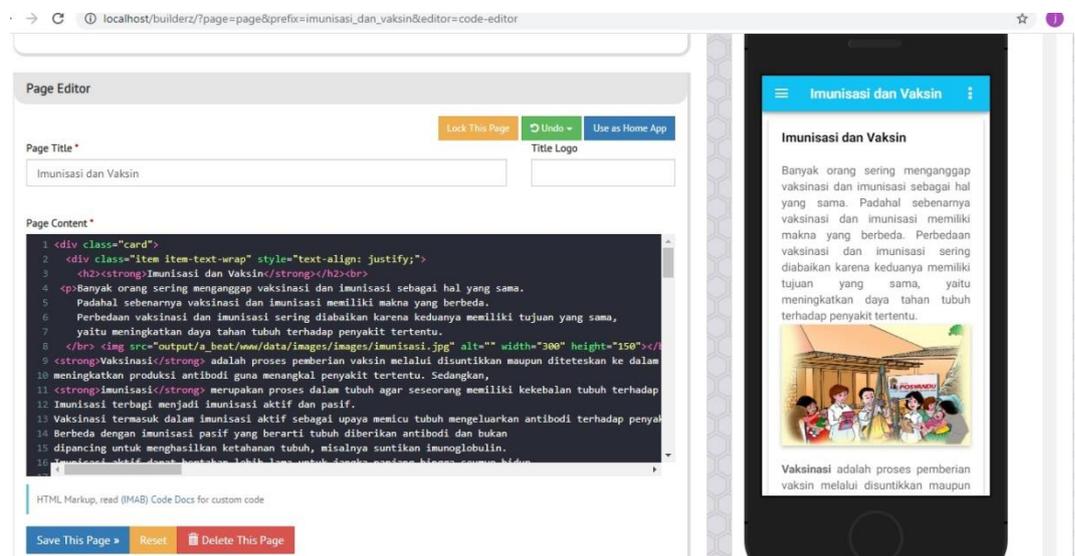
Ditemukan terikat pada basofil dalam sirkulasi darah dan *cell mast* (mastosit) di dalam jaringan yang berfungsi memengaruhi sel untuk melepaskan histamin dan terlibat dalam reaksi alergi. Kontak dengan antigen akan menyebabkan degranulasi dari *Mast Cells* dengan pengeluaran zat amin yang vasoaktif. IgE yang terikat ini berlaku sebagai reseptor yang merangsang produksinya dan

kompleks antigen-antibodi yang dihasilkan memicu respon alergi Anafilaktik melalui pelepasan zat perantara.

5. *ImunoglobulinD (IgD)*

Antibodi ini fungsi keseluruhannya belum diketahui secara jelas. Dalam serum IgD ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit dan IgD merupakan antibodi inti sel. Zat ini juga terdapat pada sel penderita leukemia getah bening. Ditemukan pada permukaan limfosit B sebagai reseptor dan berfungsi merangsang pembentukan antibodi oleh sel B plasma.

7) Imunisasi dan Vaksin



Gambar 14. Tampilan Materi Imunisasi dan Vaksin

Banyak orang sering menganggap vaksinasi dan imunisasi sebagai hal yang sama. Padahal sebenarnya vaksinasi dan imunisasi memiliki makna yang berbeda. Perbedaan vaksinasi dan imunisasi sering diabaikan karena keduanya memiliki tujuan yang sama, yaitu meningkatkan daya tahan tubuh terhadap penyakit tertentu.

Vaksinasi adalah proses pemberian vaksin melalui disuntikkan maupun diteteskan ke dalam mulut untuk meningkatkan produksi antibodi guna menangkal penyakit tertentu. Sedangkan, imunisasi merupakan proses dalam tubuh agar seseorang memiliki kekebalan tubuh terhadap suatu penyakit. Imunisasi terbagi menjadi imunisasi aktif dan pasif. Vaksinasi

termasuk dalam imunisasi aktif sebagai upaya memicu tubuh mengeluarkan antibodi terhadap penyakit tertentu. Berbeda dengan imunisasi pasif yang berarti tubuh diberikan antibodi dan bukan dipancing untuk menghasilkan ketahanan tubuh, misalnya suntikan imunoglobulin. Imunisasi aktif dapat bertahan lebih lama untuk jangka panjang hingga seumur hidup, sedangkan imunisasi pasif hanya bertahan dalam hitungan minggu hingga bulan.

Selain memahami perbedaan vaksinasi dan imunisasi, penting memahami cara kerjanya. Vaksin yang dimasukkan ke dalam tubuh melalui vaksinasi, umumnya mengandung virus atau bakteri yang telah dilemahkan, serta protein mirip bakteri yang diperoleh dari pengembangan di laboratorium. Kandungan vaksin menimbulkan reaksi imunitas tubuh, yang dapat mempersiapkan tubuh untuk melawan serangan infeksi di kemudian hari. Proses ini merupakan proses imunisasi dalam tubuh. Metode pemberian vaksin dalam imunisasi berbeda-beda. Sejumlah vaksin ada yang hanya diberikan sekali untuk seumur hidup dan ada juga yang perlu diberikan secara berkala agar kekebalan tubuh terbentuk dengan sempurna. Meski lebih sering diberikan kepada anak-anak melalui imunisasi di puskesmas, sebetulnya vaksin bisa diberikan kepada orang dewasa sebagai bentuk imunisasi lanjutan, atau dengan jenis yang berbeda. Setiap negara memiliki aturan masing-masing mengenai kewajiban melakukan imunisasi. Di Indonesia, setidaknya ada lima vaksinasi wajib yang harus diberikan melalui imunisasi, yaitu vaksin hepatitis B, polio, BCG, DTP dan campak. Di samping vaksin wajib itu ada sejumlah vaksin yang direkomendasikan pemerintah, misalnya vaksin Hepatitis A, HPV, varisela, MMR, rotavirus, influenza, tifoid, dan lainnya.

Manfaat vaksin bagi tubuh

1. Mencegah penyebaran penyakit.

Tidak hanya melindungi tubuh dari serangan penyakit serius, pemberian vaksin juga dapat membantu mencegah penyebaran penyakit. Contohnya, kasus kematian pada bayi dan anak-anak akibat wabah penyakit campak dan pertusis (batuk rejan) yang pernah menggemparkan dunia, karena saat itu belum terdapat vaksin untuk kedua penyakit tersebut.

2. Melindungi dari risiko kematian dan cacat

Pemberian vaksin terbukti dapat menurunkan risiko terkena berbagai penyakit yang dapat mengakibatkan kematian maupun kecacatan. Beberapa contoh di antaranya adalah pemberian vaksin cacar pada usia anak-anak dapat membantu mencegah mereka terjangkit cacar di kemudian hari. Begitupun dengan pemberian vaksin campak dan rubella yang dapat membantu menurunkan risiko penularan virus tersebut dari ibu hamil kepada janin yang dikandungnya maupun kepada bayi yang baru lahir, secara drastis.

3. Menghemat waktu dan biaya

Pemberian vaksin merupakan salah satu investasi kesehatan yang paling murah, karena terbukti dapat mencegah dan mengurangi angka kesakitan, kecacatan, dan kematian akibat suatu penyakit. Pemberian vaksin ini dapat membantu seseorang terhindar dari berbagai macam penyakit yang dapat menyebabkan sakit berkepanjangan, yang tak hanya merugikan dari segi finansial namun juga waktu.

Jenis-jenis Imunisasi

Beberapa jenis Imunisasi yang diwajibkan oleh pemerintah yang mana bisa didapatkan secara gratis di berbagai puskesmas atau Posyandu:

1. BCG

Vaksin BCG (*Bacillus Calmette Guerin*) bisa diberikan sejak anak baru lahir. Imunisasi ini dilakukan untuk memberikan kekebalan tubuh terhadap berbagai penyakit seperti tuberculocis (TBC) atau menular. Jika vaksin BCG ini diberikan terhadap bayi yang umurnya di atas usia 3 bulan, maka sebaiknya dilakukan dulu uji tuberkulin. BCG bisa diberikan jika hasil dari tuberkulin negatif.

2. Hepatitis B

Vaksin Hepatitis B untuk pertama wajib diberikan dalam waktu 12 jam setelah bayi lahir, kemudian dilanjutkan pada umur anak 1 bulan dan 3 sampai 6 bulan. Jarak antara dua imunisasi Hepatitis B minimal 4 minggu. Imunisasi ini dilakukan bertujuan untuk mencegah penyakit Hepatitis B.

3. Polio

Imunisasi Polio di berikan pada anak atau bayi bertujuan untuk mencegah poliomielitis yang dapat menyebabkan kelumpuhan

4. DPT

Vaksin DPT merupakan salah satu vaksin kombinasi yang dapat mencegah penyakit difteri, pertusis (batuk rejan), dan tetanus. Karena pada dasarnya ketiga penyakit tersebut sangat rentan menyerang bayi dan anak. Imunisasi DPT dilakukan terhadap bayi yang berumur lebih dari 6 minggu. Vaksin DPT bisa diberikan secara simultan (bersamaan) dengan vaksin Hepatitis B. Ulangan DPT diberikan pada anak yang berusia 18 bulan dan 5 tahun. Usia 12 tahun mendapat vaksin TT (tetanus) lewat program Bulan Imunisasi Anak Sekolah (BIAS).

5. Campak

Vaksin Campak-1 diberikan pada anak berusia 9 bulan. Kemudian Campak-2 diberikan pada anak berusia 6 tahun lewat program BIAS.

6. Hib

Pemberian Vaksin *Hib (Haemophilus influenzae tipe B)* bertujuan sebagai pencegahan terhadap penyakit meningitis atau radang selaput otak. Vaksin Hib diberikan pada anak di mulai pada usia 2 bulan dengan jarak pemberian dari vaksin pertama ke vaksin lanjutannya yakni 2 bulan. Vaksin ini bisa diberikan secara terpisah atau dikombinasi dengan vaksin lainnya

7. MMR

Vaksin MMR diberikan dengan tujuan dapat mencegah penyakit gondongan (*mumps*), campak (*measles*), dan campak jerman (*rubela*). MMR bisa diberikan pada anak atau bayi yang berumur 12 bulan jika belum mendapat imunisasi campak pada umur 9 bulan. Umur 6 tahun diberikan imunisasi ulangnya.

