

**PENGEMBANGAN MEDIA MODUL SAKU DILENGKAPI AUDIO MP3
MATERI SISTEM IMUN SEBAGAI SUMBER BELAJAR MANDIRI
(Penelitian Pengembangan di SMA Negeri 107 Jakarta)**

**Disusun untuk melengkapi persyaratan guna
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan**



MAIMUN CHAERANI

3415072002

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2011

ABSTRAK

MAIMUN CHAERANI. Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Materi Sistem Imun Sebagai Sumber Belajar Mandiri (Penelitian Pengembangan di SMA Negeri 107 Jakarta). Skripsi. Jakarta: Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Juni 2011.

Penelitian pengembangan ini dilakukan berdasarkan kebutuhan siswa akan media khusus dalam pembelajaran mandiri. Media tersebut digunakan untuk memudahkan siswa yang melakukan pembelajaran secara mandiri baik di dalam kelas maupun di luar kelas. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Materi Sistem Imun Sebagai Sumber Belajar Mandiri bagi siswa SMA kelas XI IPA. Penelitian dilakukan di SMA Negeri 107 Jakarta pada bulan Mei sampai bulan Juni, semester genap tahun ajaran 2010/2011. Sampel uji coba kelompok kecil adalah siswa kelas XI IPA SMA Negeri 76 Jakarta sebanyak 15 siswa sedangkan sampel uji coba kelompok besar adalah siswa kelas XI IPA-1 SMA Negeri 107 Jakarta sebanyak 38 siswa. Penelitian ini menggunakan metode “penelitian dan pengembangan”. Prosedur pelaksanaan pada penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu analisis kebutuhan, pengembangan produk, dan uji coba produk. Instrumen yang digunakan pada tahap awal berupa angket analisis kebutuhan serta wawancara analisis kebutuhan terhadap guru. Tahap kedua yaitu pengembangan produk melibatkan ahli materi dan ahli media. Tahap uji coba produk melibatkan siswa dan guru. Hasil penelitian menunjukkan media modul saku dilengkapi audio MP3 memperoleh nilai yang didapat dari ahli materi 72%, ahli media modul saku 91,30%, ahli media audio MP3 88%, uji siswa kelompok kecil 91,30%, uji siswa kelompok besar 89%, dan guru 82%. Persentase rata-rata dari keenam kelompok uji tersebut adalah sebesar 85,6% dengan interpretasi sangat baik.

Kata kunci : media modul saku dilengkapi audio MP3, sistem imun, penelitian pengembangan

ABSTRACT

MAIMUN CHAERANI. The Development of Pocket Module Completed Audio MP3 at Human Immunity System Main Topic as Learning Self Resource (Development Research at SMAN 107 Jakarta). Thesis. Jakarta: Study Programme of Biology Education, Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Science, State University of Jakarta, Juni 2011.

This research carried out was based on the need of students for exceptional media in self resource. The media used for facilitate students that implement self learning in the class or out the class. The aim of this research was to produce a pocket module completed audio MP3 at human immunity system main topic as learning self resource for grade XI Science Senior High School. This research had been done at SMA Negeri 107 Jakarta from May until June on the second semester of 2010/2011. The sample for the small group try out were 15 students from grade eleven in SMA Negeri 76 Jakarta, while the sample for the field try out were 38 students from gade eleven science-1 in SMA Negeri 107 Jakarta. The method used in this research was development research. The procedure of this research consist three stages, there were need's assessment, the product's development, and the product's try out. the need assesment's questionnaire and interview towards the teachers were implemented on the first stage. The second stage was the product's development process, it involved the participation of material's experts and media's experts. On the product's try-out stage, it involved the participation of students and teacher. The results showed that pocket module completed audio MP3 at immunity system main topic as learning self resource obtain point from material's expert 72%, pocket module's expert 91,30%, audio MP3's expert 88%, small group try-out 91,30%, field try-out 89%, and teacher 82%. Average of points 85,6% with very good interpretation.

Keywords : pocket module completed audio MP3, human immunity system, research and development

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Materi Sistem Imun Sebagai Sumber Belajar Mandiri”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan karya-karya selanjutnya. Dalam penyusunan skripsi ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, baik langsung ataupun tidak langsung untuk terselesaikannya skripsi ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Nurmasari Sartono, M.Biomed, selaku Ketua Jurusan Biologi dan Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Reduk Nilawarni Da, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu, telah berkenan meluangkan waktunya, tenaga, pikiran, dan memberikan perhatian kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Ibu Dra. Muzajjanah, M.Kes. dan Ibu Eka Putri Azrai, S.Pd., M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran untuk perbaikan skripsi ini.
4. Bapak Refirman Dj., selaku Ketua program Studi Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Jakarta, beserta dosen-dosen dan staff.
5. Ibu Sriwineni S.Pd., yang telah banyak direpotkan penulis selama proses penelitian di SMA Negeri 107 Jakarta. Terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan.
6. Ibunda dan ayahanda tercinta, yang tak henti memanjatkan do'a, terima kasih atas limpahan kasih sayang serta dukungannya. Kakakku,

Ainun Mardiyah Bahry. Adikku, Bungkes Wahyu Bahry, terima kasih atas tawa, bantuan, do'a, dan dukungannya.

7. Adang Kasmawijaya, Septiadi Rukmana, Agung Nugraha atas do'a, bantuan, dan dukungannya.
8. Siti Ulfa Khoiriyah (neng tiul-ku), terima kasih atas keikhlasan dalam memberikan keceriaan dan semangat di setiap harinya selama \pm 4 tahun menjalani perjuangan bersamamu.
9. Teman, sahabat, dan keluarga Pendidikan Biologi 2007, Eva Novika Sari, Tri Wahyuni, Ihda akrimah, Liant Leilania, Nur Wahyuningtyas Tuti, Senny Ikhsani, Luluk Iрмаi Wulanasri, Dian Setyawati, Hana Lestari, Rini Syafitri, Ami Hibatul Jameel, Ratna Juwita Ningsi, Siti Qadarsih, Risha Nilas, Melisa Iknawati, Eva Zaroh, Asih Lestari, Tri Atmi Nursyamsiah, Sinta Prama Dewi, Tanjak Agung Fitriani, Veronika Yulianti, Eka Susilawati, Maria Angelina Cintya Danastri, Melati, Rosi Purwita Sari, Suherlawati, Imam Muharam, Edi Sarwono, Dede Yopi, Adzwin Azhari, Gofur Sukma Firdaus, Rizki Idris Sardi, Mahrawi, Iqbal Sugiarto, Salman Ismail, dan Denny Setiawan Firdaus (Alm.) atas bantuan dan suntikan semangat serta dukungannya.

Hanya Allah SWT yang dapat membalas kebaikan Bapak/ Ibu/ teman-teman. Akhir kata penulis mohon ampun kepada Allah SWT atas segala kekhilafan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Jakarta, Juni 2010

Penulis

Maimun Chaerani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	3
D. Perumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR	
A. Tinjauan Pustaka	5
1. Media Pembelajaran	5
2. Klasifikasi Media	8
a. Media Audio	8
b. Media Visual	10
3. Sumber Belajar Mandiri	13
4. Penelitian Pengembangan	16
5. Analisis Materi Sistem Imun	18
B. Kerangka Berpikir	39

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional Penelitian.....	42
B. Subjek Penelitian.....	42
C. Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
D. Metode Penelitian.....	43
E. Teknik Pengumpulan Data	43
F. Prosedur Penelitian	44
G. Desain Pengembangan	48
H. Instrumen Penelitian.....	49
I. Teknik Analisis Data	53

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	55
B. Pembahasan	76

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan.....	92
B. Implikasi.....	92
C. Saran.....	93

DAFTAR PUSTAKA.....	94
---------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN	96
-------------------------	----

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Sel epitelium bersilia.....	24
2. Fagositosis oleh Makrofag.....	26
3. Mekanisme kerja sel NK.....	27
4. Proses inflamasi	31
5. Struktur antibodi	34
6. Desain penelitian pengembangan modul saku dilengkapi audio MP3 materi sistem imun sebagai sumber belajar mandiri	48
7. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh ahli materi.....	64
8. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku oleh ahli media	66
9. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan audio MP3 oleh ahli media	68
10. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh siswa kelompok kecil	69
11. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh siswa kelompok besar	71
12. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh guru	74

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Perbedaan antara buku teks dengan modul.....	12
2. Kegiatan Penelitian Pengembangan	43
3. Tahapan Penelitian Pengembangan	45
4. Kisi-kisi instrumen angket analisis kebutuhan	49
5. Kisi-kisi butir wawancara guru	50
6. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada ahli materi.....	50
7. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada ahli media modul saku	51
8. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada ahli media audio MP3	51
9. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada siswa	52
10. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada guru Biologi.....	52
11. Skor Penilaian Kualitas Media pembelajaran	53
12. Kriteria Kualitas Interpretasi Skor	54
13. Tahapan Perbaikan Produk.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Angket Analisis Kebutuhan.....	95
2. Hasil Analisis Kebutuhan.....	100
3. Hasil Wawancara Guru.....	103
4. Storyboard.....	106
5. Hasil Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Materi	124
6. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Materi.....	126
7. Angket Uji Kelayakan Ahli Media (Modul Saku).....	127
8. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Media Modul Saku.....	130
9. Angket Uji Kelayakan Ahli Media (Audio MP3).....	131
10. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Media Audio MP3.....	133
11. Angket Uji Kelayakan Siswa	137
12. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Siswa kelompok Kecil	140
13. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Siswa kelompok Besar.....	141
14. Angket Uji Kelayakan Guru.....	142
15. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Guru Sebagai Pengguna	145
16. Biodata Ahli	146
17. Tampilan Media Modul Saku	148
18. Dokumentasi Penelitian	183

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kurikulum 2004 yang lebih dikenal dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi (KBK) dapat diartikan sebagai suatu konsep kurikulum yang menekankan pada pengembangan kemampuan melakukan (kompetensi), sehingga hasilnya dapat dirasakan oleh peserta didik berupa penguasaan terhadap seperangkat kompetensi tertentu. Kurikulum berbasis kompetensi memiliki karakteristik (1) menekankan pada ketercapaian kompetensi siswa baik secara individual maupun klasikal, (2) penyampaian dalam pembelajaran menggunakan pendekatan dan metode yang bervariasi, (3) sumber belajar bukan hanya guru, tetapi juga sumber belajar lain yang memenuhi unsur edukatif, (4) sistem belajar dengan modul, (5) penilaian menekankan pada proses dan hasil belajar dalam upaya penguasaan atau pencapaian suatu kompetensi, (6) pengalaman lapangan, (7) strategi individual personal, (8) kemudahan belajar (Susilo, 2008).

Kurikulum berbasis kompetensi menekankan pada pembelajaran yang lebih variatif baik dalam metode pembelajaran, strategi belajar, pendekatan belajar, sumber belajar, maupun alat dan media pembelajaran yang secara keseluruhan membuat siswa tertarik pada kegiatan belajar mengajar. Kurikulum Berbasis Kompetensi

memberikan kesempatan kepada siswa agar lebih aktif dalam proses pembelajaran, sedang guru hanya berperan sebagai fasilitator dan mengajar mengacu pada *student centered*.

Agar siswa lebih aktif dibutuhkan media yang dapat dijadikan sebagai sumber belajar. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis kebutuhan yang dilakukan pada 24 Maret 2011 kepada 41 siswa kelas XII IPA-1 dan kelas XII IPA-2 SMA Negeri 107 Jakarta. Hasil analisis tersebut menunjukkan sebagian besar siswa menyenangi mata pelajaran Biologi baik dalam kelas maupun belajar mandiri di luar jam pelajaran Biologi. Sebagai pendukung kegiatan belajar mandiri siswa, dibutuhkan media khusus sebagai sumber belajar mandiri, karena kegiatan belajar akan lebih baik ketika terdapat media pembelajaran yang dapat mendukung proses belajar.

Penggunaan media pembelajaran sangat membantu proses pembelajaran baik di dalam maupun di luar kelas (Munadi, 2010). Media pembelajaran mempunyai kemampuan untuk menghadirkan objek atau peristiwa yang sulit dihadirkan dalam bentuk aslinya dan menjadikan objek atau peristiwa yang menyita waktu panjang menjadi singkat (Daryanto, 2010). Belajar yang sebaik-baiknya adalah dengan mengalami sesuatu melalui panca indera. Dengan kata lain, belajar adalah suatu cara mengamati, membaca, meniru, mencoba sesuatu, mendengar, dan mengikuti arah tertentu (Cronbach *dalam* Riyanto,

2009). Salah satu media yang mampu menunjang kegiatan tersebut adalah modul saku yang dilengkapi audio MP3.

Materi biologi yang ditampilkan dalam bentuk visual dan audio yang menarik akan mempermudah siswa memahami konsep yang disampaikan. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Materi Sistem Imun Sebagai Sumber Belajar Mandiri.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat siswa tertarik pada pelajaran Biologi?
2. Bagaimana menciptakan kondisi belajar yang menyenangkan bagi siswa untuk mempelajari Biologi?
3. Bagaimanakah menjadikan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Sebagai Sumber Belajar Mandiri pada Materi Sistem Imun?
4. Bagaimanakah mengembangkan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Sebagai Sumber Belajar Mandiri pada Materi Sistem Imun?

C. Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah-masalah tersebut, maka permasalahan dibatasi pada pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio

MP3 Sebagai Sumber Belajar Mandiri pada Materi Sistem imun untuk kelas XI IPA SMA.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah sebelumnya, maka masalah dapat dirumuskan sebagai berikut: Bagaimana Mengembangkan Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Sebagai Sumber Belajar Mandiri pada Materi Sistem Imun untuk kelas XI IPA SMA?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Sebagai Sumber Belajar Mandiri pada Materi Sistem Imun untuk kelas XI IPA SMA.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan modul saku dilengkapi audio MP3 yang dapat digunakan dimanapun dan kapanpun sebagai sumber belajar mandiri siswa untuk mempermudah pemahaman khususnya pada materi sistem imun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

A. Tinjauan Pustaka

1. Media Pembelajaran

Kata media merupakan bentuk jamak dari kata medium, yang didefinisikan sebagai perantara atau pengantar terjadinya komunikasi dari pengirim menuju penerima (Heinich, dalam Daryanto, 2010). Dalam bahasa Arab, media disebut “*wasail*” bentuk jamak dari “*wasilah*” yakni sinonim “*al-wasth*” yang artinya juga tengah. Kata tengah itu sendiri berarti yang mengantarai kedua sisi, karena berada di tengah dan ia bisa juga disebut sebagai pengantar atau penghubung, yakni mengantarkan atau menghubungkan sesuatu hal dari satu sisi ke sisi lainnya (Munadi, 2010).