8. PCV

Vaksin PCV (*Pneumokokus*) diberikan untuk mencegah pneumonia, meningitis, dan septikemia, yang disebabkan oleh bakteri *Streptococcus pneumoniae*. Pemberian vaksin harus dilakukan secara berangkai, yaitu saat anak berusia 2, 4, dan 6 bulan. Selanjutnya pemberian vaksin kembali dilakukan saat anak berusia

12-15 bulan. Efek samping yang mungkin timbul dari imunisasi PCV, antara lain adalah pembengkakan dan kemerahan pada bagian yang disuntik, yang disertai demam ringan.

9. ROTAVIRUS

Imunisasi ini diberikan untuk mencegah diare akibat infeksi rotavirus. Vaksin rotavirus diberikan 3 kali, yaitu saat bayi berusia 2, 4, dan 6 bulan. Sama seperti vaksin lain, vaksin rotavirus juga menimbulkan efek samping. Pada umumnya, efek samping yang muncul tergolong ringan, seperti diare ringan, dan anak menjadi rewel.

10. Influenza

Vaksin influenza diberikan untuk mencegah flu. Vaksinasi ini bisa diberikan pada anak berusia 6 bulan dengan frekuensi pengulangan 1 kali tiap tahun, hingga usia 18 tahun. Efek samping imunisasi influenza, antara lain demam, batuk, sakit tenggorokan, nyeri otot, dan sakit kepala. Pada kasus yang jarang, efek samping yang dapat muncul meliputi sesak napas, sakit pada telinga, dada terasa sesak, atau mengigil.

11. Tifus

Vaksin ini diberikan untuk mencegah penyakit tifus, yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*. Pemberian vaksin tifus dapat dilakukan saat anak berusia 2 tahun, dengan frekuensi pengulangan tiap 3 tahun, hingga usia 18 tahun. Meskipun jarang, vaksin tifus dapat menimbulkan sejumlah efek samping, seperti diare, demam, mual dan muntah, serta kram perut.

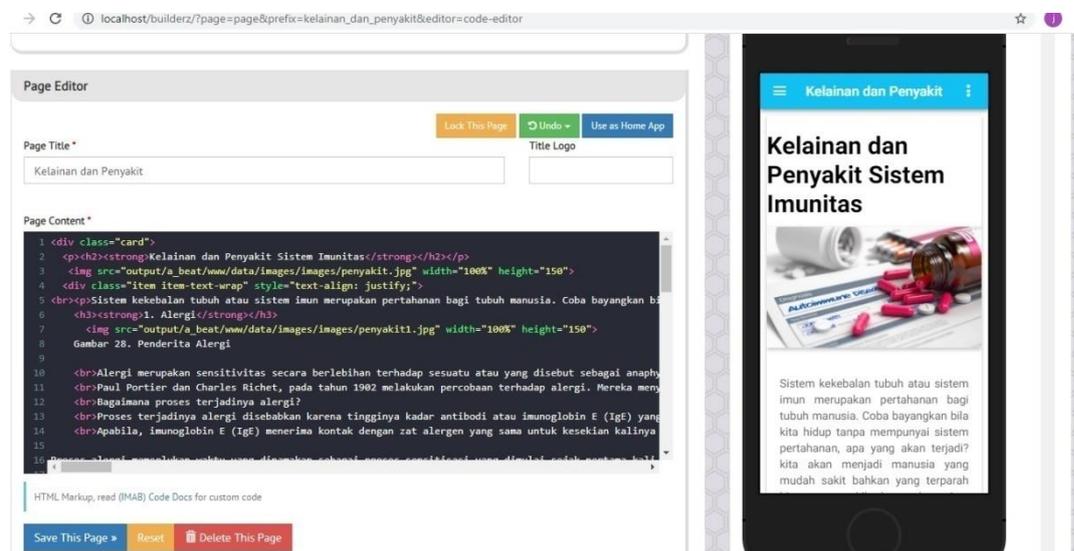
12. Hepatitis A

Sesuai namanya, imunisasi ini bertujuan untuk mencegah hepatitis A, yaitu penyakit peradangan hati yang disebabkan oleh infeksi virus. Vaksin hepatitis A harus diberikan 2 kali, pada rentang usia 2-18 tahun. Suntikan pertama dan kedua harus berjarak 6 bulan atau 1 tahun. Vaksin hepatitis A dapat menimbulkan efek samping seperti demam dan lemas. Efek samping lain yang tergolong jarang meliputi gatal-gatal, batuk, sakit kepala, dan hidung tersumbat.

13. Varisela

Vaksin ini diberikan untuk mencegah penyakit cacar air, yang disebabkan oleh virus Varicella zoster. Imunisasi varisela dilakukan pada anak usia 1-18 tahun. Bila vaksin diberikan pada anak usia 13 tahun ke atas, vaksin diberikan dalam 2 dosis, dengan jarak waktu minimal 4 minggu.1 dari 5 anak yang diberikan vaksin varisela mengalami nyeri dan kemerahan pada area yang disuntik. Vaksin varisela juga dapat menimbulkan ruam kulit, tetapi efek samping ini hanya terjadi pada 1 dari 10 anak.

8) Kelainan dan Penyakit



Gambar 15. Tampilan Materi Kelainan dan Penyakit

Sistem kekebalan tubuh atau sistem imun merupakan pertahanan bagi tubuh manusia. Coba bayangkan bila kita hidup tanpa mempunyai sistem pertahanan, apa yang akan terjadi? kita akan menjadi manusia yang mudah sakit bahkan yang terparah bisa mengakibatkan kematian. Kalaupun ingin hidup, kita diharuskan tetap berada di ruangan atau lingkungan yang steril dari kuman, ini yang sangat sulit sekali untuk diwujudkan. Mengapa? karena mikroba patogen itu ada dimana-mana, ada di udara, air, benda yang kita sentuh bahkan tanah yang kita injak atau handphone yang kita pegang. Dan untuk menciptakan sebuah ruangan yang steril, itu harus tertutup dari dunia luar seperti ruangan

khusus yang sangat tidak mungkin diwujudkan untuk manusia yang memiliki berbagai macam aktivitas di luar ruangan. Atau bila perlu, kita diharuskan menerima suntikan vaksin untuk meningkatkan daya kebal tubuh terhadap penyakit tertentu. Nah, bagaimana bila antigen ada sampai ribuan jenis? apakah Anda siap menerima suntik vaksin sebanyak ribuan kali?. Ini sangat sulit dibayangkan, kita hampir tidak bisa hidup bila tidak memiliki sistem kekebalan tubuh, untuk itu kita harus menjaga agar kelainan sistem kekebalan tubuh tidak terjadi pada diri kita.

1. Alergi

Alergi merupakan sensitivitas secara berlebihan terhadap sesuatu atau yang disebut sebagai *anaphylaxis*. Sebagian orang mengalami alergi ini, misalnya alergi ikan laut, alergi daging, alergi dingin, alergi debu, alergi telur, alergi susu, alergi obat, alergi serangga dan sebagainya. Adapun bentuk reaksinya ada bermacam-macam diantaranya pusing, gatal-gatal, diare, sakit perut, muntah-muntah, bersin, sesak nafas, hidung meler, batuk, kulit terasa panas dan lain-lain. Pada reaksi yang lebih lanjut, bila terjadi reaksi anafilaktik, maka si penderita alergi dapat mengalami *shock* (jantungan), muka berubah menjadi pucat, mendadak bingung, pingsang bahkan dapat mengalami kematian. Paul Portier dan Charles Richet, pada tahun 1902 melakukan percobaan terhadap alergi. Mereka menyuntikan protein ke tubuh anjing kemudian menyuntikkannya kembali protein yang sama namun dosisnya lebih banyak. Apa yang terjadi? anjing tersebut mengalami alergi dengan kata lain tubuhnya menjadi *hipersensitif* (terlalu sensitif) terhadap suatu antigen dan akhirnya anjing tersebut mati. Nah, darisini kita jadi tahu bahwa sistem kekebalan tubuh justru tidak akan berfungsi jika memberikan respon yang terlalu berlebihan terhadap suatu antigen.

Bagaimana proses terjadinya alergi?

Proses terjadinya alergi disebabkan karena tingginya kadar antibodi atau *imunoglobulin E (IgE)* yang spesifik terhadap zat tertentu yang dapat menimbulkan zat alergen atau zat yang dapat menyebabkan reaksi alergi. Pada jaringan tubuh, *imunoglobulin E (IgE)* dapat bereaksi dengan zat alergen dengan cara menempel pada sel mast yaitu sebuah sel yang berperan dalam peradangan dan alergi. Apabila, *imunoglobulin E (IgE)* menerima kontak dengan zat alergen yang sama untuk kesekian kalinya

(sampai batas tertentu), maka sel mast lama kelamaan akan mengalami degranulasi atau pecah sehingga kemudian akan mengeluarkan zat-zat diantaranya histamin, kinin dan bradikinin dari dalam granula. Zat-zat inilah yang kemudian dapat menimbulkan pengaruh yang kita rasakan sebagai gejala seperti gatal-gatal, asma, muntah, diare dan sebagainya.

Proses alergi memerlukan waktu yang dinamakan sebagai proses sensitisasi yang dimulai sejak pertama kali *imunoglobulin E (IgE)* melakukan kontak dengan zat alergen. Proses sensitisasi ini bisa berlangsung dalam hitungan jam, bulan hingga tahun. Itulah sebabnya sering kali seseorang itu akan kaget ketika suatu saat secara tiba-tiba dia mengetahui bahwa dirinya alergi terhadap sesuatu padahal sebelumnya tidak terjadi apa-apa.

Alergi dalam jangka waktu yang lama dapat menjadi sangat berbahaya. Hal ini dikarenakan sel mast dapat mengeluarkan zat interleukin 4 yakni suatu zat yang dapat merangsang sel limfosit B agar menghasilkan *imunoglobulin E (IgE)* dalam jumlah yang lebih banyak lagi. Akibatnya, Anda akan dipaksa untuk mengkonsumsi obat alergi dalam dosis yang lebih tinggi dari sebelumnya. Dalam dunia medis, obat alergi yang benar-benar mujarab belum ditemukan. Untuk itu biasanya kita disarankan untuk menjauhi makanan, minuman atau menjalin kontak dengan benda-benda yang mengandung zat alergen.

Penderita alergi tidak memiliki pengaruh dari keturunan. Biasanya seseorang yang memiliki alergi disebabkan karena menderita penyakit seperti asma, polip, infeksi telinga, infeksi sinus, infeksi pada pangga tenggorokan atau orang yang memiliki kulit sensitif.

2. Autoimun

Autoimun merupakan penyakit dimana sistem kekebalan tubuh yang diproduksi menyerang sel lainnya di dalam tubuh (salah sasaran). Disini sel tubuh lainnya dianggap oleh Sel limfosit T seolah-olah bukan merupakan bagian dari tubuh itu sendiri dengan kata lain dianggap seperti antigen sehingga harus diperangi.

Keabnormalan ini belum sepenuhnya terungkap oleh ilmuwan masa kini sehingga sulit untuk disembuhkan bahkan penyebabnya saja belum dapat diketahui secara pasti. Penderita autoimun lebih banyak

menyerang wanita daripada laki-laki. Para ahli menduga bahwa sebuah kinerja abnormal ini dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan seperti terjadinya serangan virus kepada sistem kekebalan tubuh pada bayi saat belum lahir atau bisa disebabkan karena rusaknya senyawa dalam tubuh sehingga dianggap seperti antigen oleh sistem kekebalan tubuh. Saat ini obat untuk penyakit ini belum ditemukan, adapun obat yang beredar di pasaran hanya berfungsi untuk mengurangi gamma globulin dalam darah, yakni bagian darah yang mengandung antibodi.

Gejala penyakit autoimun dapat bermacam-macam karena pada prinsipnya, keabnormalan ini dapat menyerang semua sel-sel dalam tubuh termasuk sel dalam organ-organ penting seperti otak, jantung, paru-paru, hati dan ginjal. Si penderita akan mengalami gejala yang hampir sama dengan alergi seperti demam, pusing, muntah, gatal, penyakit kuning, merusak sendi, sesak napas dan kematian. Beberapa abnormal yang dipengaruhi oleh autoimun antara lain:

1. *Myasthenia gravis*

Myasthenia gravis yaitu suatu keabnormalan dimana sistem kekebalan tubuh menyerang sel pada otot lurik sehingga terjadi degradasi otot dan berkurangnya kemampuan otot dalam berkontraksi. Hal yang nampak misalnya mata yang tidak simetris.

2. *Lupus erythematosus*

Lupus erythematosus yaitu suatu keabnormalan dimana sistem kekebalan tubuh menyerang sel-sel tubuh lainnya. Sel-sel tubuh dianggap seperti benda asing yang berbahasa sehingga perlu dilawan. Penyakit ini sangat sulit untuk dideteksi karena memiliki gejala-gejala yang bersifat umum.

3. *Addison's disease*

Addison's disease yaitu suatu keabnormalan dimana sistem kekebalan tubuh menyerang kelenjar adrenalin dan sel-sel yang menghasilkan hormon adrenalin sehingga dapat menyebabkan infeksi, tubuh cepat lelah, berat badan turun, darah rendah, peningkatan pigmentasi kulit dan timbul rasa tertekan.

4. *Multiple sclerosis*

Multiple sclerosis yaitu suatu keabnormalan dimana sistem kekebalan tubuh menyerang jaringan saraf di otak dan tulang

belakang. Penderita penyakit ini dapat mengalami stres, pusing dan gangguan penglihatan.

5. *Diabetes mellitus*

Diabetes mellitus yaitu suatu keabnormalan dimana sistem kekebalan tubuh menyerang sel-sel beta di dalam pankreas yang memproduksi hormon insulin. Gejalanya hampir sama dengan penderita diabetes, misalnya kadar gula tinggi.

3. AIDS

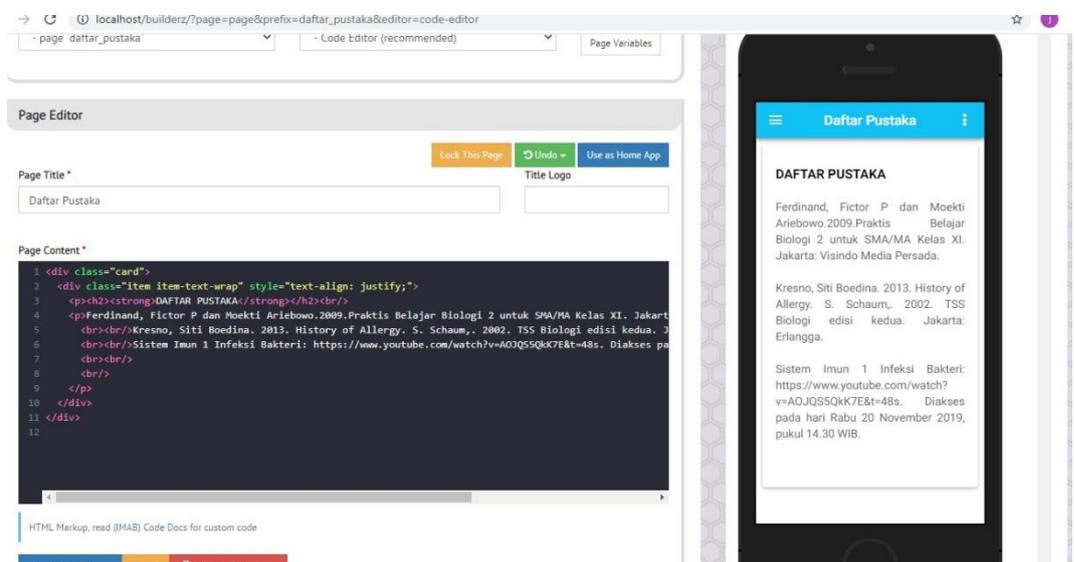
AIDS singkatan dari *Acquired Immunodeficiency Syndrome* yakni penyakit yang disebabkan oleh *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), yakni sebuah virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh pada manusia. Jadi istilah AIDS dan HIV memiliki makna yang berbeda. Penyakit ini pertama kali ditemukan pada kasus hubungan sesama jenis pada tahun 1980-an. Oleh karena itu diberi nama "*gay compromise syndrome*" atau "*gay-related immune deficiency*" yang kemudian lebih dikenal dengan HIV/AIDS. Bagaimana virus HIV bekerja?

AIDS baru akan muncul setelah virus HIV menyerang manusia. Penyerangan tersebut dapat berlangsung dalam kurun waktu yang cukup lama, bisa sampai bertahun-tahun (2 hingga 5 tahun). Akibatnya, sistem kekebalan tubuh menurun sehingga tubuh manusia akan mudah terserang penyakit seperti kanker, kerusakan otak dan sebagainya. Ketika HIV menyerang sistem kekebalan tubuh manusia, ia akan masuk ke dalam sel limfosit T dan berkembang biak dalam waktu sekitar enam bulan. Penggandaan diri terus berlangsung sampai menyebabkan membran pada sel limfosit T pecah. Virus kemudian akan menyebar dan menginfeksi sel limfosit T lainnya yang masih sehat. Pada suatu keadaan yang normal, sel limfosit T dapat menonaktifkan virus ini namun bila virus telah menginfeksi sel limfosit T penolong, maka kemampuan sistem kekebalan tubuh dalam mengenali mikroba patogen ini menjadi berkurang. Orang yang normal akan memiliki limfosit T sebanyak 800-1.200 sel per mikroliter darah sedangkan pada orang yang terjangkit AIDS hanya memiliki sebanyak 50 sel per mikroliter darah.

Beberapa penyakit yang disebabkan oleh virus HIV antara lain:

1. Mengalami infeksi jamur yang dapat menyerang paru-paru, radang selaput otak dan sistem pernapasan.
2. Mengalami infeksi bakteri yang dapat menyebabkan TBC dan gangguan sistem pencernaan.
3. Mengalami infeksi virus, misalnya virus *Cytomegalovirus* yang menyerang retina mata, *virus Epstein-Barr* (EBV) yang menyebabkan kanker darah, dan sebagainya.
4. Penyakit lainnya seperti kanker.

9) Daftar Pustaka



Gambar 16. Tampilan Daftar Pustaka

DAFTAR PUSTAKA

Ferdinand, Fictor P dan Moekti Ariebowo.2009.

Praktis Belajar Biologi 2 untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Visindo Media Persada.

Kresno, Siti Boedina. 2013. History of Allergy. S. Schaum,. 2002.

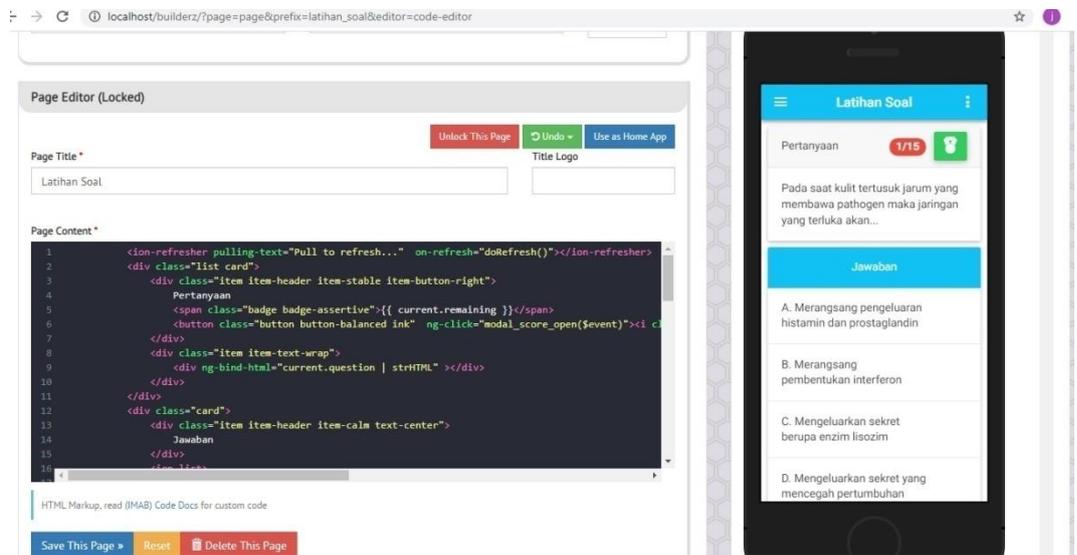
TSS Biologi edisi kedua. Jakarta: Erlangga.

Sistem Imun dan Infeksi Bakteri 1.

<https://www.youtube.com/watch?v=AOJQS5QkK7E&t=48s>.

Diakses pada hari Rabu 20 November 2019, pukul 14.30 WIB.