Kata media pendidikan juga sering digunakan dengan istilah lain yaitu alat bantu atau media komunikasi, dimana komunikasi akan berjalan lancar dengan hasil yang maksimal dengan menggunakan alat bantu. Oleh karena proses pembelajaran merupakan proses komunikasi dan berlangsung dalam suatu sistem, maka media pembelajaran menempati posisi cukup penting sebagai salah satu komponen sistem pembelajaran (Hamalik *dalam* Arsyad, 2007).

a. Ciri media

Terdapat tiga ciri media yang merupakan petunjuk mengapa media digunakan, yaitu:

- 1) *Ciri fiksatif*, menggambarkan kemampuan media dalam merekam, menyimpan, melestarikan, dan merekonstruksi suatu peristiwa atau obyek.
- 2) *Ciri manipulatif*, memungkinkan transformasi suatu kejadian atau objek. Kejadian yang memakan waktu berhari-hari dapat disajikan kepada siswa dalam waktu dua atau tiga menit dengan teknik pengambilan gambar *time-lapse recording*.
- 3) *Ciri distributif*, memungkinkan suatu objek atau kejadian ditransportasikan melalui ruang, dan secara bersamaan kejadian tersebut disajikan kepada sejumlah besar siswa dengan stimulus pengalaman yang relatif sama mengenai kejadian itu. (Gerlach dan Ely *dalam* Arsyad, 2007)

b. Kegunaan Media

Secara umum dapat dikatakan bahwa media mempunyai kegunaan (1) memperjelas pesan agar tidak terlalu verbalistis, (2) mengatasi keterbatasan ruang, waktu, tenaga, dan daya indra, (3) menimbulkan gairah belajar, interaksi lebih langsung antara siswa dengan sumber belajar, (4) memungkinkan anak belajar mandiri sesuai dengan bakat dan kemampuan visual, auditori, dan kinestetiknya, (5) memberikan rangsangan yang sama,

mempersamakan pengalaman dan menimbulkan persepsi yang sama, dan (6) proses pembelajaran mengandung lima komponen komunikasi, guru, bahan pembelajaran, media pembelajaran, siswa, dan tujuan pembelajaran, sehingga dapat merangsang perhatian, minat, pikiran, dan perasaan siswa dalam kegiatan belajar untuk mencapai tujuan belajar (Daryanto, 2010).

Selain itu, kontribusi media pembelajaran menurut Kemp dan Dayton antara lain, (1) penyampaian pesan pembelajaran dapat lebih terstandar, (2) pembelajaran dapat lebih menarik, (3) pembelajaran menjadi lebih interaktif dengan menerapkan teori belajar, (4) waktu pelaksanaan pembelajaran dapat diperpendek, (5) kualitas pembelajaran dapat ditingkatkan, (6) proses pembelajaran dapat berlangsung kapanpun dan dimanapun diperlukan, (7) sikap positif siswa terhadap materi pembelajaran serta proses pembelajaran dapat ditingkatkan, dan (8) peran guru berubah kearah yang positif (Daryanto, 2010).

Pemakaian media pembelajaran dalam proses belajar dapat membangkitkan keinginan dan minat yang baru, membangkitkan motivasi dan rangsangan kegiatan belajar, dan bahkan membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap siswa. Penggunaan media pembelajaran pada tahap orientasi pembelajaran akan sangat membantu keefektifan proses pembelajaran dan penyampaian pesan dan isi pelajaran saat itu. Selain membangkitkan motivasi

dan minat siswa, media pembelajaran juga dapat membantu siswa meningkatkan pemahaman, menyajikan data dengan menarik dan terpercaya, memudahkan penafsiran data, dan memadatkan informasi (Hamalik *dalam* Arsyad, 2007).

2. Klasifikasi Media

Beberapa klasifikasi media pembelajaran, yaitu media non proyeksi dua dimensi, media non proyeksi tiga dimensi, media audio, media proyeksi (Ibrahim *dalam* Daryanto, 2010). Menurut Schramm media digolongkan berdasarkan kemampuan daya liputan, yaitu liputan luas dan serentak (televisi, radio, dan faksimile), liputan terbatas pada ruangan (film, video, slide, poster, audio tape), media untuk belajar individual (buku dan modul), dan program belajar dengan komputer atau telepon. (Daryanto, 2010). Menurut Gagne, media diklasifikasikan menjadi tujuh kelompok, antara lain benda untuk didemonstrasikan, komunikasi lisan, media cetak, gambar diam, gambar bergerak, film bersuara, dan mesin belajar (Daryanto, 2010).

a. Media Audio

Audio berasal dari kata *audible*, yang artinya suara yang dapat didengar secara wajar oleh telinga manusia. Kemampuan mendengar manusia berada pada daerah frekuensi 20 sampai dengan 20.000 Hertz. Di luar itu manusia tidak mampu lagi

mendengar (Daryanto, 2010). Pembahasan mengenai proses komunikasi pembelajaran dengan menggunakan media audio tak lepas dari pembahasan aspek pendengaran itu sendiri.

Manusia lebih banyak menghabiskan waktu untuk mendengarkan daripada untuk melakukan metode komunikasi lainnya. Ditemukan bahwa 70% dari waktu bangun manusia dipakai untuk berkomunikasi, yaitu membaca, menulis, berbicara, dan mendengarkan. Bila waktu yang dipergunakan untuk aktivitas tersebut dibagi-bagi, hasilnya menunjukkan bahwa 42% dipakai untuk mendengarkan, 32% untuk bercakap-cakap, 15% untuk membaca, dan 11% untuk menulis. Mendengarkan sesungguhnya suatu proses rumit yang melibatkan empat unsur: 1) mendengar, 2) memperhatikan, 3) memahami, dan 4) mengingat (Munadi, 2010).

1) Karakteristik Media Audio

Karakteristik media pembelajaran audio ini adalah berdasarkan kemampuan media dalam membangkitkan rangsangan indera pendengaran. Ciri utama dari media ini adalah pesan yang disalurkan melalui media audio dituangkan dalam lambang-lambang auditif, baik verbal (bahasa lisan/kata-kata) maupun nonverbal (bunyi-bunyian dan vokalisasi) (Munadi, 2010). Pesan dan isi pelajaran dapat direkam sehingga hasil rekaman itu dapat diputar kembali pada saat yang diinginkan. Pesan dan isi pelajaran itu dimaksudkan untuk merangsang pikiran, perasaan,

perhatian, dan kemauan siswa sebagai upaya mendukung terjadinya proses belajar. Media audio dapat disiapkan untuk sekelompok siswa, dan sekarang sudah lumrah dipersiapkan untuk penggunaan perorangan.

2) Aspek Keterampilan Mendengarkan

Terdapat hubungan antara media audio dengan pengembangan keterampilan yang berkaitan dengan aspek-aspek keterampilan mendengarkan. Keterampilan yang dapat dicapai dengan penggunaan media audio meliputi: (1) Pemusatan perhatian dan mempertahankan perhatian. Misalnya, siswa mengidentifikasi kejadian tertentu dari audio yang didengarnya. (2) Mengikuti pengarahannya (3) Melatih daya analisis. Misalnya, siswa menentukan urutan kejadian atau suatu peristiwa. (4) Menentukan arti dari konteks. Misalnya, siswa mendengarkan pernyataan yang belum lengkap sambil berusaha menyempurnakan dengan memilih kata yang disiapkan. (5) Memilah-milah informasi atau gagasan yang relevan dan informasi yang tidak relevan. (6) Merangkum, mengemukakan kembali, atau mengingat kembali informasi. (Sudjana & Rivai *dalam* Arsyad, 2007)

3) Kelebihan Media Audio

Kelebihan dan keuntungan dari media audio, antara lain (1) mudah dijangkau karena audio player telah menjadi peralatan yang lumrah, (2) mampu mengatasi keterbatasan ruang dan waktu dan

memungkinkan menjangkau sasaran yang luas, (3) mampu mengembangkan daya imajinasi pendengar, (4) mampu memusatkan perhatian pendengar pada penggunaan kata-kata, bunyi, dan arti dari kata/bunyi itu, (5) mampu mempengaruhi suasana dan perilaku pendengar, (6) audio dapat digandakan untuk keperluan perorangan sehingga pesan dan isi pelajaran dapat berada di beberapa tempat pada waktu yang bersamaan, (7) pengoperasian audio player relatif mudah (Arsyad, 2007; Munadi, 2010).

4) Jenis Alat Penyimpanan File Audio

Berbagai jenis alat penyimpanan file audio antara lain piringan hitam, kaset, CD, DVD, Audio digital (MP3, WAV), dan lain-lain. MP3 merupakan salah satu bentuk (format) penyimpanan file audio digital yang paling populer. Disamping ukuran filenya yang lebih kecil, MP3 juga memberikan kualitas suara yang lebih bagus jika dibandingkan dengan CD audio. Alat untuk memutar MP3 adalah MP3 player (Daryanto, 2010).

b. Media Visual

Media visual adalah media yang melibatkan indera penglihatan. Terdapat dua jenis pesan yang dimuat dalam media visual, yakni pesan verbal dan nonverbal. Pesan verbal-visual terdiri atas kata-kata (bahasa verbal) dalam bentuk tulisan; dan

pesan nonverbal-visual adalah pesan yang dituangkan dalam simbol-simbol nonverbal-visual (Munadi, 2010).

1) Modul Saku

Bahasa verbal dalam bentuk tulisan ini banyak ditemukan dalam buku dan modul. Secara umum modul adalah kumpulan kertas tercetak dan terjilid berisi informasi yang dapat dijadikan salah satu sumber dalam proses belajar dan membelajarkan peserta didik secara mandiri. Sedangkan modul saku adalah modul dengan ukuran yang kecil, ringan, dan bisa disimpan di saku. Sehingga praktis untuk dibawa ke mana-mana, dan kapan saja bisa dibaca (Siahaan, 2006). Diantara keduanya dapat dibedakan. Perbedaan antara buku dan modul dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan antara buku teks dengan modul

No.	Buku Teks	Modul
1.	Untuk keperluan umum/ tatap muka	Dirancang untuk sistem pembelajaran mandiri
2.	Bukan merupakan bahan belajar yang terprogram	Program pembelajaran yang utuh dan sistematis
3.	Lebih menekankan sajian materi ajar	Mengandung tujuan, bahan/kegiatan & evaluasi
4.	Cenderung informatif, searah	Disajikan secara komunikatif, dua arah
5.	Menekankan fungsi penyajian materi/ informasi	Dapat mengganti beberapa peran pengajar
6.	Cakupan materi lebih luas/ umum	Cakupan bahasan terfokus dan terukur
7.	Pembaca cenderung pasif	Mementingkan aktifitas belajar pemakai

(Munadi, 2010)

Modul merupakan bahan belajar cetak yang dapat digunakan oleh siswa untuk belajar secara mandiri dengan bantuan seminimal mungkin dari orang lain. Oleh karena itu, cakupan bahasan materi dalam modul lebih fokus dan terukur, serta lebih mementingkan aktivitas belajar pembacanya, semua sajiannya disampaikan melalui bahasa yang komunikatif.

2) Kelebihan Modul

Modul merupakan stimulus yang meminta siswa untuk memberikan respon. Beberapa kelebihannya antara lain:

- a. Siswa dapat belajar dan maju sesuai dengan kecepatan masing-masing.
- b. Di samping dapat mengulangi materi, siswa akan mengikuti urutan pikiran secara logis.
- c. Perpaduan teks dan gambar dalam sudah merupakan hal yang lumrah, dan ini dapat menambah daya tarik, serta dapat memperlancar pemahaman informasi yang disajikan.
- d. Materi dapat diperbanyak dengan ekonomis dan didistribusikan dengan mudah. (Arsyad, 2007)

3. Sumber Belajar Mandiri

Sumber belajar merupakan komponen sistem instruksional yang meliputi pesan, orang, bahan, alat, teknik, dan lingkungan, yang mana hal itu dapat mempengaruhi hasil belajar siswa (Munadi, 2010). Dengan demikian sumber belajar dapat dipahami

sebagai segala macam sumber yang ada di luar diri seseorang (peserta didik) dan memudahkan terjadinya proses belajar.

Belajar mandiri sebagai pembelajaran yang merubah perilaku, dihasilkan dari kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh siswa dalam tempat dan waktu berbeda serta lingkungan belajar yang berbeda. Siswa mungkin dibimbing oleh guru tapi tidak tergantung kepada mereka. Siswa menerima kebebasan dan tanggung jawab dalam merencanakan dan melakukan kegiatan-kegiatan yang mendorong kearah terjadinya belajar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa belajar mandiri lebih berorientasi kepada siswa, dimana siswa mempunyai kebebasan dan tanggung jawab yang besar atas belajarnya sendiri (Chaeruman, 2007).

Dalam pelaksanaannya, konsep belajar mandiri tersebut harus dikembangkan berdasarkan rambu-rambu atau landasan tertentu, antara lain adanya pilihan materi ajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta dan tersaji dalam aneka bentuk, pengaturan waktu belajar yang luwes sesuai dengan kondisi masing-masing, kemajuan belajar yang dipantau oleh berbagai pihak yang dapat dilakukan kapan saja, lokasi belajar yang dipilih atau ditentukan sendiri oleh peserta didik, dilakukannya diagnosis kemampuan awal dan kebutuhan serta remediasi bila kemampuan itu kurang atau pengecualian bila kemampuannya sudah dikuasai, evaluasi hasil belajar dilakukan dengan berbagai cara dan bentuk seperti tes

penguasaan; pembuatan portofolio; dan sebagainya, pilihan berbagai bentuk kegiatan belajar dan pembelajaran yang sesuai dengan kondisi dan karakteristik peserta didik maupun karakteristik pelajaran.

Wedemeyer (1968), menyebutkan beberapa karakteristik sistem belajar mandiri. Karakteristik tersebut meliputi: 1) sistem harus dapat dilakukan di semua tempat dimana terdapat siswa, walaupun hanya satu orang siswa, baik dengan atau tanpa kehadiran guru pada saat dan tempat yang sama, 2) sistem harus memberikan tanggung jawab untuk belajar yang lebih besar kepada siswa, 3) sistem harus menawarkan kepada siswa pilihan yang lebih luas (lebih banyak peluang) baik dari segi materi, bentuk, maupun metodologi, 4) sistem harus memanfaatkan, segala bentuk media dan metode pembelajaran, 5) sistem mengkombinasikan media dan metode sehingga setiap topik diajarkan dengan baik, 6) sistem harus memelihara dan meningkatkan peluang untuk dapat beradaptasi dengan perbedaan-perbedaan individu, 7) sistem harus mengevaluasi keberhasilan belajar secara sederhana, dengan tidak harus menjadikan hambatan berkaitan dengan tempat dimana siswa belajar, kecepatan belajar mereka, metode yang mereka gunakan atau urutan belajar yang mereka lakukan, dan 8) sistem harus memungkinkan siswa untuk memulai, berhenti dan belajar sesuai dengan kecepatannya (Chaeruman, 2007).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sumber belajar mandiri adalah segala macam sumber belajar yang digunakan oleh siswa dalam tempat dan waktu berbeda serta lingkungan belajar yang berbeda, dimana siswa mempunyai hak dan kewajiban atas belajarnya sendiri.