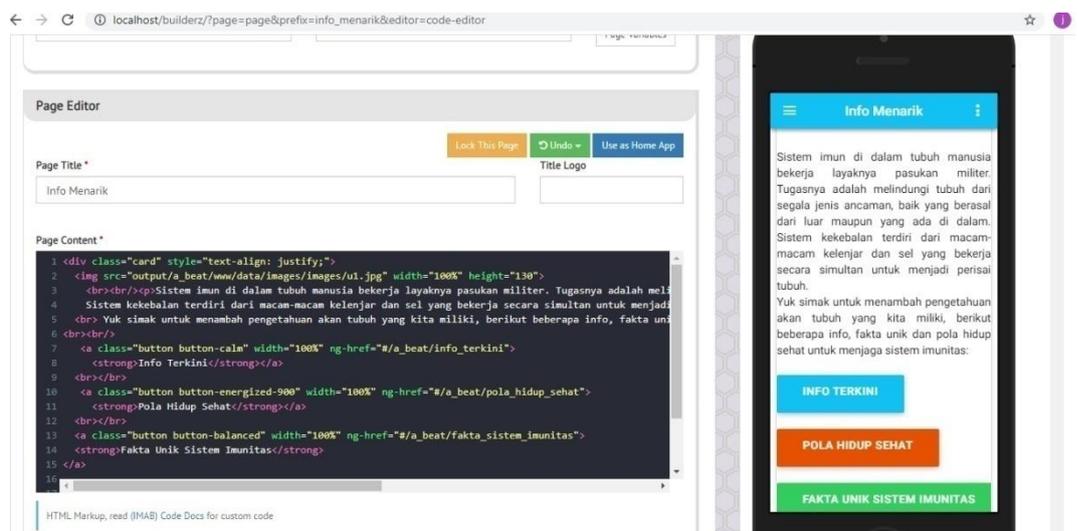
f. Menu Latihan dan Evaluasi



Gambar 17. Tampilan Menu Latihan dan Evaluasi

Menu latihan dan evaluasi berisi soal latihan sistem imun dengan format pilihan ganda berjumlah 15 butir soal dan mampu secara langsung menampilkan hasil jawaban yang telah dikerjakan disertai dengan emoticon pada jawab benar dan salah.

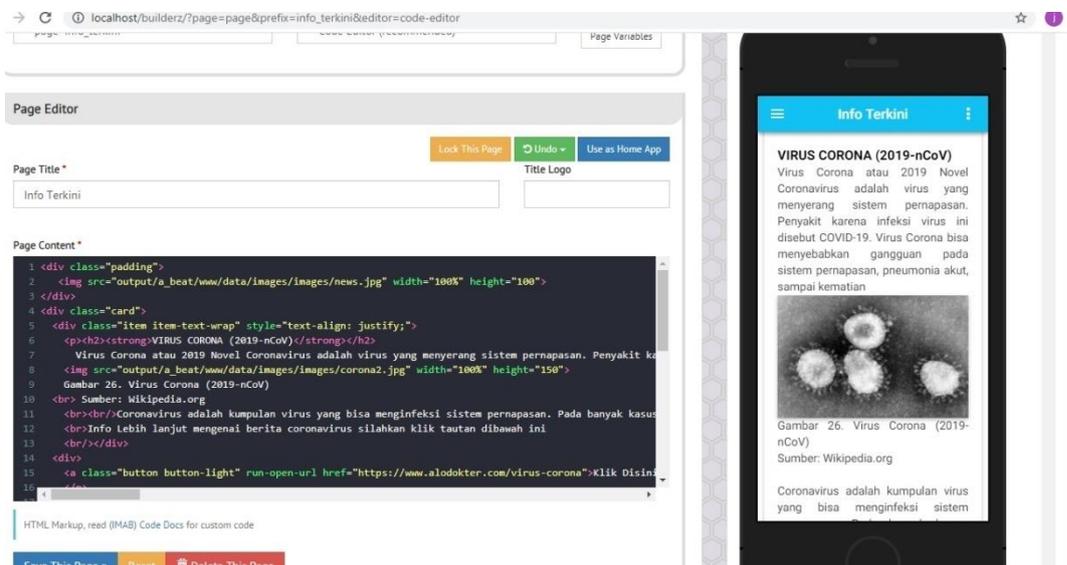
g. Menu Info Menarik



Gambar 18. Tampilan Menu Info Menarik

Menu info menarik berisi info terbaru dalam bentuk artikel dan video yang berkaitan dengan sistem imunitas pada kehidupan sehari-hari. Menu ini disajikan dalam 3 sub menu :

1) Info Terkini



Gambar 19. Tampilan Info Terkini

Virus Corona

Virus Corona atau 2019 Novel Coronavirus adalah virus yang menyerang sistem pernapasan. Penyakit karena infeksi virus ini disebut COVID-19. Virus Corona bisa menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, pneumonia akut, sampai kematian.

Corona virus adalah kumpulan virus yang bisa menginfeksi sistem pernapasan. Pada banyak kasus, virus ini hanya menyebabkan infeksi pernapasan ringan, seperti flu. Namun, virus ini juga bisa menyebabkan infeksi pernapasan berat, seperti *pneumonia*, *Middle-East Respiratory Syndrome* (MERS), dan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS).

Cara Ampuh Menangkal Virus Corona COVID-19?

Virus corona Covid-19 diketahui bisa dicegah jika imunitas tubuhnya baik. Banyak cara untuk mendapatkan sistem imun tubuh yang baik, salah satunya disebut melalui penggunaan suplemen. Benarkah cara tersebut?

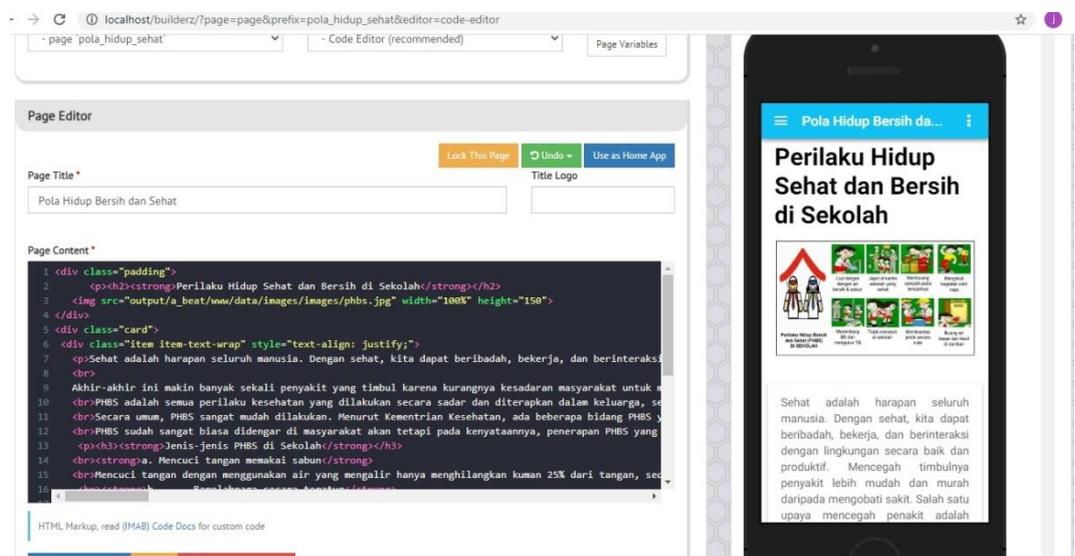
Bagaimana Sistem Imun Bekerja?

Kunci utama sistem imunitas yang sehat adalah suatu kemampuan untuk membedakan antara diri sendiri dan benda asing yang

masuk ke dalam tubuh. Biasanya ketika ada benda asing yang masuk ke dalam tubuh dikenali maka akan terjadi proses pertahanan diri. Benda asing apapun yang memicu respons imun ini disebut antigen. Antigen bisa berupa mikroba seperti bakteri, virus, plasmodium, dan jamur; bahkan jaringan tubuh individu lain yang masuk ke dalam tubuh seperti transplantasi organ tubuh bisa saja diperlakukan sebagai benda asing dan bisa menyebabkan reaksi penolakan tubuh. Inilah sebab banyaknya organ transplantasi yang tidak bisa diterima tubuh dan dirusak oleh sistem imun kita.

Secara umum, mekanisme kerja sistem imun tubuh kita adalah sebagai berikut; saat ada antigen (benda asing yang masuk ke dalam tubuh) terdeteksi, maka beberapa tipe sel bekerjasama untuk mencari tahu siapa mereka dan memberikan respons. Sel-sel ini memicu limfosit B untuk memproduksi antibodi, suatu protein khusus yang mengarahkan kepada suatu antigen spesifik.

2) Pola Hidup Sehat



Gambar 20. Tampilan Menu Pola Hidup Sehat

Sehat adalah harapan seluruh manusia. Dengan sehat, kita dapat beribadah, bekerja, dan berinteraksi dengan lingkungan secara baik dan produktif. Mencegah timbulnya penyakit lebih mudah dan murah daripada mengobati sakit. Salah satu upaya mencegah penyakit adalah dengan bergaya hidup sehat. Gaya hidup sehat merupakan segala upaya untuk

menerapkan kebiasaan baik dalam menciptakan hidup yang sehat dan menghindarkan kebiasaan buruk yang dapat mengganggu kesehatan. Akhir-akhir ini makin banyak sekali penyakit yang timbul karena kurangnya kesadaran masyarakat untuk menjaga perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS). Penyakit-penyakit yang timbul karena abai PHBS misalnya sakit perut seperti diaer, disentri, kolera, typhus, sakit mata seperti penyebab sering mandi di air yang kotor, sakit kaki gajah/filariasis, penyakit kulit, cacangan, dan lain-lain.

PHBS adalah semua perilaku kesehatan yang dilakukan secara sadar dan diterapkan dalam keluarga, sehingga keluarga beserta semua yang ada di dalamnya dapat menolong dirinya sendiri di bidang kesehatan dan berperan aktif dalam kegiatan-kegiatan kesehatan di masyarakat. Secara umum, PHBS sangat mudah dilakukan. Menurut Kementerian Kesehatan, ada beberapa bidang PHBS yaitu : (1) Bidang kebersihan perorangan, seperti cuci tangan dengan air bersih yang mengalir dan sabun, mandi minimal 2x sehari. (2) Bidang gizi seperti makan buah dan sayur setiap hari, mengkonsumsi garam beryodium, menimbang berat dan tinggi badan. (3) Bidang kesehatan lingkungan seperti membuang sampah pada tempatnya, menggunakan jamban, memberantas jentik, dan lain sebagainya.

PHBS sudah sangat biasa didengar di masyarakat akan tetapi pada kenyataannya, penerapan PHBS yang kesannya sederhana tidak selalu mudah dilakukan, terutama bagi mereka yang tidak terbiasa melakukannya. Menanamkan PHBS kepada setiap orang bukanlah hal yang mudah, akan tetapi memerlukan proses yang panjang. Setiap orang hidup saling mempengaruhi serta berinteraksi antar pribadi dalam suatu tatanan kehidupan. Mereka memantau, menilai, dan mengukur tingkat kemajuan tatanan kehidupan. Mereka memantau, menilai, dan mengukur pencapaian tingkat individu. Berdasarkan hal tersebut, pembinaan PHBS dilakukan melalui pendekatan tatanan, yaitu tatanan rumah tangga, sekolah, tempat-tempat umum, tempat kerja, dan institusi kesehatan.

Jenis-jenis PHBS di Sekolah:

1. Mencuci tangan memakai sabun

Mencuci tangan dengan menggunakan air yang mengalir hanya menghilangkan kuman 25% dari tangan, sedangkan mencuci tangan

dengan air bersih yang mengalir dan sabun akan dapat membersihkan kotoran dan membunuh kuman hingga 80%.

2. Berolahraga secara teratur

Olahraga untuk memelihara kesehatan fisik dan mental agar tetap sehat dan tidak mudah sakit. Selain itu juga untuk pertumbuhan dan perkembangan fisik

3. Mengukur tinggi badan dan berat badan

Siswa perlu ditimbang setiap 6 bulan untuk memantau pertumbuhan berat badan dan tinggi badan normal siswa sehingga dapat segera diketahui apabila ada siswa yang mengalami kurang gizi atau kelebihan gizi.

4. Memberantas jentik nyamuk

Memberantas jentik di tempat-tempat penampungan air bersih yang ada di sekolah (bak mandi, kolam) sehingga warga sekolah serta masyarakat sekitar terhindar dari berbagai penyakit yang ditularkan melalui nyamuk (demam berdarah, malaria, dan kaki gajah)

5. Menjaga dan menggunakan jamban yang bersih dan sehat

Jamban yang tidak bersih mengundang datangnya lalat atau serangga penular penyakit diare, kolera, disentri, typhus, kecacingan, penyakit infeksi saluran pencernaan, penyakit kulit, dan keracunan.

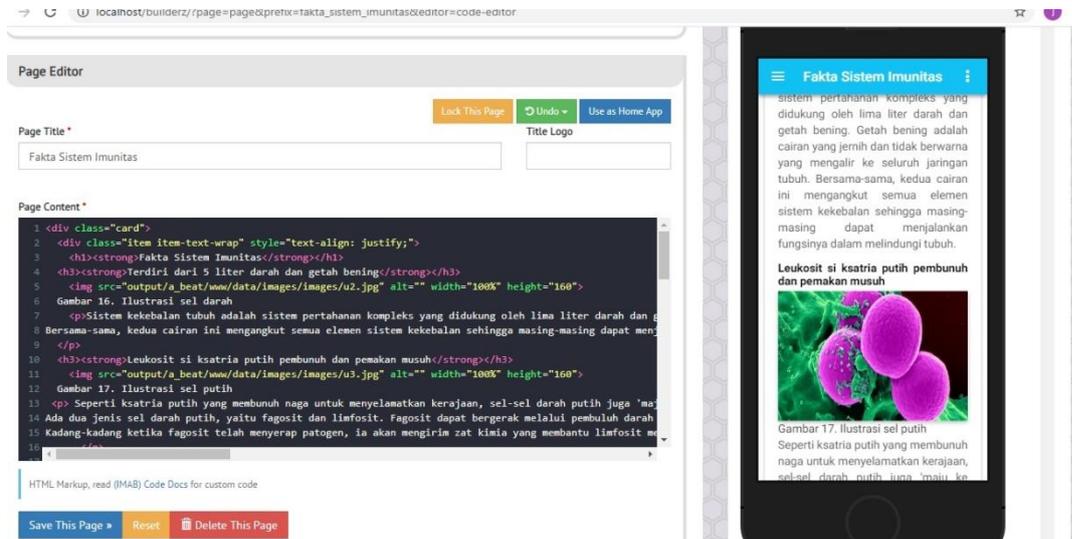
6. Membuang sampah pada tempatnya

Sampah harus dibuang di tempat sampah sehingga lingkungan sekolah menjadi bersih dan nyaman untuk belajar mengajar. Adanya sampah menjadikan lingkungan kotor, tidak sedap dipandang mata, serta sebagai tempat berkembang biak vektor penyakit.

7. Tidak merokok di sekolah

Dalam satu batang rokok yang diisap akan dikeluarkan sekitar 4 ribu bahan kimia berbahaya di antaranya yang paling berbahaya adalah nikotin, tar, dan karbon monoksida. Nikotin menyebabkan ketagihan dan merusak jantung serta aliran darah. Tar menyebabkan kerusakan sel paru-paru dan kanker, sedangkan karbon monoksida menyebabkan berkurangnya kemampuan darah membawa oksigen sehingga sel-sel tubuh akan mati.

3) Fakta Unik Sistem Imunitas



Gambar 21. Tampilan Fakta Unik

Fakta Sistem Imunitas

1. Terdiri dari 5 liter darah dan getah bening

Sistem kekebalan tubuh adalah sistem pertahanan kompleks yang didukung oleh lima liter darah dan getah bening. Getah bening adalah cairan yang jernih dan tidak berwarna yang mengalir ke seluruh jaringan tubuh. Bersama-sama, kedua cairan ini mengangkut semua elemen sistem kekebalan sehingga masing-masing dapat menjalankan fungsinya dalam melindungi tubuh.

2. Leukosit si ksatria putih pembunuh dan pemakan musuh

Seperti ksatria putih yang membunuh naga untuk menyelamatkan kerajaan, sel-sel darah putih juga 'maju ke medan perang' saat tubuh diserang bahaya. Ada dua jenis sel darah putih, yaitu fagosit dan limfosit. Fagosit dapat bergerak melalui pembuluh darah dan jaringan untuk menelan atau menyerap organisme yang menyebabkan penyakit, patogen, dan racun. Kadang-kadang ketika fagosit telah menyerap patogen, ia akan mengirim zat kimia yang membantu limfosit mengidentifikasi jenis patogen. Setiap patogen membawa jenis antigen tertentu, dan setiap limfosit di tubuh Anda membawa antibodi yang dimaksudkan untuk melawan antigen bawaan patogen.

3. Tubuh menciptakan antibodi baru setiap kali terinfeksi antigen baru.

Seperti jenderal yang terus-menerus memperbarui strategi setiap musuh baru menyerang, tubuh juga menyesuaikan diri dengan menciptakan antibodi baru setiap kali terinfeksi antigen baru. Jika antigen yang sama menginfeksi Anda untuk kedua kalinya, tubuh Anda dapat dengan cepat membuat salinan antibodi yang sesuai untuk menghancurkannya. Satu tetes darah dapat mengandung hingga 25.000 sel darah putih. Tetapi para prajurit pemberani ini hanya hidup hingga beberapa minggu, jadi mereka harus selalu diperbarui.

4. Demam dan peradangan adalah pertanda baik.

Terserang demam dan peradangan memang tidak menyenangkan, tetapi itu adalah pertanda bahwa tubuh Anda melakukan tugasnya dengan baik. Demam melepaskan sel darah putih, meningkatkan metabolisme, dan menghentikan organisme tertentu berkembang biak. Peradangan terjadi ketika masing-masing sel yang rusak melepaskan histamin. Histamin menyebabkan dinding sel membesar. Inilah yang menjadi pemicu ruam, panas, nyeri, dan pembengkakan radang. Akibatnya, tubuh Anda akan membatasi efek iritasi.

5. Sistem imun juga bisa stres.

Apakah Anda pernah melakukan aktivitas tinggi seharian dan tiba-tiba menemukan diri Anda sakit? Itu adalah sistem kekebalan Anda yang sedang memberi sinyal bahaya. Jika Anda tidak tidur lebih dari lima jam setiap malam, sistem kekebalan Anda bisa menjadi depresi, sama seperti Anda. Kondisi ini membuat Anda lebih rentan terhadap pilek, flu, dan infeksi.

6. Sinar matahari secukupnya bagus, terlalu banyak bisa rusak kekebalan

Paparan sinar matahari adalah penting untuk tubuh memproduksi vitamin D. Vitamin ini membantu menangkal berbagai hal buruk seperti depresi, penyakit jantung dan beberapa jenis kanker. Namun, terlalu banyak sinar matahari dapat menyebabkan kerusakan temporer pada sistem kekebalan Anda dan bisa mengarah pada kanker kulit. Ingatlah bahwa sinar matahari baik untuk kekebalan tubuh, tetapi Anda tetap perlu melindungi kulit dari sinar ultra violet.

Pakar perawatan kulit merekomendasikan pemakaian tabir surya dengan perlindungan terhadap UVA dan UVB. Ketika matahari sangat kuat, Anda juga harus mengenakan pakaian pelindung. Selain itu tetaplah berada di tempat teduh ketika sinar matahari paling terik, yaitu antara jam sepuluh pagi hingga jam dua siang.

7. Tertawa membantu sistem kekebalan Anda

Pepatah mengatakan bahwa tawa adalah obat terbaik, dan ada kebenarannya. Tawa melepaskan dopamin dan bahan kimia yang terasa baik lainnya di otak, yang semuanya dapat membantu mengurangi stres. Dua puluh menit tawa dalam sehari dapat membantu menjaga sistem kekebalan Anda berfungsi dengan baik.