4. Penelitian Pengembangan

Metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tertentu (Sugiyono, 2010). Penelitian dan pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan (Sukmadinata, 2010).

Metode *Research & Development* dikatakan dengan istilah 'penelitian' karena proses pengembangan produk tersebut dilalui dengan penelitian sampai menghasilkan informasi yang valid tentang kemampuan produk tersebut apabila digunakan, sedangkan dikatakan 'pengembangan' karena penelitian ini menghasilkan dan atau mengembangkan sebuah produk. Akhirnya, hasil dari *Research and Development* ini adalah dua hal, yaitu hasil penelitian dan produk yang dikembangkan. Produk-produk ini digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam pembelajaran di kelas, laboratorium, atau di luar kelas (Susilo, 2009).

a. Hal yang Dilakukan Dalam Penelitian Pengembangan

Beberapa hal penting yang harus dilaksanakan dalam penelitian pengembangan, yaitu:

1) Analisis Kebutuhan (*Need Assesment*)

Analisis kebutuhan merupakan langkah awal yang harus dilakukan dalam kegiatan penelitian di bidang pengembangan. Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui kebutuhan apa saja yang diperlukan guna mengatasi masalah yang ditemui dalam kegiatan pendidikan/ pembelajaran. Dengan demikian diharapkan produk yang dihasilkan benar-benar produk yang sesuai dengan kebutuhan (*based on need*).

2) Mengembangkan Produk

Produk yang dimanfaatkan dalam kegiatan pendidikan/ pengembangan harus dikembangkan terlebih dahulu.

3) Uji Coba Produk

Produk pendidikan/ pembelajaran yang telah dihasilkan sebelum dimanfaatkan secara massal perlu dievaluasi terlebih dahulu, yaitu dengan diujicobakan. Uji coba ini dimaksudkan untuk memperoleh masukan-masukan maupun koreksi tentang produk yang telah dihasilkan. Berdasarkan masukan-masukan dan koreksi tersebut, produk direvisi/ diperbaiki. (Susilo, 2009)

b. Subjek Uji Coba Produk

Ada tiga kelompok penting yang perlu dijadikan subjek uji coba produk penelitian pengembangan, yaitu:

1) Uji coba kepada para pakar (*Expert judgement*)

Para pakar diminta untuk mencermati produk yang telah dihasilkan, kemudian mereka diminta untuk memberikan masukan-masukan tentang produk tersebut. Berdasarkan masukan-masukan tersebut, maka produk direvisi.

2) Uji coba kepada kelompok kecil (*Small group try-out*)

Uji coba kelompok kecil dilakukan dengan cara mengumpulkan 10 – 15 subjek (yang dianggap memiliki karakter yang sama dengan subjek calon pengguna produk), kemudian mereka diminta untuk memberikan komentar/ masukan tentang produk yang baru diujicobakan. Berdasarkan masukan-masukan dari *small group* ini produk kemudian direvisi.

3) Uji coba lapangan (*Field try-out*)

Uji coba pada tahap ini diberikan kepada jumlah individu yang banyak dengan subjek yang lebih heterogen (Susilo, 2009)

5. Analisis Materi Sistem Imun

a. Standar kompetensi

Menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

b. Kompetensi Dasar

Menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit.

c. Indikator

- 1) Menjelaskan fungsi sistem imun tubuh.
- 2) Mengidentifikasi sistem pertahanan tubuh secara alami.
- 3) Membedakan respon imun non spesifik dan spesifik pada sistem imun.
- 4) Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas.
- 5) Menjelaskan kelainan-kelainan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia.

d. Materi Pembelajaran

Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP), Sistem Imun Tubuh merupakan materi Biologi kelas XI pada semester II yang termasuk dalam standar kompetensi 3 yaitu menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas. Kompetensi dasar materi ini adalah menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit. Dan memiliki indikator pembelajaran yaitu menjelaskan fungsi sistem imun tubuh, mengidentifikasi sistem pertahanan tubuh secara alami, membedakan respon imun non spesifik dan

spesifik pada sistem imun, dan mendeskripsikan berbagai upaya untuk pencegahan penyakit.

Sistem Imun Tubuh merupakan suatu sistem tubuh yang berperan dalam menahan atau mengeleminasi benda asing atau sel abnormal yang potensial berbahaya. Berikut ini merupakan aktivitas-aktivitas dari sistem Imun, yaitu:

- 1) Pertahanan terhadap patogen penginvansi (mikroorganisme penghasil penyakit, misalnya virus dan bakteri).
- 2) Pengeluaran sel-sel yang tua dan jaringan yang rusak.
- 3) Identifikasi dan destruksi sel abnormal atau mutan yang berasal dari tubuh sendiri.
- 4) Merespon segala bentuk gangguan atau kesalahan dalam menghasilkan antibodi terhadap tubuh sendiri.
- 5) Penolakan sel-sel jaringan asing, yang menjadi kendala utama dalam transplantasi organ. (Sherwood, 1996)

Bakteri dan virus patogenik adalah sasaran utama sistem pertahanan tubuh

Musuh asing utama yang dilawan oleh sistem imun adalah bakteri dan virus. Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal, tidak berinti dan memiliki perangkat esensial untuk hidup dan berproduksi. Bakteri patogen yang menginvasi tubuh mencetuskan kerusakan jaringan dan menimbulkan penyakit terutama dengan mengeluarkan enzim atau toksin yang secara fisik mencederai atau

mengganggu fungsi sel dan organ yang terkena. Daya suatu patogen menimbulkan penyakit dikenal sebagai virulensi.

Virus berbeda dengan bakteri. Virus hanya terdiri dari asam nukleat (DNA atau RNA) yang terbungkus dalam suatu selubung protein. Karena tidak memiliki perangkat untuk menghasilkan energi dan membentuk protein, virus tidak mampu menjalankan metabolisme atau reproduksi, kecuali jika mereka menginvasi sel individu dan mengambil alih fasilitas biokimiawi sel tersebut untuk kepentingan mereka sendiri.

Leukosit adalah sel-sel efektor pada sistem pertahanan tubuh

Sel-sel yang bertanggung jawab atas berbagai strategi pertahanan imun adalah leukosit (sel darah putih) dan turunannya, antara lain:

1) Neutrofil

Sel fagositik yang dapat memakan dan menghancurkan bahan-bahan yang tidak perlu

2) Eosinofil

Mengeluarkan zat-zat kimiawi yang menghancurkan cacing parasit dan berperan dalam manifestasi alergi

3) Limfosit

a) Limfosit B

Berubah menjadi sel plasma yang mengeluarkan antibodi yang secara tidak langsung menyebabkan destruksi zat asing.

b) Limfosit T

Berperan dalam imunitas selular dengan destruksi langsung melalui cara nonfagosit

4) Monosit

Berubah menjadi makrofag

Hampir semua leukosit berasal dari prekursor sel bakal yang umum di sumsum tulang dan kemudian dikeluarkan ke dalam darah. Satu-satunya pengecualian adalah limfosit, yang sebagian berasal dari koloni-koloni limfosit di berbagai jaringan limfoid yang semula ditempati oleh sel-sel yang berasal dari sumsum tulang. Jaringan limfoid mengacu secara kolektif pada jaringan yang menyimpan, menghasilkan, atau mengolah limfosit. Jaringan ini mencakup kelenjar limfe, limpa, timus, tonsil, adenoid, apendiks, agregat jaringan limfoid di lapisan dalam saluran pencernaan yang disebut bercak peyer atau *gut associated lymphoid tissue* (GALT).

Respon imun bersifat nonspesifik atau spesifik

Respon imun diklasifikasikan sebagai respon imun nonspesifik atau spesifik, bergantung pada derajat selektivitas mekanisme pertahanan. Respon imun nonspesifik adalah respon pertahanan inheren yang secara nonselektif mempertahankan tubuh dari invasi benda asing atau abnormal dari jenis apapun, walaupun baru pertama kali terserang. Respon imun spesifik di pihak lain secara selektif menyerang benda asing tertentu yang

telah mereka temui sebelumnya. Respon-respon spesifik ini diperantarai oleh limfosit yang setelah mendapat pajanan berikutnya ke antigen yang sama, mengenali dan secara diskriminatif melawan agen tersebut.

1) Respon imun nonspesifik

Pertahanan-pertahanan nonspesifik yang beraksi tanpa memandang apakah agen pencetus pernah atau belum pernah dijumpai.

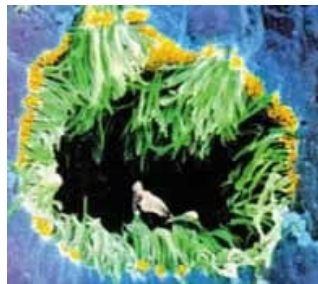
Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama meliputi :

- Kulit
- Membran mukosa
- Sekresi alami
- Bakteri alami.

Kulit merupakan pertahanan tubuh yang paling awal terhadap agen infeksi, karena kulit langsung terpapar terhadap lingkungan. Secara normal kulit tidak dapat ditembus oleh bakteri atau virus, meskipun goresan yang sangat kecil sekalipun memungkinkan masuknya mikroorganisme tersebut. Dengan demikian membran mukosa yang meliputi saluran pernapasan, saluran respirasi, dan saluran genitouriner (kelamin dan ekskresi urin), menghalangi masuknya mikroba yang secara potensial membahayakan. Saluran pernapasan yang menyekresi lendir akan memerangkap bakteri. Sebagian lendir yang mengandung bakteri

masuk ke dalam saluran pernapasan, tetapi secara refleks kita akan mengeluarkannya melalui bersin atau batuk.

Selain peranannya sebagai rintangan fisik, kulit dan membran mukosa juga menghadapi patogen dengan pertahanan kimiawi. Pada manusia, sekresi dari kelenjar minyak dan kelenjar keringat akan memberikan pH kulit yang berkisar antara 3 – 5, yang cukup asam untuk mencegah kolonisasi oleh banyak mikroba. Kolonisasi mikroba juga dihambat oleh aktivasi pencucian yang dilakukan oleh air liur (saliva), air mata, dan sekresi mukosa yang secara terus-menerus membasahi permukaan epitelium yang terpapar.



Gambar 1. Sel epitelium bersilia

Di trakhea, sel-sel epitelium bersilia mengeluarkan mukus dengan mikroba yang terjat di dalamnya, sehingga mencegah mikroba masuk ke dalam paru-paru. Mikroba yang terdapat dalam makanan atau air atau dalam mukus yang tertelan, harus menghadapi lingkungan lambung yang sangat asam. Asam akan merusak banyak mikroba sebelum mereka dapat masuk ke dalam saluran usus.

Secara normal pada kulit, saluran pencernaan, dan saluran kelamin wanita terpadat beberapa jenis bakteri alami. Bakteri tersebut bersifat nonpatogen.

Keberadaan bakteri alami dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen, karena bakteri patogen yang berusaha memasuki tubuh harus bersaing terlebih dahulu untuk memperebutkan tempat dan nutrisi agar dapat menginfeksi tubuh.

Apabila pertahanan lapis pertama gagal melindungi tubuh, maka pertahanan lapis kedua akan bekerja melawan mikroorganisme yang masuk. Pertahanan lapis kedua meliputi fagosit dan sel pembunuh alami, protein komplemen, interferon, sitokin, dan inflamasi.

a. Sel fagosit

Pada saat kulit terbuka, misalnya tangan yang tertusuk duri, sel fagosit akan bergerak menuju daerah yang terluka. *Fagosit* adalah sel darah putih yang memiliki kemampuan menelan dan menghancurkan mikroba dan material asing yang masuk ke dalam tubuh. Dalam hal ini fagosit akan menelan bakteri atau mikroba masuk ke dalam vakuolanya, kemudian mengeluarkan enzim tertentu untuk membunuh bakteri tersebut. Fagosit dihasilkan oleh sumsum tulang.

Sel fagosit yang disebut **neutrofil** meliputi sekitar 60-70% dari semua sel darah putih (leukosit). Sel-sel yang dirusak oleh

mikroba yang menyerang, membebaskan sinyal kimiawi yang menarik neutrofil dari darah untuk datang. Neutrofil akan memasuki jaringan yang terinfeksi, lalu menelan dan merusak mikroba yang ada di dalamnya. Akan tetapi, neutrofil cenderung merusak diri sendiri ketika mereka merusak penyerang asing, dan masa hidupnya hanya beberapa hari.

Monosit, meskipun menyusun hanya sekitar 5% dari keseluruhan leukosit, menyediakan pertahanan fagositik yang lebih efektif. Monosit baru bersirkulasi dalam darah hanya selama beberapa jam, kemudian berpindah ke dalam jaringan, dan berkembang menjadi makrofaga (*pemangsa besar*).



Gambar 2. Fagositosis oleh makrofaga

b. *Sel Natural Killer (NK)*

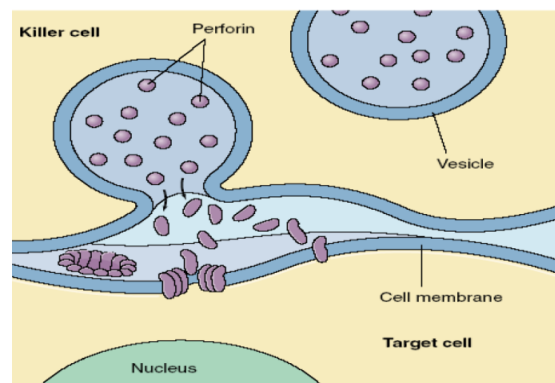
Pertahanan nonspesifik juga meliputi sel pembunuh alami (*Natural Killer*). Sel NK adalah sel jenis khusus mirip limfosit yang bekerja secara spontan dan bersifat nonspesifik. Sel ini tidak menyerang mikroorganisme secara langsung, mereka merusak sel tubuh yang diserang virus dan juga sel-sel abnormal yang berpotensi membentuk kanker. Sel NK tidak bersifat fagositik,

melainkan menyerang membran sel sehingga sel tersebut lisis (pecah).

Perhatikan gambar mekanisme kerja sel NK di bawah ini.