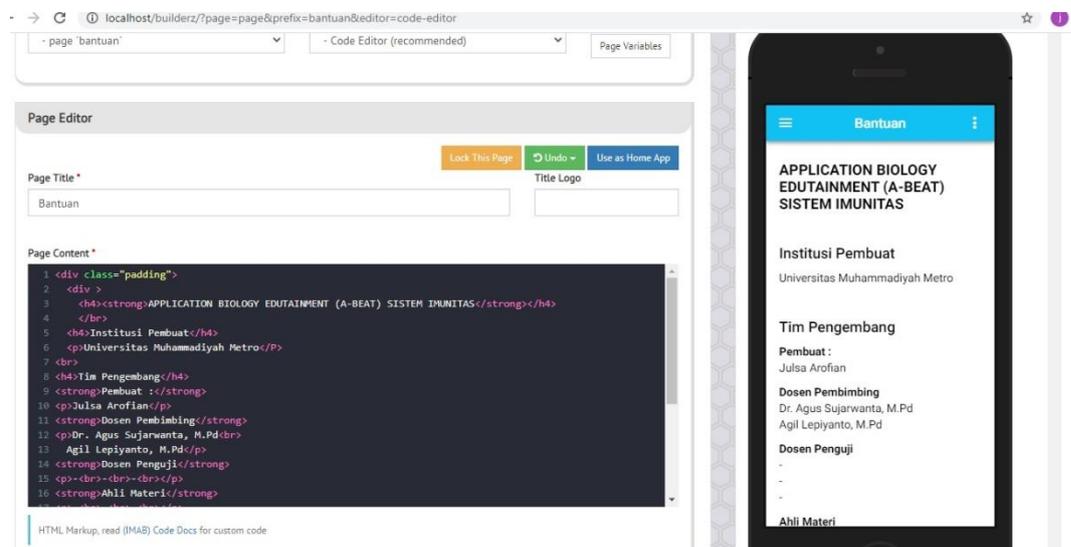
8. Kadang sistem kekebalan bisa menyebabkan penyakit

Kadang-kadang sistem kekebalan tubuh Anda menyerang jaringan di dalam tubuh dan menyebabkan penyakit. Kondisi ini disebut gangguan autoimun. Gangguan autoimun adalah ketika tubuh keliru menyerang jaringan sehat. Hal ini terjadi pada sejumlah penyakit autoimun seperti multiple sclerosis, lupus, rheumatoid arthritis, dan psoriasis. Penyakit seperti ini diobati dengan obat-obatan yang bersifat menekan sistem kekebalan tubuh.

9. Bakteri tak selamanya jahat

Usus Anda dipenuhi berton-ton bakteri untuk membantu Anda mencerna makanan. Tetapi bakteri di luar tubuh Anda biasanya dianggap sebagai hal negatif. Meskipun pendapat tersebut ada benarnya, Anda juga perlu bakteri dari luar untuk tetap sehat. Sistem kekebalan Anda hebat dalam beradaptasi, itulah sebabnya mengapa manusia bisa bertahan di muka bumi begitu lama. Setelah tubuh Anda bersentuhan dengan zat asing, dia akan menyerang dan mengingatnya. Jika zat asing itu kembali, tubuh Anda tahu apa yang harus dilakukan. Seperti itulah jenis perlindungan yang diterapkan kekebalan terhadap diri Anda.

h. Menu Bantuan



Gambar 22. Tampilan Menu Bantuan

Menu bantuan berisi tentang penggunaan aplikasi pembelajaran, persyaratan perangkat yang mendukung aplikasi, institusi pembuat, daftar nama tim pengembang dan para ahli yang terkait dengan pengembangan aplikasi.

Perancangan desain produk ini peneliti mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

a. Gambar

Gambar yang digunakan untuk variasi animasi atau pelengkap lainnya diambil dari internet dan buku dengan format gambar yang digunakan adalah *JPG dan *PNG dan untuk yang lainnya menyesuaikan.

b. Teks

Ketika membuat teks, di sini menggunakan toolbox, dimana dipilih tombol text tool untuk menyesuaikan dengan kebutuhan.

c. Video Animasi

Video Animasi yang digunakan berasal dari berbagai sumber yang relevan seperti youtube dengan penambahan efek suara (*dubbing*) untuk mempermudah pemahaman mengenai isi video yang disampaikan.

d. Logo

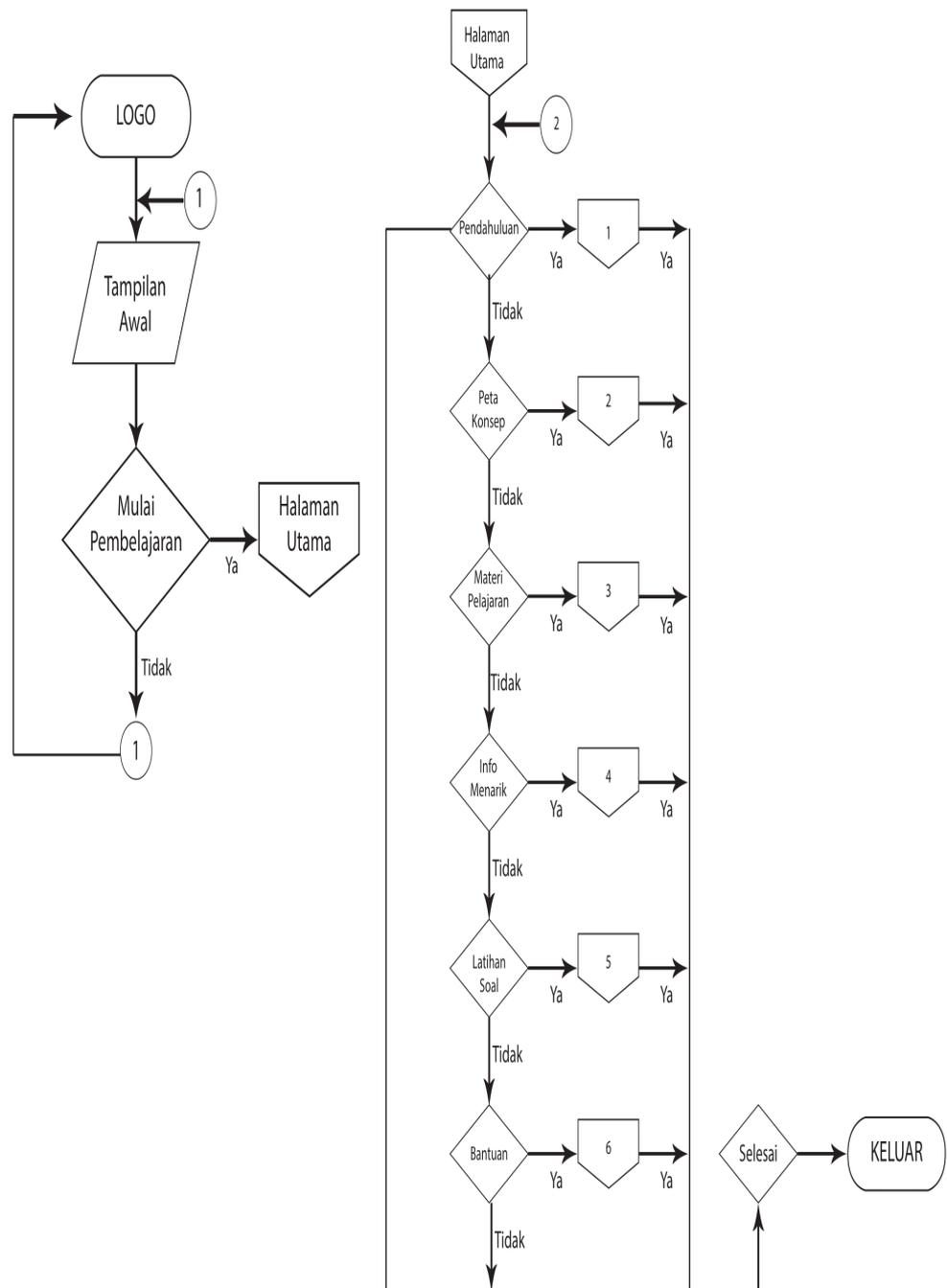


Gambar 23. Tampilan Logo Aplikasi

Logo yang akan diterapkan dibuat sendiri melalui berbagai tutorial dan referensi yang ada. Logo sangat penting pada pengembangan media ini karena tampilan awal saat akan diunduh dari *playstore* adalah logo aplikasi. Logo berbentuk gambar masker yang dimaksudkan sebagai pertahanan tubuh dari gangguan infeksi dari luar. Logo bertuliskan A-BEAT yang merupakan nama aplikasi yang dikembangkan.

e. Perancangan Diagram Alir

Diagram alur merupakan ringkasan dari alur yang ada pada media interaktif ini, mulai dari halaman utama sampai akhir tampilan, dibuatnya diagram alur agar dapat mempermudah dalam penggambaran secara umum alur media interaktif, dan berikut diagram alir (*flow-chart*) dari media interaktif yang dibuat pada materi sistem imunitas.



Gambar 24. Rancangan Diagram Alir

4. Validasi Desain

Langkah berikutnya adalah melakukan validasi desain.. Tahapan validasi ini terdiri dari ahli media dan ahli materi. Validasi ahli media dilakukan oleh 2 dosen Universitas Muhammadiyah Metro sedangkan validasi ahli materi dilakukan oleh 2 orang dosen Universitas Muhammadiyah Metro dan 1 guru mata pelajaran SMA N 1 Bandar Sribhawono. Para ahli tersebut diminta memberikan masukan berupa skor dengan skala yang digunakan 1 = sangat tidak baik (STB), 2 = tidak baik (TB), 3 = baik (B), 4 = sangat baik (SB) dan kolom komentar yang dapat dijadikan dasar perbaikan desain produk tersebut. Berikut tabel data nama validator:

Tabel 2. Data Nama Validator

| Nama Validator | Kode validator | Keterangan |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Rasuane Noor, M.Sc. | Validator 1 (V1) | Ahli Media 1 |
| Arif Hidayat, M.Kom. | Validator 2 (V2) | Ahli Media 2 |
| Suharno Zen, M.Sc. | Validator 1 (V1) | Ahli Materi 1 |
| Triana Asih, M.Pd. | Validator 2 (V2) | Ahli Materi 2 |
| Aam Jumiaty, M.Pd. | Validator 3 (V3) | Ahli Materi 3 |

Ada dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Berikut pemaparan data hasil validasi ahli.

a. Data Kualitatif

Data kualitatif dalam penelitian ini berupa saran dan komentar dari validator. Apabila dalam validasi tahap pertama validator tidak menyarankan revisi, maka validasi cukup dilakukan pada tahap pertama. Setelah dilakukan uji pada ahli media dan ahli materi didapatkan saran dan komentar untuk beberapa aspek sebagai berikut:

1) Ukuran dan jenis huruf

Ahli media memberikan saran perbaikan untuk huruf yang digunakan dalam aplikasi sebaiknya lebih rapi dan terdapat jeda antar sub materi.

2) Pencarian pada *playstore*

Ahli media memberikan saran perbaikan agar mempermudah pencarian aplikasi pada *playstore* dengan kata kunci yang ringkas dan mudah.

3) Penambahan materi

Ahli materi memberikan saran perbaikan agar bisa menambahkan materi dari sumber yang terbaru berpatokan pada KI dan KD serta peta konsep.