Mekanisme kerja sel NK:

- Sel NK memasukkan perforin ke sel target
- Terjadi lubang pada membran sel target
- Air masuk ke dalam sel target
- Sel target lisis (pecah)



Gambar 3. Mekanisme Kerja Sel NK

c. Protein Komplemen

Bagaimana fagosit dapat mengenali mikroba atau bakteri yang masuk ke dalam tubuh? Hal tersebut dapat terjadi karena adanya protein darah yang disebut protein anti mikroba (*protein komplemen*). Terdapat lebih dari 20 jenis protein komplemen. Protein komplemen dibentuk di hati dan bersirkulasi mengikuti aliran darah dalam bentuk tidak aktif. Ketika terjadi infeksi, antibodi terbentuk dan memicu terbentuknya protein komplemen. Setelah

komponen pertama (C1) diaktifkan, komponen tersebut akan mengaktifkan komponen berikutnya (C2), dan demikian seterusnya dalam suatu jenjang reaksi pengaktifan. Lima komponen terakhir (C5 sampai C9) membentuk kompleks protein besar yang membentuk lingkaran yang disebut *membrane attack complex* (MAC). MAC menyerang membran permukaan mikroorganisme di dekatnya dengan cara membenamkan diri pada membran mikroorganisme, sehingga terbentuk sebuah saluran besar di membran permukaan mikroba.

Protein komplemen membantu pertahanan lapis kedua dengan beberapa cara, antara lain sebagai berikut:

1. Menempel pada mikroba sehingga fagosit lebih mudah mengenalinya.
2. Merangsang fagosit untuk lebih aktif.
3. Memicu fagosit menuju lokasi terjadinya infeksi.
4. Menghancurkan membran mikroba yang menyerang.
5. Berperan dalam kekebalan yang diperoleh.

d. Interferon

Protein lain yang memiliki peranan penting dalam sistem pertahanan adalah *interferon*. Beberapa sel menyekresikan interferon ketika terinfeksi suatu partikel virus. Interferon sebenarnya tidak menguntungkan sel yang terinfeksi itu, namun

protein antivirus tersebut berdifusi masuk ke dalam sel-sel yang berada di sekitarnya dan menginduksi sel-sel tersebut untuk menghasilkan zat kimia lain yang menghambat reproduksi virus. Dengan cara ini interferon akan membatasi penyebaran virus dari sel ke sel dalam tubuh dan membantu mengontrol infeksi virus seperti flu. Selain peranannya sebagai agen antivirus, satu jenis interferon mengaktifkan fagosit, sehingga meningkatkan kemampuannya untuk menelan dan membunuh mikroorganisme.

Partikel virus yang berbeda akan menyerang jaringan yang berbeda pula. Semakin jauh sel target yang dituju partikel virus, semakin besar kemungkinan partikel virus tersebut dihancurkan. Interferon dapat bekerja dengan baik jika partikel virus belum bergerak terlalu jauh menuju sel target. Contohnya, virus influenza yang menyerang sel pada rongga hidung dan tenggorokan. Oleh karena infeksi terjadi sangat cepat, tubuh terkadang tidak memiliki cukup waktu untuk mengembangkan antibodi agar dapat melawan virus yang masuk.

Dalam hal ini, tubuh mengandalkan interferon. Jika seseorang terkena influenza, berarti interferon telah gagal menghambat masuknya virus.

e. Sitokin

Sitokin adalah molekul protein yang dihasilkan oleh sel T dan berfungsi sebagai pembawa pesan antarsel yang membentuk

sistem kekebalan. Sitokin juga bekerja sama dengan sistem saraf dan sistem jaringan lain dalam tubuh. Suatu sel dapat merespon pesan dari sitokin jika memiliki reseptor yang sesuai. Sel tersebut juga harus memiliki pengaturan tertentu agar tetap dapat menjalankan fungsi dengan semestinya.

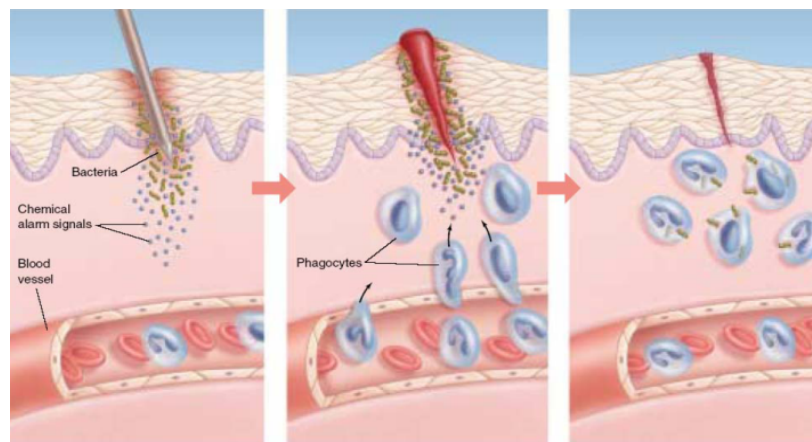
f. Inflamasi

Ketika mikroorganisme masuk melalui luka yang terbuka, maka akan timbul daerah yang kemerahan di sekitar luka yang disebut inflamasi. *Inflamasi* adalah reaksi akibat timbulnya infeksi dan terbukanya arteriol di sekitar daerah yang terluka, sehingga suplai darah ke daerah yang terluka meningkat. Inflasi dikontrol oleh sejumlah enzim dan beberapa komponen lainnya, seperti *serotonin*, *platelet*, dan *basofil*.

Serotonin dapat meningkatkan pelebaran arteriol dan permeabilitas jaringan pembuluh. Darah membawa fagosit ke daerah tersebut. fagosit juga bergerak dari jaringan yang terdekat. Dinding kapiler semakin meningkat permeabilitasnya sehingga fagosit dapat keluar dari pembuluh kapiler ke daerah yang terluka. Fagosit yang tiba lebih dulu akan melepas senyawa kimia *histamine* untuk memicu lebih banyak fagosit bergerak ke daerah yang terinfeksi.

Ketika mikroorganisme berhasil dibunuh dan ditelan oleh fagosit, materi yang berasal dari pembuluh kapiler akan

membentuk penebalan atau pembengkakan di sekeliling daerah yang terinfeksi agar infeksi tidak menyebar. Daerah yang mengalami inflamasi kemungkinan juga mengandung abses (nanah). Nanah berasal dari sel darah putih yang telah mati karena telah menelan bakteri. Selanjutnya, terjadi proses perbaikan jaringan dan tanda-tanda inflamasi menghilang.



Gambar 4. Proses inflamasi

Respon imun spesifik

Jika pertahanan lapis pertama dan kedua tidak dapat membendung serangan mikroorganisme patogen, maka kehadiran patogen tersebut akan memicu pertahanan lapis ketiga untuk aktif. Pertahanan itu melibatkan respon spesifik oleh sistem imun terhadap infeksi khusus sehingga memperoleh kekebalan (imunitas).

Respon imun spesifik adalah serangan selektif yang ditujukan untuk membatasi atau menetralkan sasaran tertentu

yang oleh tubuh telah dipersiapkan untuk dihadapi karena tubuh sebelumnya sudah pernah terpajan ke sasaran tersebut.

Respon imun spesifik mencakup imunitas yang diperantarai oleh antibodi (imunitas humoral) yang dilaksanakan oleh turunan limfosit B yang dikenal sebagai sel plasma dan imunitas yang diperantarai oleh sel atau imunitas seluler yang dilaksanakan oleh limfosit T aktif yang secara langsung menyerang sel-sel yang tidak diinginkan.

a) Limfosit B: Imunitas yang diperantarai antibodi

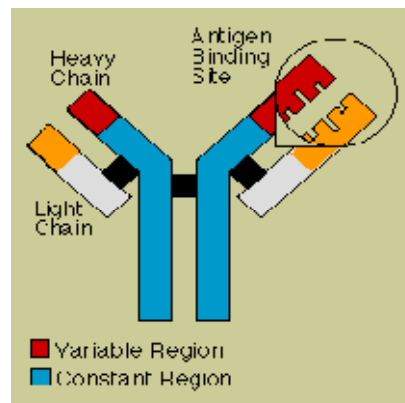
Setiap sel B dan sel T memiliki reseptor di permukaannya untuk mengikat salah satu jenis antigen. Pada kasus sel B, pengikatan dengan suatu antigen akan menyebabkan sel berdiferensiasi menjadi sel plasma, yang menghasilkan antibodi yang mampu berikatan dengan jenis antigen yang merangsang pembentukan antibodi itu. Selama berdiferensiasi menjadi sel plasma, limfosit B membengkak karena retikulum endoplasma kasar (tempat sintesis protein yang akan dikeluarkan) sangat berkembang. Karena antibodi adalah protein, sel-sel plasma pada dasarnya menjadi pabrik protein yang produktif, menghasilkan sampai dua ribu molekul antibodi per detik.

Antibodi dikeluarkan ke dalam darah atau limfe, bergantung pada lokasi sel plasma yang aktif, tetapi semua antibodi akhirnya memperoleh akses ke darah. Tempat mereka dikenal sebagai globulin gamma atau immunoglobulin.

Antibodi berdasarkan aktifitas biologis, dibagi menjadi:

- Immunoglobulin IgM berfungsi sebagai reseptor permukaan sel B untuk tempat antigen melekat dan disekresikan dalam tahap-tahap awal respon sel plasma.
- IgG, immunoglobulin yang paling banyak di dalam darah, dihasilkan dalam jumlah besar ketika tubuh terpajan ulang pada antigen yang sama.
- IgE adalah mediator antibodi untuk respon alergi, misalnya asma dan biduran.
- Immunoglobulin IgA ditemukan dalam sekresi sistem pencernaan, pernapasan, dan genitourinaria, serta di dalam air susu dan air mata.
- IgD terdapat dipermukaan sel B, tetapi fungsinya masih belum jelas.

Protein antibodi tersebut terdiri dari empat rantai polipeptida yang berat dan dua rantai polipeptida yang saling berhubungan yang tersusun seperti huruf "Y". Karakteristik daerah Y menentukan dengan antigen mana antibodi dapat diikat. Sebuah antibodi memiliki dua tempat pengikatan antigen yang identik, satu di ujung setiap lengan. Fragmen pengikat antibodi ini khas untuk setiap antibodi, sehingga setiap antibodi hanya dapat berinteraksi dengan satu jenis antigen yang secara spesifik cocok dengannya.



Gambar 5. Struktur antibodi

Fungsi antibodi yang paling penting sejauh ini adalah meningkatkan respon imun nonspesifik yang sudah dimulai oleh masuknya zat asing. Antibodi member tanda atau mengidentifikasi benda asing sebagai suatu sasaran yang harus dihancurkan oleh sistem komplemen, fagosit, atau sel-sel pembunuh sementara meningkatkan aktivitas berbagai sistem pertahanan tersebut sebagai berikut:

- Pengaktifan sistem komplemen
- Peningkatan fagositosis
- Stimulasi sel pembunuh

b) Limfosit T: Imunitas yang diperantarai sel

Tidak seperti sel B yang dapat mengeluarkan antibodi yang letaknya jauh, sel T tidak mengeluarkan antibodi. Sel-sel ini harus berkontak langsung dengan sasaran, suatu proses yang dikenal sebagai imunitas yang diperantarai oleh sel. Seperti sel B, sel T juga bersifat klonal dan sangat spesifik antigen.

Terdapat 3 subpopulasi sel T, bergantung pada peran mereka setelah diaktifkan oleh gen, antara lain:

- Sel T sitotoksik, yang menghancurkan sel penjamu yang memiliki antigen asing, misalnya sel tubuh yang dimasuki oleh virus, sel kanker, dan sel cangkokan.
- Sel T penolong, yang meningkatkan perkembangan sel B aktif menjadi sel plasma, memperkuat aktivitas sel T sitotoksik dan sel T penekan yang sesuai, dan mengaktifkan makrofag.
- Sel T penekan, yang menekan produksi antibodi sel B dan aktivitas sel T sitotoksik dan penolong.

(Sherwood, 1996).

Cara Memperoleh Imunitas Tubuh

1. Imunitas Aktif

Seseorang memproduksi antibodi jika mengalami kontak dengan agen infeksi penyebab penyakit. Keberadaan antibodi spesifik dalam tubuh membuat orang tersebut dapat melawan agen infeksi dan kebal terhadap penyakit tertentu. Imunitas yang dimiliki seseorang disebut *imunitas spesifik*. Oleh karena antibodi diperoleh setelah mengalami kontak dengan agen infeksi maka disebut juga *imunitas yang diperoleh (acquired immunity)*.

Istilah *imunitas aktif* digunakan jika antibodi diproduksi di dalam tubuh. Imunitas aktif melibatkan proses produksi antibodi

dalam tubuh seseorang untuk merespon antigen tertentu. Selain itu, Sel B memori dan sel T akan diproduksi dan bereaksi lebih cepat jika terjadi serangan kedua oleh antigen yang sama. Imunitas aktif dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu:

a. Imunitas Aktif Alami

Ketika seseorang pertama kalinya mengalami kontak dengan mikroba patogen, maka tidak ada antibodi untuk melawan mikroba tersebut. Dalam hal ini, dibutuhkan waktu beberapa hari hingga sel plasma dan antibodi membentuk respon primer. Pada masa pembentukan antibodi, orang tersebut mungkin menunjukkan gejala-gejala sakit. Antibodi yang terbentuk memiliki sisi yang identik untuk berkaitan dengan materi asing. Seiring dengan meningkatnya jumlah antibodi, mikroba penyebab infeksi perlahan-lahan dihancurkan dan penderita tersebut akan mulai pulih kembali. Disebut aktif, karena sistem imun pada tubuh orang yang terkena infeksi membentuk antibodi dan tetap berlangsung demikian setelah pulih dari infeksi. Pada beberapa kasus, tingkat infeksi dapat memicu cukup antibodi meskipun tidak tampak tanda-tanda dari luar bahwa orang tersebut sedang mengalami infeksi. Hal yang demikian disebut *infeksi subklinik*.

b. Imunitas Aktif Diinduksi

Kekebalan aktif dapat juga diperoleh secara artifisial (buatan), yaitu dengan imunisasi, yang dikenal juga dengan vaksinasi. Vaksin

meliputi toksin bakteri yang telah diinaktivasi, mikroba yang telah dibunuh, bagian dari mikroba, dan mikroba yang masih hidup namun telah dilemahkan. Agen-agen tersebut tidak mampu lagi menyebabkan penyakit, tetapi mereka tetap mampu mempertahankan peran sebagai antigen, yang dapat merangsang suatu respon kekebalan, dan yang lebih penting lagi memori imunologis.

Ketika vaksin diinjeksikan ke dalam tubuh, sistem imun akan menunjukkan *respon antibodi primer*. Vaksinasi yang kedua akan menunjukkan *respon antibodi sekunder*. Antibodi tersebut spesifik terhadap jenis mikroba yang diberi perlakuan sehingga jika seseorang terpapar mikroba yang sesungguhnya pada waktu yang akan datang, sel memori dan antibodi siap mengantisipasi dan orang tersebut dapat dikatakan kebal terhadap infeksi. Imunitas yang demikian disebut imunitas aktif yang diperoleh dengan cara induksi.

2. Imunitas pasif

Imunitas spesifik juga dapat diperoleh dari luar tubuh dengan cara memasukkan antibodi ke dalam tubuh melalui suatu proses tertentu. Imunitas yang demikian disebut *imunitas pasif*.

Antibodi yang diproduksi oleh seseorang dan diberikan oleh orang lain dapat menumbuhkan imunitas pada orang tersebut.

Seseorang yang menerima antibodi disebut memiliki imunitas pasif. Hal tersebut dikarenakan antibodi tidak diproduksi dalam dirinya sendiri. Keuntungan dari imunitas pasif adalah dapat memberikan perlindungan dengan segera. Akan tetapi, antibodi yang diperoleh tidak bertahan lama dan menurun dengan cepat dalam periode waktu yang cukup singkat. Imunitas pasif dapat diperoleh melalui dua cara, yaitu:

a. Imunitas Pasif Alami

Janin yang sedang tumbuh menerima antibodi dari ibunya melalui plasenta. Antibodi-antibodi tersebut memberikan perlindungan kepada janin dan bayi karena sistem imunitas bayi belum bisa berfungsi sampai bayi dilahirkan. Hal ini terjadi secara alamiah ketika antibodi IgG wanita hamil menembus plasenta menuju ke janin. Selain itu, antibodi IgA dilewatkan dari ibu ke anak yang sedang menyusui melalui air susu ibu (ASI).

ASI yang kaya akan antibodi yaitu yang pertama kali keluar (berwarna kuning), yang disebut juga *kolostrum*. Oleh karena itu, pemberian ASI secara eksklusif oleh ibu sangat dianjurkan karena dapat memberikan perlindungan kepada bayi.

b. Imunitas pasif Induksi

Imunitas pasif juga dapat diperoleh secara artifisial (buatan) dengan cara menyuntikkan antibodi dari individu yang telah kebal terhadap suatu penyakit ke individu yang lain, sehingga

memberikan perlindungan jangka pendek terhadap penyakit tersebut. Sebagai contoh, seseorang yang digigit seekor hewan yang terserang rabies, dapat disuntik dengan antibodi dari orang lain yang telah divaksinasi terhadap rabies. Tindakan ini penting karena rabies bisa berkembang secara cepat, dan respon terhadap imunisasi aktif membutuhkan waktu terlalu lama sehingga mungkin tidak dapat menyelamatkan nyawa korban.

B. Kerangka Berpikir

Kurikulum 2004 yang lebih dikenal dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi (KBK) menekankan pada pengembangan kemampuan melakukan (kompetensi), sehingga hasilnya dapat dirasakan oleh peserta didik berupa penguasaan terhadap seperangkat kompetensi tertentu. Kurikulum yang berbasis kompetensi memiliki karakteristik penyampaian dalam pembelajaran menggunakan pendekatan dan metode yang bervariasi, sumber belajar bukan hanya guru dan menekankan pada keaktifan siswa yang menggunakan berbagai sumber belajar.

Kurikulum berbasis kompetensi menekankan pada variasi baik dalam metode pembelajaran, strategi belajar, pendekatan belajar, sumber belajar, maupun alat dan media pembelajaran. KBK memberikan kesempatan kepada siswa agar dapat lebih aktif dalam proses pembelajaran, sehingga proses belajar mengajar mengacu

pada *student centered*. Siswa yang dituntut agar lebih aktif ini membutuhkan media yang dapat dijadikan sebagai sumber belajar. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis kebutuhan yang dilakukan pada 24 Maret 2011 kepada 41 siswa kelas XII IPA-1 dan kelas XII IPA-2 SMA Negeri 107 Jakarta. Hasil analisis tersebut menunjukkan sebagian besar siswa menyenangi mata pelajaran Biologi baik dalam kelas maupun belajar mandiri di luar jam pelajaran Biologi. Sebagai pendukung kegiatan belajar mandiri siswa, dibutuhkan media khusus sebagai sumber belajar mandiri, karena kegiatan belajar akan lebih baik ketika terdapat media pembelajaran yang dapat mendukung proses belajar.

Salah satu media yang mampu menunjang kegiatan tersebut adalah modul saku yang dilengkapi audio MP3. Materi biologi yang ditampilkan dalam bentuk visual dan audio yang menarik akan mempermudah siswa memahami konsep yang disampaikan, khususnya sistem imun.

Setelah dianggap perlu mengembangkan modul saku yang dilengkapi audio MP3 sebagai sumber belajar mandiri pada materi sistem imun, kemudian dilanjutkan ke tahap pengembangan produk. Tahap ini meliputi tahap perancangan dan pembuatan media modul saku dan audio MP3 yang diawali dengan analisis materi pelajaran materi sistem imun. Setelah membuat analisis materi pelajaran, langkah selanjutnya adalah merancang tampilan dari media modul

saku dan narasi audio yang dibuat dalam bentuk *storyboard*. Perancangan tampilan dan narasi dibuat agar sistematis penyusunan media menjadi lebih terarah.

Selanjutnya proses pembuatan media modul saku dan audio MP3. Media yang telah dihasilkan diperbaiki setelah berkonsultasi dengan para ahli, yaitu ahli materi dan ahli media. Setelah media diperbaiki sesuai masukan para ahli, selanjutnya dilakukan uji coba siswa kelompok kecil. Saran dari siswa kelompok kecil kemudian digunakan untuk perbaikan media modul saku yang dilengkapi audio MP3. Produk yang telah diperbaiki kemudian diuji coba kepada siswa dengan jumlah yang lebih besar (uji coba siswa kelompok besar), dan diberikan juga kepada guru sebagai pengguna untuk mendapat penilaian. Hasil penilaian dari para ahli, siswa, dan guru menentukan apakah media modul saku tersebut layak atau tidak menjadi media yang dipakai dalam proses belajar bagi siswa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional Penelitian

Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan media visual dan audio pada materi Sistem imun sebagai sumber belajar mandiri. Media yang dikembangkan dibuat dalam bentuk modul saku yang dilengkapi audio MP3.

B. Subjek Penelitian

Siswa kelas XI IPA dan guru Biologi kelas XI SMA Negeri 107 Jakarta.

C. Tempat dan Waktu Penelitian

Tahap analisis kebutuhan dilakukan di SMA Negeri 107 Jakarta pada bulan Maret 2011. Tahap pengembangan dilaksanakan secara mandiri pada bulan April – Mei 2011, sedangkan tahap uji coba produk dilaksanakan di SMA Negeri 76 Jakarta, Universitas Negeri Jakarta, dan 107 Jakarta, pada bulan Mei – Juni 2011.

Tabel 2. Kegiatan Penelitian Pengembangan

Waktu pelaksanaan	Kegiatan	Keterangan
Maret	Pemberian angket analisis kebutuhan kepada siswa dan wawancara kepada guru Biologi kelas XI.	Dilakukan di SMA Negeri 107 Jakarta
April – Mei	Pengembangan Media	Dilakukan secara mandiri
Mei – Juni	Uji coba media dan uji coba lapangan	Ahli media, ahli materi, sekelompok kecil siswa (15 orang), sekelompok besar siswa (38 orang), dan guru Biologi kelas XI

D. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Metode ini merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan menyebarkan angket analisis kebutuhan kepada siswa, melakukan wawancara kepada guru Biologi kelas XI, angket uji kelayakan kepada ahli materi dan ahli media, angket uji kelayakan kepada siswa, serta angket uji kelayakan kepada guru Biologi kelas XI.

F. Prosedur penelitian

Prosedur penelitian pengembangan meliputi tiga tahap (Dwiyogo dalam Susilo, 2009), antara lain:

1. Tahap analisis kebutuhan (*need assessment*)

Tahap analisis kebutuhan merupakan langkah awal yang harus dilakukan dalam kegiatan penelitian di bidang pengembangan. Pada tahap ini angket analisis kebutuhan disebarakan kepada siswa kelas XII IPA (lampiran 1). Selain menyebarkan angket kepada siswa, dilakukan juga wawancara kepada guru Biologi kelas XI yang hasilnya akan digunakan sebagai data pendukung penelitian (lampiran 3).

2. Tahap pengembangan produk

Tahap pengembangan produk dilakukan dengan perencanaan dan pengembangan. Pengembangan produk dilakukan secara mandiri. Produk awal yang telah dikembangkan kemudian diuji kelayakannya.

3. Tahap uji coba produk.

Tahap uji coba produk terdiri dari:

- a. Uji coba oleh ahli (*expert judgement*). Pada tahap ini terdiri dari uji coba ahli materi dan uji coba ahli media. Uji coba ahli materi dilakukan di Jurusan Biologi Universitas Negeri Jakarta. Selanjutnya, ahli materi mengisi angket uji kelayakan ahli materi (lampiran 5). Uji coba ahli media terdiri dari ahli media modul

saku dan ahli media audio MP3. Setelah diuji, kemudian ahli media modul saku mengisi angket kelayakan modul saku (lampiran 7) dan ahli media audio MP3 mengisi angket kelayakan audio MP3 (lampiran 9).

- b. Uji coba kepada kelompok kecil (*small group try-out*). Uji kelompok kecil dilakukan di SMA Negeri 76 Jakarta kepada 15 siswa kelas XI IPA. Kemudian siswa mengisi angket uji kelayakan siswa yang dapat dilihat pada lampiran 11.
- c. Uji coba lapangan (*field try-out*). Uji kelompok besar dilakukan di SMA Negeri 107 Jakarta kepada siswa kelas XI IPA–1. Kemudian siswa mengisi angket uji kelayakan siswa yang dapat dilihat pada lampiran 11. Selain itu uji ini dilakukan juga kepada guru Biologi kelas XI sebagai pengguna, selanjutnya guru mengisi angket uji kelayakan (lampiran 14).

Tabel 3. Tahapan Penelitian Pengembangan

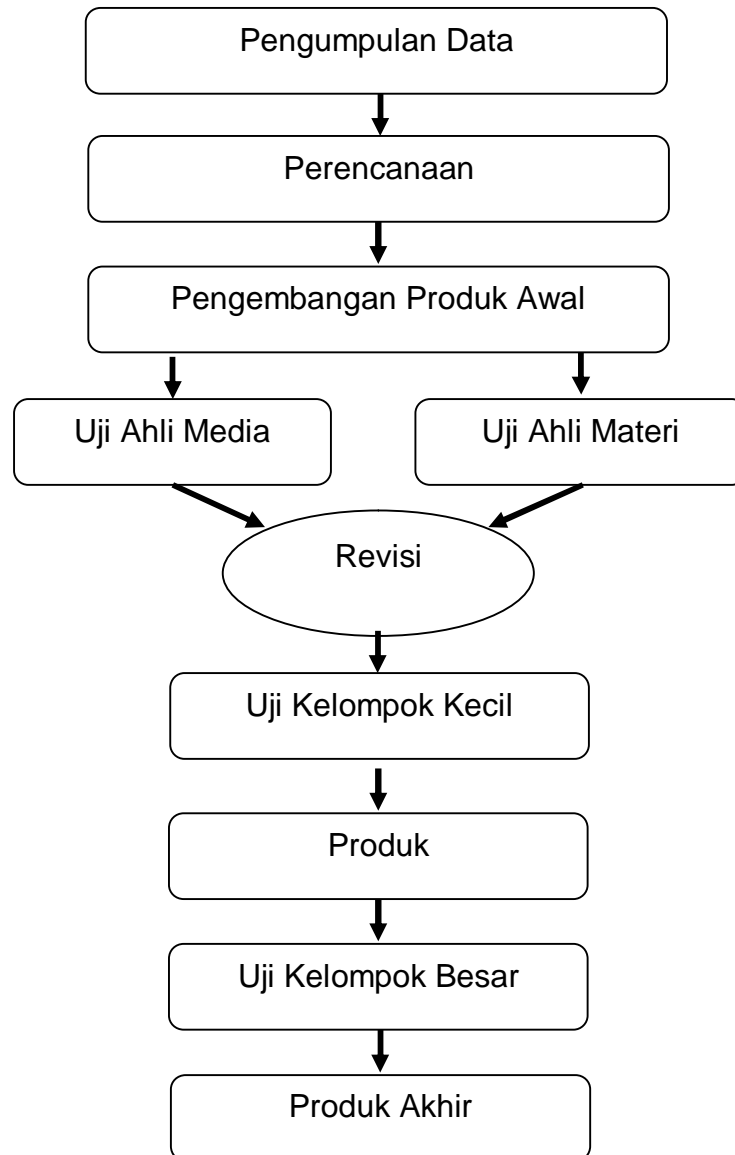
Tahap	Tujuan	Kegiatan	Perangkat
1. Analisis Kebutuhan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi kebutuhan akan media modul saku dilengkapi audio MP3 2. Mengetahui materi pokok yang penting dan menarik menurut responden 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan survai kebutuhan kepada siswa dan guru akan media pembelajaran modul saku dilengkapi audio MP3 2. Melakukan peninjauan pustaka terhadap berbagai literatur 	Siswa dan guru sebagai responden, angket analisis kebutuhan, dan format wawancara untuk survai kebutuhan.

	untuk dikembangkan dalam bentuk media modul saku dilengkapi audio MP3		
2. Pengembangan produk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menghasilkan rancangan skenario (<i>storyboard</i>). 2. Menghasilkan modul saku dilengkapi audio MP3 berdasarkan skenario dan rancangan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat analisis materi pelajaran 2. Membuat <i>storyboard</i> 3. Menyusun modul saku dan audio MP3 4. Bekerjasama dengan editor dalam pembuatan audio MP3. 	<i>Storyboard</i> , editor, dan sound forge.
3. Uji coba			
a. para ahli	Mendapatkan masukan dari ahli media dan ahli materi untuk melakukan perbaikan.	Survai angket kepada para ahli media dan ahli materi, mengolah, dan menganalisis data.	Ahli media dan ahli materi sebagai responden, angket uji kelayakan ahli media dan ahli materi sebagai instrumen uji coba, media modul saku dilengkapi audio MP3 sebagai alat uji coba.
b. kelompok kecil	Mendapatkan masukan sekelompok kecil siswa.	Survai angket kepada sekelompok kecil siswa.	Sekelompok kecil siswa sebagai responden, angket sebagai

c. kelompok besar	Mengetahui sejauh mana penerimaan siswa terhadap media yang dihasilkan.	Survai angket terhadap sekelompok besar siswa dan guru yang telah melakukan pembelajaran dengan menggunakan media pembelajaran modul saku dilengkapi audio MP3, mengolah dan menganalisis data, menulis laporan akhir.	instrumen uji kelayakan, modul saku dilengkapi audio MP3 sebagai alat uji coba. Siswa dan guru sebagai responden, angket sebagai instrumen, media modul saku dilengkapi audio MP3 sebagai alat uji coba.
-------------------	---	--	---

G. Desain Pengembangan

Langkah-langkah proses penelitian pengembangan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 6. Desain penelitian pengembangan modul saku dilengkapi audio MP3 materi sistem imun sebagai sumber belajar mandiri

(Dwiyogo *dalam* Susilo, 2009)

H. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini adalah:

1. Instrumen analisis kebutuhan

Instrumen ini berisi pertanyaan yang bertujuan untuk mengetahui kebutuhan siswa dalam membantu belajar Biologi agar media yang akan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan.