4) Penambahan sumber gambar

Ahli materi memberikan saran perbaikan agar bisa menambahkan sumber gambar dalam penyajian materi .

b. Data Kuantitatif

Data kuantitatif dalam penelitian ini berupa angka yang terdapat pada angket yang diisi oleh validator. Setelah dilakukan uji pada ahli media dan ahli materi didapatkan penilaian sebagai berikut:

Tabel 3. Data Kuantitatif Hasil Validasi Ahli Media

| No | Komponen | Skor | | % | Kategori |
|----|---|-----------|----|-------|-------------|
| | | Validator | | | |
| | | V1 | V2 | | |
| 1 | Pencarian aplikasi produk pada <i>playstore</i> | 2 | 2 | 50% | Tidak Baik |
| 2 | Tampilan <i>background</i> , warna, dan kolom sesuai. | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| 3 | Desain peta konsep | 4 | 3 | 87,5% | Sangat Baik |
| 4 | Jenis dan ukuran huruf menarik serta mudah dibaca | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| 5 | Sistematika penyusunan materi | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| 6 | Pemilihan dan ukuran gambar pendukung | 3 | 4 | 87,5% | Sangat Baik |
| 7 | Teks judul dan materi mudah dibedakan | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| 8 | Video yang ditampilkan sesuai dan jelas | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |

| No | Komponen | Skor | | % | Kategori |
|----|---------------------------------|-----------|-----|-------|-------------|
| | | Validator | | | |
| | | V1 | V2 | | |
| 9 | Info menarik sesuai dan terbaru | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| 10 | Latihan soal sistematis | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| | Jumlah | 37 | 37 | | |
| | Rata-rata | 3,7 | 3,7 | 92,5% | Sangat Baik |

Sumber: Lampiran 12. Angket Ahli Media

Berdasarkan tabel di atas didapatkan hasil bahwa validasi ahli media yang dilakukan oleh Rasuane Noor, M.Sc. diperoleh hasil penilaian sebesar 92,5% dan validasi ahli media yang dilakukan oleh Arif Hidayat, M.Kom. diperoleh hasil penilaian sebesar 92,5%. Hasil persentase tersebut menunjukkan bahwa media yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat baik sehingga dapat digunakan di lapangan tanpa revisi.

Tabel 4. Data Kuantitatif Hasil Validasi Ahli Materi

| No | Komponen | Skor Validator | | | % | Kategori |
|----|--|----------------|----|----|-------|-------------|
| | | V1 | V2 | V3 | | |
| 1 | Petunjuk pembelajaran aplikasi sesuai dengan penyajian materi | 4 | 3 | 4 | 91,5% | Sangat Baik |
| 2 | Tujuan pembelajaran yang disajikan sesuai KI dan KD | 4 | 3 | 4 | 91,5% | Sangat Baik |
| 3 | Peta konsep yang ditampilkan sesuai dengan materi pembelajaran | 4 | 4 | 4 | 100% | Sangat Baik |
| 4 | Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran | 4 | 3 | 4 | 91,5% | Sangat Baik |
| 5 | Materi yang disajikan sesuai dengan KI dan KD | 4 | 3 | 4 | 91,5% | Sangat Baik |
| 6 | Sitematika materi yang disajikan | 4 | 3 | 4 | 91,5% | Sangat Baik |
| 7 | Latihan soal sesuai dengan materi yang dibahas | 3 | 3 | 3 | 75% | Baik |

| No | Komponen | Skor Validator | | | % | Kategori |
|-----------|---|----------------|-----|-----|-------|-------------|
| | | V1 | V2 | V3 | | |
| 8 | Pemilihan video yang disajikan sesuai dengan materi pembelajaran | 4 | 4 | 3 | 91,5% | Sangat Baik |
| 9 | Info menarik yang disajikan merupakan fakta dan terbaru serta sesuai dengan materi pembelajaran | 4 | 3 | 4 | 91,5% | Sangat Baik |
| 10 | Gambar yang ditampilkan sesuai dengan materi pembelajaran | 3 | 3 | 4 | 83% | Sangat Baik |
| Jumlah | | 38 | 32 | 38 | | |
| Rata-rata | | 3,8 | 3,2 | 3,8 | 90 % | Sangat Baik |

Sumber: Lampiran 13. Angket Ahli Materi

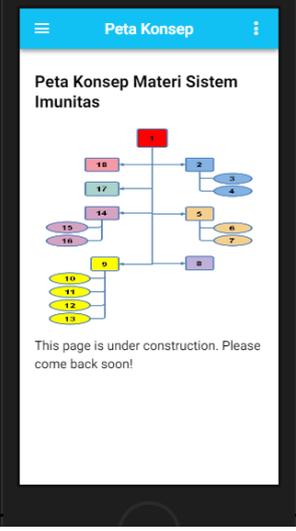
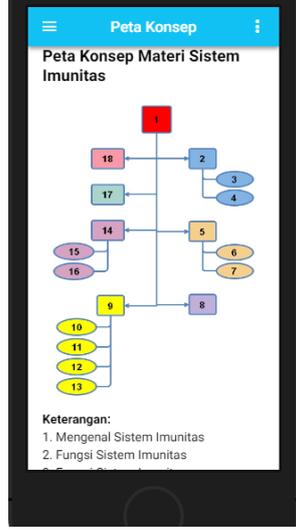
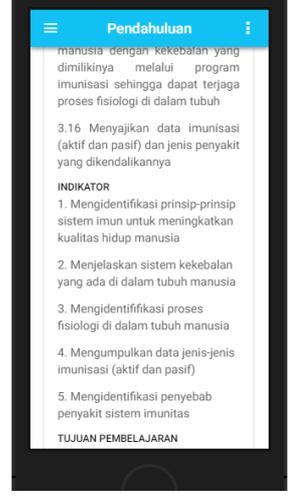
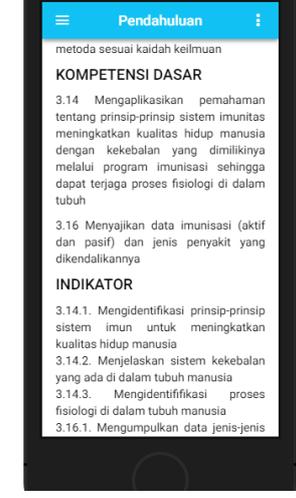
Tabel di atas didapatkan hasil persentasi dari validasi ahli materi yang dilakukan oleh Suharno Zen, M.Sc. diperoleh hasil penilaian sebesar 95% dan validasi ahli materi yang dilakukan oleh Triana Asih, M.Pd. diperoleh hasil penilaian sebesar 80% sedangkan validasi ahli materi yang dilakukan oleh Aam Jumiaty, M.Pd. diperoleh hasil penilaian sebesar 95%.

Berdasarkan hasil keseluruhan persentase dari tim ahli dengan jumlah 90,8% maka media yang dikembangkan termasuk dalam kategori "sangat layak" digunakan di lapangan.

5. Revisi Desain

Setelah desain produk divalidasi atau dilakukan penilaian dari ahli materi dan ahli media, kemudian produk tersebut diperbaiki atau direvisi. Revisi desain produk disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Revisi Desain Produk

| No | Revisi | Sebelum | Setelah |
|----|---|---|---|
| 1 | Tampilan peta konsep |  |  |
| 2 | Ukuran dan jenis huruf |  |  |
| 3 | Penambahan materi berpatokan dengan KI dan KD |  |  |

6. Uji Coba Produk

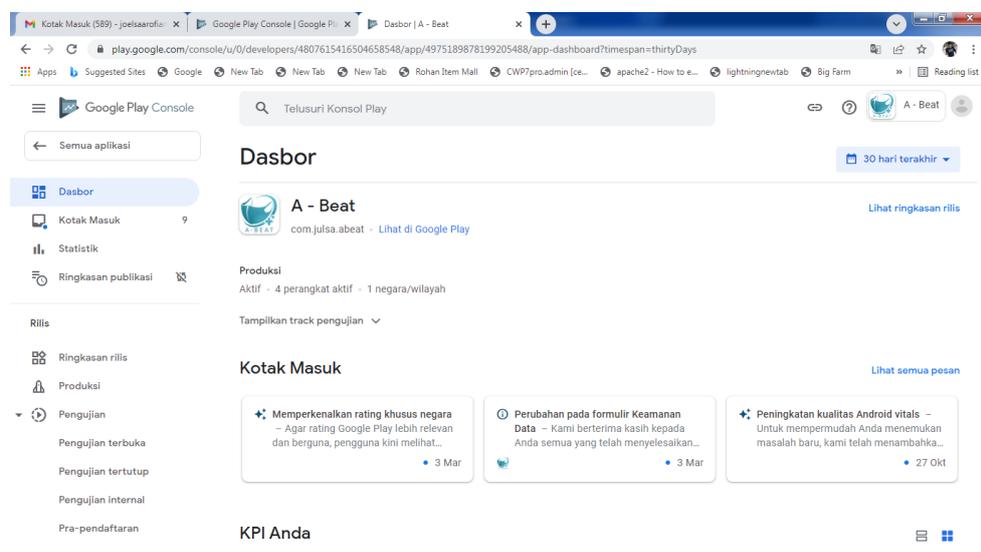
Setelah melakukan revisi dari desain produk, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba produk. Uji coba dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari produk yang dikembangkan. Uji coba produk pada tahap ini dilakukan oleh kelompok terbatas dengan cara membagikan tautan produk yang dikembangkan melalui *whatsapp*.

7. Revisi Produk

Revisi produk tahap kedua dilakukan karena beberapa alasan, yaitu :

- Uji coba yang dilakukan masih bersifat terbatas, sehingga tidak mencerminkan situasi sesungguhnya.
- Dalam uji coba ditemukan kelemahan dan kekurangan dari produk yang dikembangkan seperti belum tersedianya produk pada *playstore*.

Berdasarkan alasan tersebut dilakukan revisi produk dengan cara mengunggah (*upload*) produk yang dikembangkan pada *playstore*. Pada proses ini peneliti menggunakan akun *google developer* pribadi guna mengunggah produk pada *playstore*. Berikut tampilan produk setelah berhasil diunggah pada *playstore*.



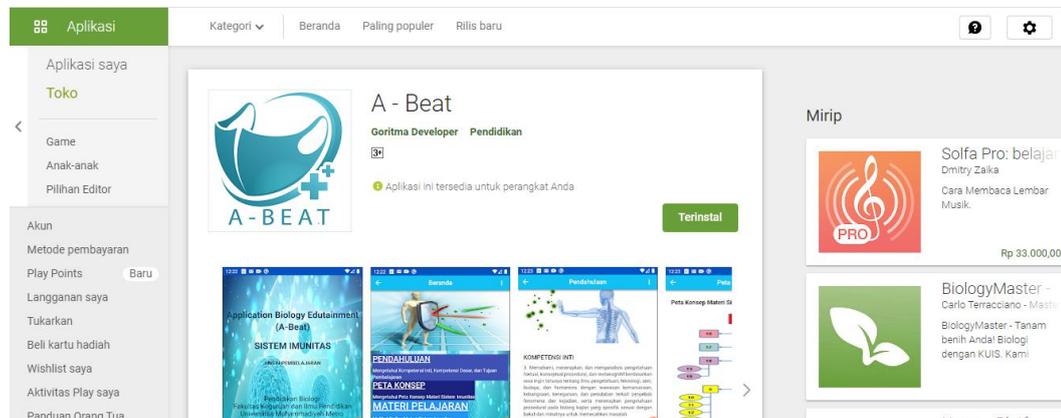
Gambar 25. Tampilan Proses *Upload Playstore*.

Kelemahan produk dari masukan yang diperoleh yakni kata kunci pencarian aplikasi pada *playstore*. Beberapa kata kunci yang dibuat dapat mempermudah pencarian produk sebagai berikut:

- <http://play.google.com/store/apps/details?id=com.julsa.abeat>
- A – Beat pembelajaran biologi

c. Goritma Developer A- Beat

Berikut Gambar 26 tampilan produk aplikasi media pembelajaran pada situs *playstore* yang telah dilengkapi dengan kata kunci pencarian. pada situs *playstore*.



Gambar 26. Tampilan Produk pada *Playstore*

C. Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai sumber salah satunya penelitian kualitatif yang memperoleh data dari manusia sebagai instrumen penelitian. Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan langsung dari penelitian adalah mendapat data. Tanpa mengetahui teknik pengumpulan data maka peneliti tidak akan mendapat data yang memenuhi standar yang ditetapkan (Sugiyono, 2015: 62). Berdasarkan pernyataan tersebut penelitian ini menggunakan instrumen pengumpul data berupa instrumen validasi berbentuk angket yang terdiri dari:

- a. Instrumen Angket Kelayakan Desain Produk:
 - 1) Pencarian aplikasi produk pada *playstore*
 - 2) Tampilan *background*, warna, dan kolom sesuai
 - 3) Desain peta konsep
 - 4) Jenis dan ukuran huruf menarik serta mudah dibaca
 - 5) Sistematika penyusunan materi
 - 6) Pemilihan dan ukuran gambar pendukung
 - 7) Teks judul dan materi mudah dibedakan
 - 8) Video yang ditampilkan sesuai dan jelas
 - 9) Info menarik sesuai dan terbaru
 - 10) Latihan soal sistematis

- b. Instrumen Angket Penilaian Materi Produk:
- 1) Petunjuk pembelajaran aplikasi sesuai dengan penyajian materi
 - 2) Tujuan pembelajaran yang disajikan sesuai KI dan KD
 - 3) Peta konsep yang ditampilkan sesuai dengan materi pembelajaran
 - 4) Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran
 - 5) Materi yang disajikan sesuai dengan KI dan KD
 - 6) Sitematika materi yang disajikan
 - 7) Latihan soal sesuai dengan materi yang dibahas
 - 8) Pemilihan video yang disajikan sesuai dengan materi pembelajaran
 - 9) Info menarik yang disajikan merupakan fakta dan terbaru serta sesuai dengan materi pembelajaran
 - 10) Gambar yang ditampilkan sesuai dengan materi pembelajaran
- c. Instrumen Angket Respon Siswa:
- 1) Pencarian aplikasi pada *playstore*
 - 2) Tampilan aplikasi menarik
 - 3) Jenis dan ukuran huruf mudah terbaca
 - 4) Aplikasi mudah digunakan
 - 5) Materi yang disajikan memudahkan untuk dipelajari
 - 6) Latihan soal sesuai dengan materi yang disajikan
 - 7) Video yang disajikan mempermudah pembelajaran materi
 - 8) Info menarik yang disajikan mempermudah pembelajaran materi
 - 9) Semua fitur aplikasi berfungsi dengan baik
 - 10) Kapasitas aplikasi tergolong ringan (ukuran aplikasi)

1. Uji Coba Produk

Uji coba produk dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang akan digunakan sebagai landasan dasar tingkat keefektivan, efisiensi, dan daya tarik produk yang dihasilkan. Tahap uji coba produk terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

2. Desain Uji Coba

Penelitian ini secara umum menggunakan metode deskriptif yang dapat diartikan sebagai suatu prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan keadaan subjek atau objek dalam penelitian berdasarkan fakta yang tampak atau apa adanya. Uji coba dalam penelitian ini dilakukan dengan 2

tahap yakni uji perseorangan dan uji kelompok kecil. Uji perseorangan akan dilakukan oleh dosen dari Universitas Muhammadiyah Metro dan guru pengampu mata pelajaran biologi SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono untuk menilai desain dan materi produk yang dihasilkan. Uji kelompok kecil akan dilakukan oleh siswa kelas XI SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono untuk menilai respon pengguna produk.

3. Subjek Coba

Subjek coba dalam penelitian ini dilakukan dengan 4 ahli yang terdiri dari dosen Universitas Muhammadiyah Metro dan guru pengampu mata pelajaran biologi di SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono. Uji kelompok kecil dilakukan dengan peserta didik kelas XI SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono. Berikut karakteristik ahli yang digunakan dalam penelitian ini:

a. Uji Ahli

1) Ahli Desain produk.

Uji ini dilakukan oleh 2 dosen Universitas Muhammadiyah Metro dengan kemampuan dibidang pengembangan desain pembelajaran sehingga media pembelajaran dapat teruji dengan baik.

2) Ahli Materi.

Uji ini dilakukan oleh 2 dosen Universitas Muhammadiyah Metro dan 1 guru pengampu mata pelajaran biologi SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono untuk memperoleh kesesuaian materi yang termuat dalam produk yang dikembangkan.

b. Uji Kelompok Kecil

Uji kelompok kecil dilakukan dengan peserta didik berjumlah 31 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Bandar Sribhawono sebagai subjeknya yang bertujuan untuk melihat respon pengguna dari produk yang dihasilkan. Pemilihan subjek dilakukan secara acak dan tidak ada kriteria tertentu dalam pemilihannya.

4. Jenis Data

Penelitian pengembangan ini dilakukan dengan dua jenis data yaitu data kualitatif dan data kuantitatif.

a. Data Kualitatif

Data kualitatif dalam penelitian ini berupa kata-kata yang tercantum dalam angket berbentuk kolom komentar maupun saran mengenai produk yang dikembangkan.

b. Data Kuantitatif

Data kuantitatif dalam penelitian ini berupa angka-angka yang diperoleh dari hasil validasi berbentuk skor penilaian dan angket respon pengguna produk yang dikembangkan.

D. Teknik Analisis Data

Setelah pengumpulan data, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah menganalisis data Kegiatan dalam tahap analisis data dalam penelitian ini meliputi:

a. Penilaian Validator

Penilaian validitas media dilakukan dengan kriteria sangat baik, baik, tidak baik, sangat tidak baik. Penilaian validator dilakukan dengan cara berikut:

- 1) Penentuan ukuran penilaian beserta bobotnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala Penilaian Validator

| Kategori | Bobot Nilai | Persentase (%) |
|-------------------|-------------|----------------|
| Sangat Baik | 4 | 81,25 – 100 |
| Baik | 3 | 62,5 – 81,25 |
| Tidak Baik | 2 | 43,75 – 62,5 |
| Sangat Tidak Baik | 1 | 25 – 43,75 |

(Widoyoko, 2012:105)

- 2) Menentukan jumlah total jawaban validator

Jumlah total jawaban validator ditentukan dengan mengalikan jumlah validator dengan bobot nilainya, dan menjumlahkan semua hasilnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

| | | |
|----------------------------|----------------------|----------------|
| Sangat Baik | (n validator) | n X 4 |
| Baik | (n validator) | n X 3 |
| Tidak Baik | (n validator) | n X 2 |
| <u>Sangat Tidak Baik</u> | <u>(n validator)</u> | <u>n X 1 +</u> |
| Σ Jawaban validator | | |

(Widoyoko, 2012: 110)

- 3) Menentukan persentase penilaian validator dengan rumus:

$$PPV = \frac{\Sigma \text{Jawaban Validator}}{\Sigma \text{Nilai Tertinggi Validator}} \times 100\%$$

Keterangan:

PPV : Persentase Penilaian Validator

Σ Jawaban Validator : Jumlah Total Jawaban Validator

Σ Nilai Tertinggi Validator : Jumlah Total Nilai Tertinggi Validator

(Widoyoko, 2012: 110)

b. Analisis Respon Siswa

Analisis respon siswa digunakan untuk mengetahui hasil data respon siswa terhadap media yang digunakan. Analisis respon siswa dilakukan dengan cara berikut:

- 1) Penentuan ukuran penilaian beserta bobotnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala Analisis Respon Siswa

| Kategori | Bobot Nilai | Persentase (%) |
|-------------------|-------------|----------------|
| Sangat Baik | 4 | 81,25 – 100 |
| Baik | 3 | 62,5 – 81,25 |
| Tidak Baik | 2 | 43,75 – 62,5 |
| Sangat Tidak Baik | 1 | 25 – 43,75 |

(Widoyoko, 2012:105)

- 2) Menentukan jumlah total jawaban responden

Jumlah total jawaban responden ditentukan dengan mengalikan jumlah responden dengan bobot nilainya, dan menjumlahkan semua hasilnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Sangat Baik | (n responden) n X 4 |
| Baik | (n responden) n X 3 |
| Tidak Baik | (n responden) n X 2 |
| <u>Sangat Tidak Baik</u> | <u>(n responden) n X 1 +</u> |
| Σ Jawaban responden | |
| (Widoyoko, 2012: 110) | |

- 3) Menentukan persentase jumlah jawaban responden dengan rumus:

$$PRS = \frac{\Sigma \text{Jawaban Responden}}{\Sigma \text{Nilai Tertinggi Responden}} \times 100\%$$

Keterangan:

PRS : Persentase Respon Siswa

Σ Jawaban Responden : Jumlah Total Jawaban Responden

Σ Nilai Tertinggi Responden : Jumlah Total Nilai Tertinggi Responden

(Widoyoko, 2012: 110)

c. Indikator Keberhasilan

Indikator keberhasilan dalam penelitian ini adalah jika hasil dari setiap validasi yang didapatkan menunjukkan persentase >62,5% dari total keseluruhan. Berdasarkan hasil tersebut produk media pembelajaran yang dikembangkan sudah layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.