Tabel 4. Kisi-kisi instrumen angket analisis kebutuhan

No.	Jenis Pertanyaan	Butir Angket	Jumlah
1.	Pengetahuan mengenai Biologi		5
	a. Materi Biologi	1, 2, 3	
	b. Media pembelajaran Biologi	4, 5	
2.	Pengetahuan mengenai pembelajaran mandiri		4
	a. Pendapat siswa mengenai pembelajaran mandiri	6, 7	
	b. Media dalam pembelajaran mandiri	8, 9	
3.	Pengetahuan mengenai modul saku dan media audio MP3		4
	a. Pengenalan tentang modul saku	10	
	b. Pengenalan tentang audio MP3	11, 12, 13	
	c. Pengenalan media modul saku dan media audio MP3	14, 15	2
	d. Media penunjang pembelajaran modul saku dan media audio MP3	16	1
	e. Materi yang akan dikembangkan	17	1
Jumlah Butir Angket			17

2. Wawancara Guru

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai pembelajaran Biologi. Hasil wawancara guru digunakan sebagai data pendukung penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 5. Kisi-kisi butir wawancara guru

No.	Jenis pertanyaan	Butir	Jumlah
1.	Pengalaman mengajar	1, 8, 9	3
2.	Pembelajaran Biologi	2,3	3
	a. Alokasi waktu	2,3	
	b. Metode belajar	10	
3.	Alat bantu belajar		4
	a. Sumber Belajar	4, 5	
	b. Media pembelajaran	6	
	c. Sarana pendukung kegiatan belajar	7	
4.	Pengetahuan mengenai modul saku dan audio MP3	11, 12	2
5.	Materi yang perlu dikembangkan	13	1
Jumlah butir wawancara			13

3. Instrumen uji kelayakan para ahli

Instrumen uji kelayakan mengacu pada pendapat ahli materi terhadap isi materi pada media modul saku dilengkapi audio MP3 yang bertujuan mendapatkan masukan untuk perbaikan media selanjutnya. Berikut adalah kisi-kisi instrumen untuk uji kelayakan kepada ahli materi.

Tabel 6. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada ahli materi (Sumber: Anwas, 2006; Astra, 2007; Siahaan, 2006; Waldopo, 2005)

No.	Indikator	Butir Angket	Jumlah
1.	Aspek Kurikulum		2
	Kesesuaian dengan kurikulum	1	
	Kesesuaian dengan indikator	2	
2.	Aspek Materi		5
	Cakupan materi	3	
	Ketepatan/ keakuratan materi	4,5,6	
	Kejelasan uraian	7	
3.	Aspek Pembelajaran		6
	Penyampaian indikator	8	
	Urutan penyajian materi	9	
	Latihan/ tugas	10, 11	
	Merangsang keingintahuan	12	
	Kesesuaian dengan sasaran	13	
Jumlah Butir Angket			13

Instrumen uji ahli media terhadap kualitas media modul saku dilengkapi audio MP3. Hasil analisis akan dijadikan masukan untuk revisi atau perbaikan media.

Tabel 7. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada ahli media modul saku (Sumber: Astra, 2007; Ibrahim, 2005; Siahaan, 2006)

No.	Indikator	Butir Angket	Jumlah
1.	Aspek Penyajian		14
	Teknik penyajian	1, 2	
	Konsistensi	3	
	Pendukung penyajian materi	4, 5, 6	
	Penyajian pembelajaran	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	
2.	Aspek Kegrafikan		4
	Format dan tata letak	15, 16, 17	
	Topografi	18	
3.	Aspek Verbal		5
	Jenis huruf	19	
	Ukuran huruf	20	
	Warna	21, 22	
	Jarak	23	
Jumlah Butir Angket			23

Tabel 8. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada ahli media audio MP3 (Sumber: Anwas, 2006; Waldopo, 2005)

No.	Indikator	Butir Angket	Jumlah
1.	Kualitas Suara		5
	Kejernihan suara	1	
	Penggunaan bahasa	2	
	Ketepatan durasi dalam sajian	3, 4	
	Daya dukung audio	5	
Jumlah Butir Angket			5

4. Instrumen uji kelayakan kepada siswa

Instrumen uji kelayakan ini ditujukan kepada siswa kelas XI SMA yang akan menggunakan media modul saku dilengkapi audio MP3.

Tabel 9. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada siswa (Sumber: Anwas, 2006; Astra, 2007; Waldopo, 2005)

No.	Indikator	Butir Angket	Jumlah
1.	Aspek Materi		6
	Urutan penyajian materi	1	
	Kemudahan dalam mengikuti materi	2	
	Merangsang keingintahuan	3	
	Interaktivitas media dalam pembelajaran	4	
	Kemudahan dalam memahami materi	5	
	Ketersediaan soal latihan	6	
2.	Aspek Media Modul		9
	Daya tarik	7, 8, 9, 10	
	Penggunaan bahasa mudah dipahami	11	
	Kemudahan digunakan	12, 13	
	Keterbacaan	14	
	Kejelasan gambar	15	
3.	Aspek Media Audio		4
	Kejernihan suara	16	
	Penggunaan bahasa	17	
	Ketepatan durasi dalam sajian	18	
	Daya dukung audio	19	
Jumlah Butir Angket			19

5. Instrumen uji kelayakan kepada guru sebagai pengguna

Instrumen uji kelayakan ini ditujukan kepada guru Biologi kelas XI.

Tabel 10. Kisi-kisi instrumen uji kelayakan kepada guru Biologi (Sumber: Anwas, 2006; Astra, 2007; Waldopo, 2006)

No.	Indikator	Butir Angket	Jumlah
1.	Aspek Kurikulum		2
	Kesesuaian dengan kurikulum	1	
	Kesesuaian dengan indikator	2	
2.	Aspek Materi		5
	Cakupan materi	3	
	Ketepatan/ keakuratan materi	4, 5, 6	
	Kejelasan uraian	7	

3.	Aspek Pembelajaran		5
	Latihan/ tugas	8	
	Merangsang keingintahuan	9	
	Kesesuaian dengan sasaran	10	
	Penyampaian indikator	11	
	Urutan penyajian materi	12	
4.	Aspek Media Modul		7
	Daya tarik	13, 14	
	Penggunaan bahasa mudah dipahami	15	
	Kemudahan untuk digunakan	16, 17	
	Kejelasan gambar	18	
	Keterbacaan	19	
5.	Aspek Media Audio		4
	Kejernihan suara	20	
	Penggunaan bahasa	21	
	Ketepatan durasi dalam sajian	22	
	Daya dukung audio	23	
Jumlah Butir Angket			23

I. Teknik Analisis Data

Batas penilaian kualitas media modul saku dilengkapi audio MP3 oleh ahli media, ahli materi, siswa, dan guru didasarkan pada kriteria interpretasi skor untuk skala *Likert* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Skor Penilaian Kualitas Media pembelajaran

Tingkat Penilaian	Skor
SS = Sangat Setuju	5
ST = Setuju	4
RG = Ragu-ragu	3
TS = Tidak Setuju	2
STS = Sangat Tidak Setuju	1

(Sumber: Sugiyono, 2010)

Cara untuk mendapatkan skor kualitas interpretasi media pembelajaran, maka skor yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rumus: } \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Total skor}} \times 100\%$$

Media pembelajaran yang akan dikembangkan, akan diukur kualitasnya dengan menggunakan tabel kriteria kualitas interpretasi skor untuk *rating scale* yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria Kualitas Interpretasi Skor

Rentangan Skor	Kriteria
0 – 20%	Sangat Tidak Baik
21 – 40%	Tidak Baik
41 – 60%	Cukup Baik
61 – 80%	Baik
81 – 100%	Sangat Baik

Sumber: Riduwan, 2010

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian pengembangan modul saku dilengkapi audio MP3 pada materi sistem imun secara garis besar melalui 3 tahap, yaitu tahap analisis kebutuhan (*need assesment*), tahap pengembangan produk (meliputi tahap perancangan dan pengembangan), dan tahap uji coba atau uji kelayakan produk.

1. Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan langkah awal yang dilakukan pada penelitian pengembangan. Analisis kebutuhan dilakukan pada 24 Maret 2011. Analisis kebutuhan dilakukan dengan memberikan angket kepada siswa dan melakukan wawancara dengan guru Biologi.

a. Angket Siswa

Angket diberikan kepada siswa SMA Negeri 107 Jakarta kelas XII IPA dengan jumlah responden 41 siswa. Angket bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan siswa, mengetahui materi pokok paling penting dan menarik untuk dikembangkan dalam bentuk modul saku yang dilengkapi audio MP3, serta untuk mengetahui pendapat siswa tentang usulan pengembangan modul saku yang dilengkapi audio MP3.

Berdasarkan data yang diperoleh (lampiran 2), hasil dari angket analisis kebutuhan dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) Siswa menyatakan Biologi sebagai pelajaran yang sangat menyenangkan sebanyak 7,32%. Sebanyak 53,66% siswa menyatakan bahwa Biologi adalah pelajaran yang menyenangkan. Sedangkan yang menyatakan bahwa Biologi adalah pelajaran yang biasa saja sebanyak 36,56% dan yang menyatakan kurang menyenangkan sebanyak 2,44%.
- 2) Siswa yang menyatakan bahwa Biologi adalah pelajaran kurang menyenangkan karena Biologi terlalu banyak hapalan (33,33%), proses pembelajaran yang monoton dan membosankan (33,33%), dan banyak istilah asing yang sulit diingat (33,33%).
- 3) Menurut siswa yang merasa bahwa Biologi adalah pelajaran kurang menyenangkan, cara yang dapat ditempuh untuk menjadikan Biologi menjadi mata pelajaran yang menyenangkan adalah dengan memperbanyak praktikum (25%), memperbanyak belajar di luar kelas (25%), menggunakan media yang menarik (25%), dan belajar mandiri yang menyenangkan (25%).
- 4) Menurut siswa, media yang biasa digunakan oleh guru dalam pembelajaran Biologi yaitu LCD/ power point (51,22%), video (31,71%), modul (26,83%), carta/bagan/grafik (9,76%), dan media lainnya (12,19%).

- 5) Sebanyak 41,46% siswa menyatakan media tersebut sangat membantu dalam mempelajari Biologi, 31,71% menyatakan media tersebut dapat membantu mempelajari Biologi, 19,51% menyatakan cukup membantu, dan 7,32% menyatakan media tersebut kurang membantu.
- 6) Dari seluruh responden, sebanyak 75,61% siswa mengetahui mengenai pembelajaran mandiri, sedangkan sisanya sebanyak 24,39% tidak mengetahui mengenai pembelajaran mandiri.
- 7) Responden yang mengetahui tentang pembelajaran mandiri menyatakan bahwa pembelajaran mandiri sangat memotivasinya saat belajar di luar kelas sebanyak 7,32%, dapat memberikan motivasi sebanyak 48,78%, dan yang menyatakan cukup memotivasi sebanyak 19,51%.
- 8) Menurut 81,25% responden, membutuhkan media khusus ketika melakukan pembelajaran mandiri, sedangkan sebanyak 18,75% menyatakan tidak membutuhkan media khusus.
- 9) Media yang dibutuhkan dalam pembelajaran mandiri antara lain CD interaktif (16,36%), power point (27,27%), modul saku (30,91%), audio MP3 (23,64%), dan media lainnya (1,82%).
- 10) Sebanyak 4,88% siswa sangat mengetahui mengenai modul saku, mengetahui dan cukup mengetahui modul saku sebanyak 34,15%, kurang mengetahui sebanyak 12,20%, dan yang tidak mengetahui tentang modul saku sebanyak 9,76%.

- 11) Dari seluruh responden, sebanyak 36,59% siswa sangat mengetahui mengenai audio MP3, sebanyak 39,02% siswa mengetahui audio MP3, sebanyak 17,07% siswa cukup mengetahui audio MP3, sebanyak 4,88% kurang mengetahui audio MP3, dan sebanyak 2,44% yang tidak mengetahui audio MP3.
- 12) Sebanyak 58,54% siswa sangat suka mendengarkan audio MP3 melalui handphone/Ipod/sejenisnya, sebanyak 39,02% suka mendengarkan audio MP3, dan 2,44% yang tidak suka mendengarkan audio MP3.
- 13) Berdasarkan sering tidaknya siswa dalam mendengarkan audio MP3, diketahui bahwa 46,35% siswa mendengarkan audio MP3 lebih dari 10 kali dalam seminggu, sebanyak 39,02% siswa mendengarkan audio MP3 3-9 kali dalam seminggu, sebanyak 14,63% kurang dari 3 kali mendengarkan audio MP3 dalam seminggu.
- 14) Sebanyak 60,96% siswa mengetahui tentang media modul saku dilengkapi audio MP3, sebanyak 9,76% sangat mengetahui, sebanyak 17,07% cukup mengetahui, dan sebanyak 4,88% kurang mengetahui, serta sebanyak 2,44% tidak mengetahui mengenai media modul saku dilengkapi audio MP3.
- 15) Sebanyak 14,63% siswa menyatakan bahwa media modul saku yang dilengkapi audio MP3 sangat menarik, sebanyak 65,85%

menyatakan menarik, sebanyak 17,07% menyatakan cukup menarik.

16)Selanjutnya dikembangkan media modul saku yang dilengkapi audio MP3, sebanyak 53,66% siswa sangat mendukung, sebanyak 43,90% mendukung, dan sebanyak 2,44% cukup mendukung.

17)Menurut siswa, materi yang penting untuk dikembangkan dalam media modul saku yang dilengkapi audio MP3 adalah sel (9,76%), jaringan hewan (2,44%), sistem sirkulasi (4,88%), sistem pencernaan (2,44%), sistem pernapasan (2,44%), sistem ekskresi (2,44%), sistem koordinasi (4,88%), sistem reproduksi (34,15%), dan sistem imun (36,59%).

b. Wawancara Guru

Selain menyebarkan angket kepada siswa, dilakukan pula wawancara kepada guru Biologi kelas XI SMA Negeri 107 Jakarta (lampiran 3). Wawancara dilakukan dengan tujuan memperoleh informasi mengenai pembelajaran Biologi. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru, diketahui beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Guru telah memiliki pengalaman mengajar selama 19 tahun, sejak tahun 1992.
- 2) Jam pelajaran Biologi untuk kelas XI dalam seminggu adalah 12 jam pelajaran dengan alokasi waktu untuk satu jam pelajaran yaitu 45 menit.

- 3) Buku Biologi yang digunakan untuk mengajar di kelas XI yaitu buku kelas XI dari berbagai penerbit. Guru tidak menentukan buku penerbit yang wajib digunakan oleh siswa. Selain itu, guru menggunakan *text book* yang dapat mendukung materi Biologi.
- 4) Di dalam kelas, guru menggunakan bantuan power point untuk menjelaskan materi Biologi pada siswa. Selain itu di sekolah terdapat sarana yang mendukung kegiatan belajar mengajar dengan menggunakan power point ini, yaitu LCD.
- 5) Kesulitan yang sering dihadapi oleh guru ketika mengajar Biologi yaitu siswa yang mudah mengalami kejenuhan belajar dan materi Biologi yang telah lalu mudah terlupakan oleh siswa.
- 6) Kebanyakan siswa tidak melampaui SKM pada materi sistem regulasi, sistem reproduksi, dan sistem imun.
- 7) Metode belajar yang biasa diterapkan oleh guru untuk mengajar yaitu ceramah, presentasi, dan diskusi.
- 8) Guru mengetahui bahwa modul saku yang dilengkapi audio MP3 dapat digunakan sebagai salah satu media dalam pembelajaran Biologi.
- 9) Guru sangat mendukung mengenai rencana pembuatan media modul saku yang dilengkapi audio MP3, karena memungkinkan membantu siswa agar tidak jenuh dengan kegiatan belajar yang biasa dilakukan.

10) Menurut guru, semua materi cocok untuk dibuat media modul saku yang dilengkapi audio MP3. Namun, materi sistem imun mungkin lebih dibutuhkan, karena materi tersebut merupakan bab baru. Agar pembelajaran menjadi lebih variatif.

2. Pengembangan Produk

Setelah tahap analisis kebutuhan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengembangan produk modul saku yang dilengkapi audio MP3. Terdapat beberapa tahapan dalam tahap pengembangan produk, yaitu:

a. Perancangan

1) Analisis materi pelajaran

Tujuan dari analisis materi adalah untuk mengetahui sejauh mana materi harus dimuat dalam media modul saku dilengkapi audio MP3 sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Analisis materi pelajaran dilakukan dengan cara mengkaji kurikulum KTSP. Setelah itu, materi sistem imun dan gambar-gambar terkait materi serta animasi pendukung dikumpulkan dan disusun dari berbagai sumber. Materi yang diperoleh merupakan materi dari buku teks Biologi, internet, dan buku Biologi kelas XI berbasis kurikulum KTSP.

2) Perancangan Media

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah membuat rancangan untuk modul saku dan audio MP3. Pada modul saku

kegiatan yang dilakukan antara lain membuat rancangan tampilan yang masih bersifat umum meliputi jenis huruf yang dipakai, ukuran huruf, susunan materi, tampilan cover, kesesuaian warna antara tulisan dan gambar, tata letak gambar, serta konsep penulisan. Sedangkan pada audio MP3, kegiatan yang dilakukan adalah dengan membuat narasi audio. Keseluruhan rancangan ini dapat dilihat pada *storyboard* (lampiran 4).

b. Pengembangan

1) Pembuatan dan Pengeditan Modul Saku

Pembuatan modul saku disesuaikan dengan kurikulum nasional yaitu KTSP untuk menentukan standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang digunakan. Materi yang terdapat dalam modul saku disusun dari berbagai referensi buku teks Biologi. Sedangkan gambar dan ilustrasi yang terdapat dalam modul saku diambil dari internet dan buku teks Biologi.

Waktu yang dibutuhkan untuk membuat modul saku ini adalah sekitar 1 bulan. Modul saku dikembangkan sesuai dengan *storyboard* yang telah dibuat. Sebelum digunakan dalam uji coba kelompok kecil, modul saku dikoreksi terlebih dahulu dengan bantuan para ahli. Setelah koreksi selesai dilakukan, modul saku diperbaiki oleh peneliti sampai didapat media yang diinginkan, kemudian modul saku siap untuk dicetak.

2) Mencetak modul saku

Modul saku yang dihasilkan berbentuk buku kecil. Modul saku dicetak sebanyak 41 eksemplar, dimana modul saku tersebut diberikan kepada kepada ahli materi sebanyak 1 eksemplar, kepada ahli media sebanyak 1 eksemplar, siswa sebanyak 38 eksemplar, dan kepada guru sebanyak 1 eksemplar.

3) Pembuatan Audio MP3

Pembuatan audio MP3 dilakukan dengan merekam suara sesuai dengan narasi yang telah dimuat dalam *storyboard*. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengeditan suara ini adalah *Sound Forge*.

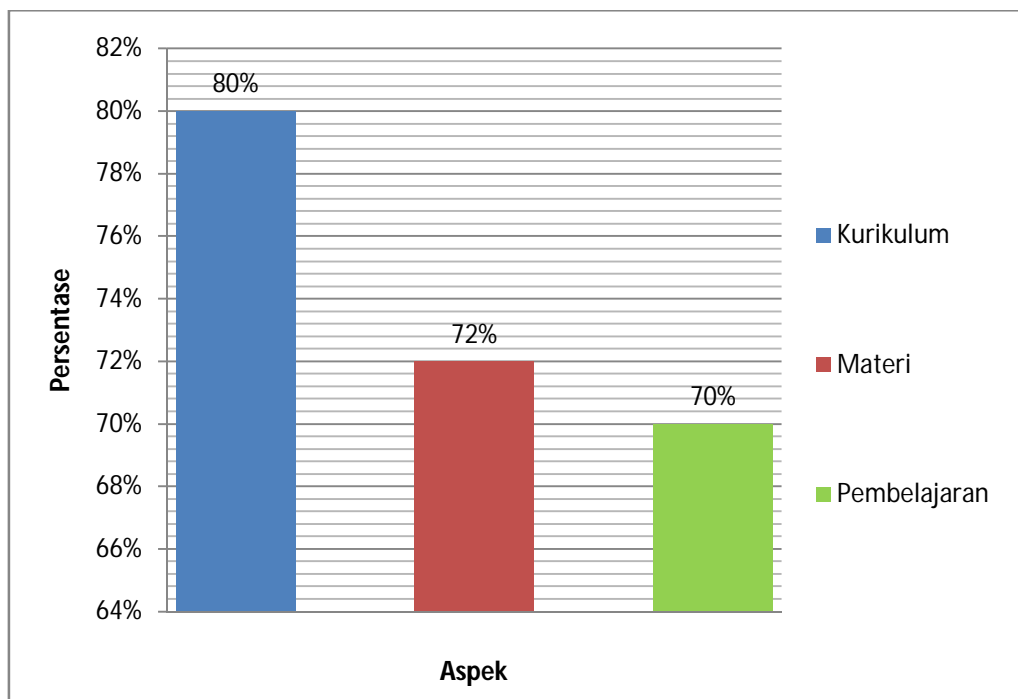
Waktu yang dibutuhkan untuk membuat audio MP3 ini adalah 2 hari. Sebelum digunakan dalam uji coba kelompok kecil, audio MP3 dikoreksi terlebih dahulu dengan bantuan para ahli. Setelah koreksi selesai dilakukan, audio MP3 siap untuk diuji kepada siswa.

3. Uji Coba

Setelah modul saku yang dilengkapi audio MP3 dihasilkan, selanjutnya produk tersebut diuji coba. Uji coba dilakukan untuk mendapatkan masukan dari para ahli, guru, dan siswa. Selain itu, uji coba produk juga dilakukan untuk mengetahui apakah bahan ajar yang telah dihasilkan layak untuk digunakan atau tidak. Uji coba modul saku yang dilengkapi audio MP3 dilakukan kepada 4 kelompok, yaitu ahli materi, ahli media, siswa, dan guru.

a. Ahli Materi

Ahli materi adalah dosen jurusan Biologi Universitas Negeri Jakarta yang memiliki kekhususan dalam ilmu faal atau fisiologi manusia (lampiran 16). Uji coba ahli materi dilakukan untuk mendapatkan masukan dan penilaian dari segi materi. Saran dari ahli materi digunakan untuk merevisi modul saku dan audio MP3. Hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku yang dilengkapi audio MP3 oleh ahli materi (lampiran 6) dapat dilihat dalam histogram berikut ini:



Gambar 7. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh ahli materi

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil dari uji coba pada ahli materi dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) Aspek kurikulum memiliki nilai sebesar 80% dan merupakan nilai tertinggi dibandingkan dua aspek lainnya. Masing-masing indikator pada aspek kurikulum, yaitu kesesuaian dengan kurikulum dan kesesuaian dengan indikator pembelajaran, memiliki nilai sebesar 80%.
- 2) Aspek materi memiliki nilai 72%. Nilai tertinggi pada aspek materi didapat dari indikator cakupan materi, yaitu sebesar 80%. Nilai terendah pada aspek materi didapat dari indikator kejelasan uraian, yaitu sebesar 60%. Sedangkan indikator ketepatan/ keakuratan materi mendapatkan nilai 73,33%.
- 3) Aspek pembelajaran memiliki nilai sebesar 70% dan merupakan nilai terendah dibandingkan dengan dua aspek lainnya. Nilai tertinggi pada aspek pembelajaran didapat dari indikator merangsang keingintahuan, penyampaian indikator, dan kesesuaian dengan sasaran, yaitu sebesar 80%. Nilai terendah yaitu pada indikator urutan penyajian materi dan latihan, yaitu sebesar 60%.

Menurut ahli materi, agar media lebih menarik maka bahasa yang digunakan harus singkat dan mudah dimengerti oleh siswa.

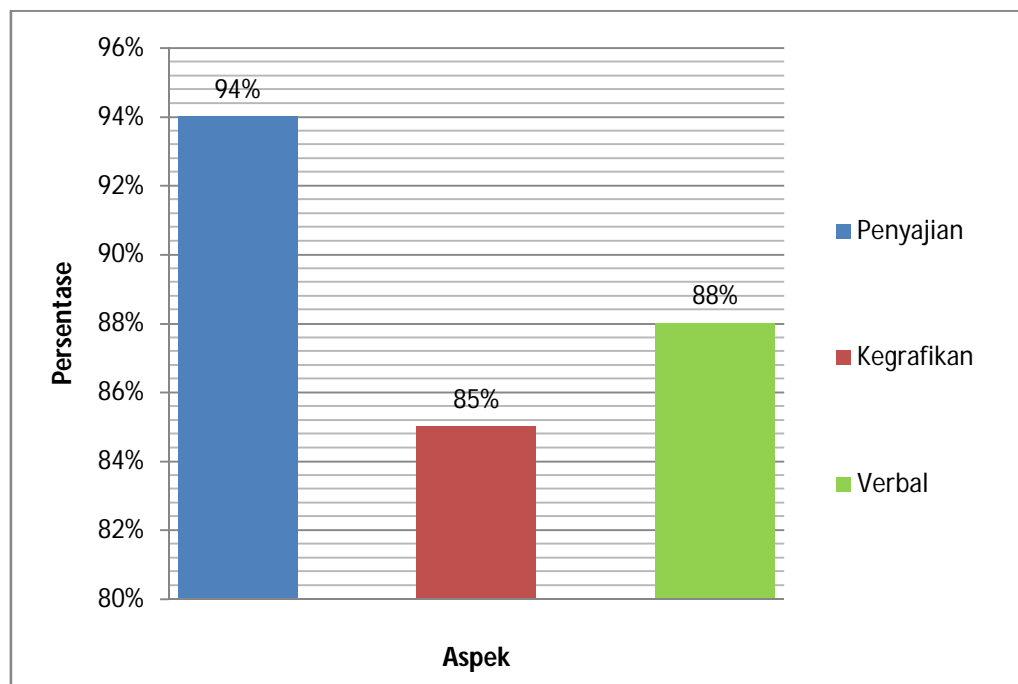
b. Ahli Media

Ahli media adalah seorang dosen jurusan Teknologi Pendidikan Universitas Negeri Jakarta yang ahli di bidang media pembelajaran,

pendidikan jarak jauh/ terbuka, serta pembelajaran dan kurikulum (lampiran 16). Uji coba ahli media dilakukan untuk mendapatkan masukan dan penilaian dari segi tampilan media. Saran dari ahli media digunakan untuk merevisi modul saku dan audio MP3.

1) Hasil instrumen ahli modul saku

Hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku yang dilengkapi oleh ahli media (lampiran 8) dapat dilihat dalam histogram berikut ini:



Gambar 8. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku oleh ahli media

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil dari uji coba pada ahli media modul saku dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- a) Aspek penyajian, secara keseluruhan mendapatkan nilai 94% dan merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan dua aspek lainnya.

Nilai tertinggi pada aspek penyajian yaitu sebesar 100% didapat dari indikator konsistensi. Nilai terendah pada aspek penyajian yaitu sebesar 86,67% didapat dari indikator pendukung penyajian materi. Indikator teknik penyajian mendapatkan nilai 90%, sedangkan indikator penyajian pembelajaran mendapatkan nilai 97,50%.

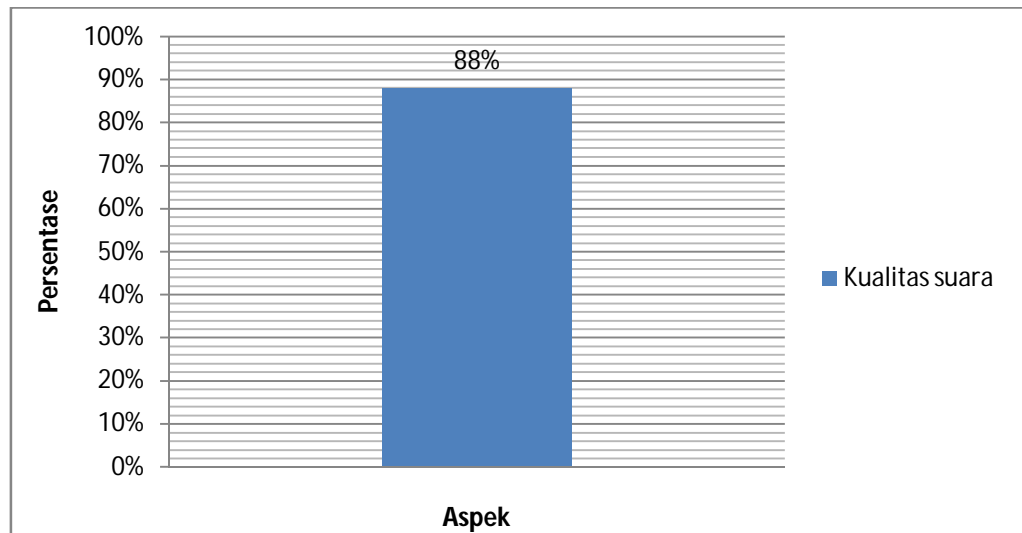
- b) Aspek kegrafikan, secara keseluruhan mendapatkan nilai 85%. Nilai tertinggi pada aspek kegrafikan yaitu sebesar 100% didapat dari indikator topografi. Sedangkan indikator format dan tata letak mendapatkan nilai 80%.
- c) Aspek verbal, secara keseluruhan mendapatkan nilai 88%. Nilai tertinggi pada aspek verbal yaitu dengan nilai sebesar 100% didapat dari indikator jarak. Indikator jenis huruf dan ukuran huruf mendapatkan nilai 80 %, sedangkan indikator warna mendapatkan nilai 90%.

Adapun beberapa hal yang perlu disempurnakan berdasarkan masukan dari ahli media modul saku adalah agar modul saku dilengkapi dengan pendahuluan yang berisi berapa lama modul dipelajari, alat bantu apa saja yang diperlukan untuk mempelajari modul, dan peta informasi yang menggambarkan keterkaitan setiap indikator dengan materi, dan butir tes akhir modul.

Menurut ahli media modul saku, media ini tepat dalam membantu siswa untuk memahami Biologi.

2) Hasil instrumen ahli audio MP3

Hasil analisis instrumen uji kelayakan audio MP3 yang dilengkapi oleh ahli media (lampiran 10) dapat dilihat dalam histogram berikut ini:



Gambar 9. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan audio MP3 oleh ahli media

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil dari uji coba pada ahli media audio MP3 dapat dideskripsikan bahwa aspek kualitas suara secara keseluruhan mendapatkan nilai 88%. Nilai tertinggi pada aspek kualitas suara didapat dari indikator kejernihan suara dan penggunaan bahasa yaitu sebesar 100%. Sedangkan indikator ketepatan durasi dalam sajian dan daya dukung audio mendapatkan nilai 80%.

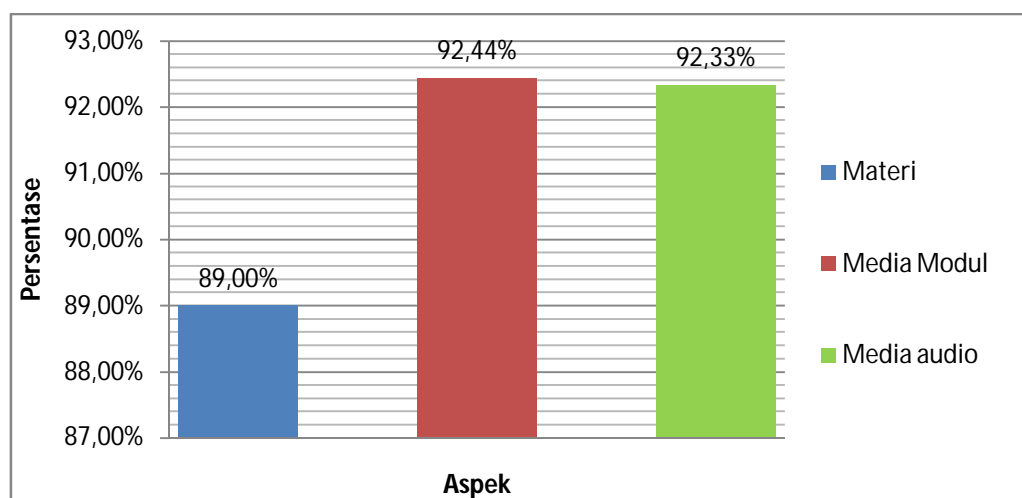
Menurut ahli media, audio MP3 kurang efektif untuk menopang modul saku. Modul saku akan lebih baik bila ditopang dengan media CD pembelajaran.

c. Siswa

Uji coba pada siswa sebagai pengguna produk modul saku dilengkapi audio MP3 dilakukan untuk mendapatkan masukan dan penilaian. Selain itu, dilakukan untuk mengetahui penerimaan siswa terhadap produk yang dihasilkan. Uji coba pada siswa dilakukan di SMA Negeri 76 Jakarta dan SMA Negeri 107 Jakarta. Uji coba pada siswa dibagi menjadi 2, yaitu:

1) Uji coba kelompok kecil

Responden pada uji coba kelompok kecil adalah siswa SMA Negeri 76 Jakarta kelas XI-IPA yang berjumlah 15 siswa. Masukan dan saran dari kelompok kecil digunakan untuk memperbaiki modul saku dan audio MP3 sebelum produk tersebut digunakan dalam uji coba kelompok besar. Hasil dari analisis instrumen uji kelayakan produk oleh siswa uji kelompok kecil (lampiran 12) dapat dilihat pada histogram berikut ini.



Gambar 10. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh siswa kelompok kecil

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil dari uji coba siswa kelompok kecil dapat dideskripsikan sebagai berikut:

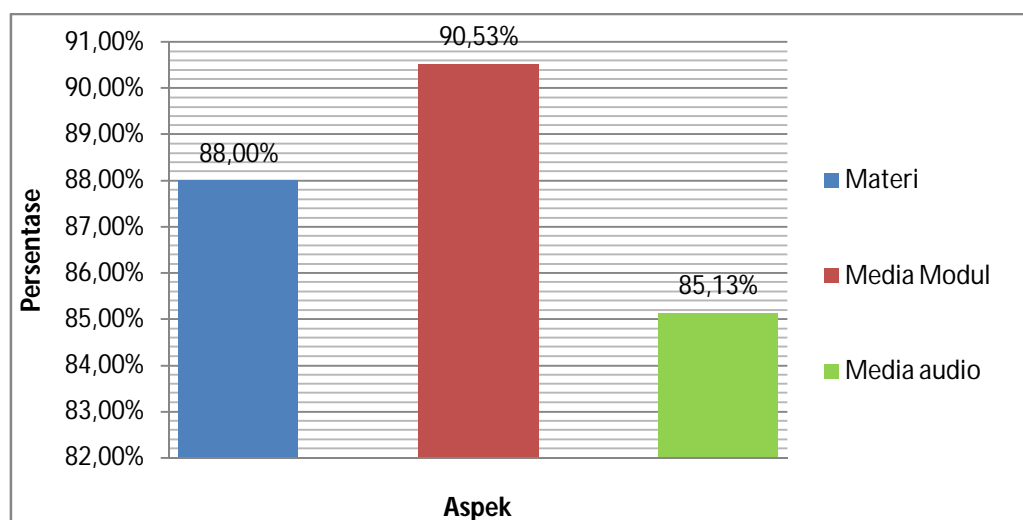
- a) Aspek materi, secara keseluruhan mendapatkan nilai rata-rata sebesar 89%. Nilai tertinggi yang diperoleh pada aspek materi didapat dari indikator urutan penyajian materi yaitu sebesar 100%. Nilai terendah diperoleh pada indikator kemudahan dalam memahami materi, yaitu sebesar 84%. Indikator kemudahan dalam mengikuti materi, merangsang keingintahuan, dan interaktivitas media dalam pembelajaran mendapatkan nilai 86,67%, sedangkan indikator ketersediaan soal latihan mendapatkan nilai 89,33%.
- b) Aspek media modul, secara keseluruhan mendapatkan nilai rata-rata 92,44%. Nilai tertinggi pada aspek media modul yaitu sebesar 94% didapat dari indikator daya tarik. Nilai terendah didapat dari indikator kejelasan gambar yaitu sebesar 86.67%. Indikator penggunaan bahasa dan kemudahan digunakan mendapatkan nilai 92%, sedangkan indikator keterbacaan mendapatkan nilai 93,33%.
- c) Aspek media audio, secara keseluruhan mendapatkan nilai rata-rata 92,33%. Nilai tertinggi pada aspek media audio diperoleh dari indikator kejernihan suara yaitu sebesar 97,33%. Nilai terendah pada aspek media audio diperoleh dari indikator ketepatan durasi dalam sajian yaitu sebesar 86,67%. Indikator penggunaan bahasa mendapatkan nilai 93,33% dan indikator daya dukung audio mendapatkan nilai sebesar 92%.

Beberapa masukan yang diberikan oleh siswa kelompok kecil, antara lain media dikembangkan bukan hanya pada materi sistem imun tetapi juga pada materi lainnya, tulisan pada modul yang terlalu kecil, audio dibuat agar lebih menarik lagi.

Menurut siswa, modul saku yang dilengkapi audio MP3 sangat menarik untuk dijadikan sumber belajar mandiri, mudah digunakan kapanpun dan dimanapun sehingga memudahkan belajar Biologi.

2) Uji coba kelompok besar

Responden pada uji coba kelompok besar adalah siswa SMA Negeri 107 Jakarta kelas XI IPA-1 yang berjumlah 38 siswa. Uji coba kelompok besar dilakukan selama 2 minggu, dan terdiri dari 3 kali pertemuan, masing-masing pertemuan selama 2 x 45 menit. Hasil dari analisis instrumen uji kelayakan produk oleh siswa uji kelompok besar (lampiran 13) dapat dilihat pada histogram berikut ini.



Gambar 11. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh siswa kelompok besar

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil dari uji coba pada siswa kelompok besar dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- a) Aspek materi, secara keseluruhan mendapatkan nilai rata-rata sebesar 88%. Nilai tertinggi yang diperoleh pada aspek materi didapat dari indikator urutan penyajian materi dan ketersediaan soal latihan yaitu sebesar 90%. Nilai terendah diperoleh pada indikator interaktivitas media dalam pembelajaran, yaitu sebesar 86,32%. Indikator kemudahan dalam mengikuti materi dan merangsang keingintahuan mendapatkan nilai 87,89%, sedangkan indikator kemudahan dalam memahami materi mendapatkan nilai sebesar 87,37%.
- b) Aspek media modul, secara keseluruhan mendapatkan nilai rata-rata 90,53%. Nilai tertinggi pada aspek media modul yaitu sebesar 92,90% didapat dari indikator kemudahan digunakan. Nilai terendah didapat dari indikator kejelasan gambar dan penggunaan bahasa yaitu sebesar 87,37%. Indikator daya tarik mendapatkan nilai 90,92%, sedangkan indikator keterbacaan mendapatkan nilai 90,53%.
- c) Aspek media audio, secara keseluruhan mendapatkan nilai rata-rata 85,13%. Nilai tertinggi pada aspek media audio diperoleh dari indikator kejernihan suara yaitu sebesar 87,37%. Nilai terendah pada aspek media audio diperoleh dari indikator ketepatan durasi dalam sajian yaitu sebesar 83,16%. Indikator penggunaan bahasa

mendapatkan nilai 84,21% dan indikator daya dukung audio mendapatkan nilai sebesar 85,79%.

Beberapa masukan yang diberikan oleh siswa kelompok besar, antara lain:

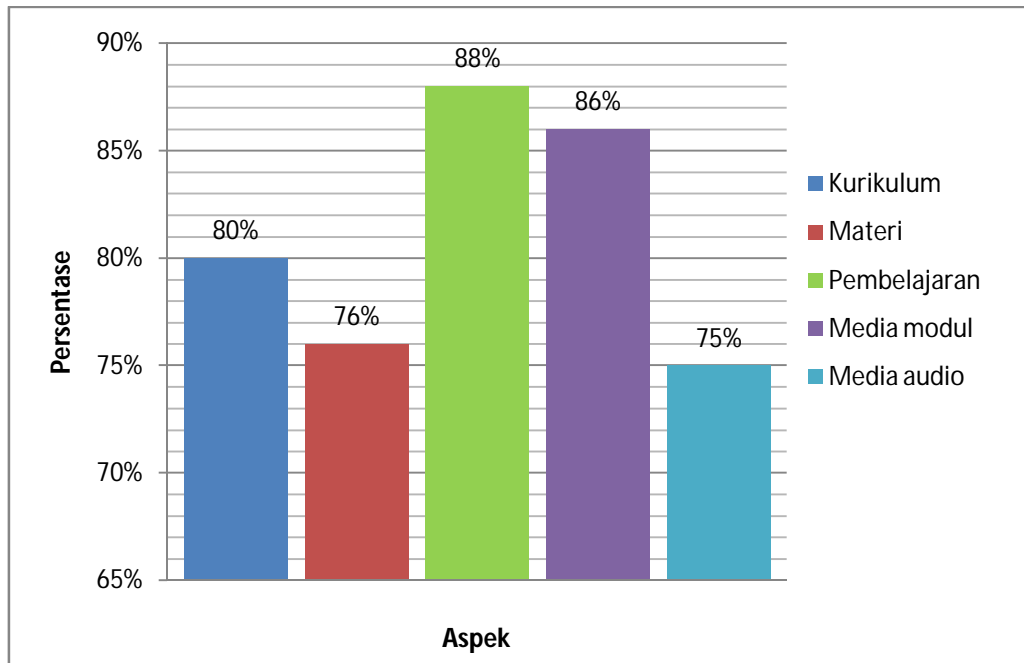
- Media dikembangkan pada materi lainnya.
- Gambar lebih diperjelas.
- Durasi pada audio lama.

Menurut siswa, modul saku yang dilengkapi audio MP3 sangat menarik karena media mudah dibawa kemana saja, jadi siswa tidak hanya belajar di sekolah. Dengan menggunakan media modul saku yang dilengkapi audio MP3, belajar menjadi lebih praktis. Selain itu, dengan warna yang menarik membuat siswa lebih tertarik untuk membaca modul saku.

d. Guru

Responden adalah guru Biologi kelas XI SMA Negeri 107 Jakarta. Uji coba pada guru bertujuan untuk mendapatkan saran dan penilaian dari guru Biologi terhadap modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang telah dihasilkan. Hal ini dilakukan agar saran dari guru dijadikan sebagai evaluasi sehingga guru dapat memanfaatkan media modul saku yang dilengkapi audio MP3 sebagai sumber belajar bagi siswa. Hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku yang

dilengkapi audio MP3 oleh guru (lampiran 15) dapat dilihat pada histogram berikut ini.



Gambar 12. Histogram hasil analisis instrumen uji kelayakan modul saku dilengkapi audio MP3 oleh guru

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil dari uji coba pada guru dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) Aspek kurikulum, secara keseluruhan mendapatkan nilai 80%. Masing-masing indikator pada aspek kurikulum, yaitu kesesuaian dengan kurikulum dan kesesuaian dengan indikator pembelajaran, memiliki nilai sebesar 80%.
- 2) Aspek materi, secara keseluruhan mendapatkan nilai 76%. Nilai tertinggi pada aspek materi diperoleh dari indikator ketepatan/keakuratan materi dan kejelasan uraian yaitu sebesar 80%. Sedangkan indikator cakupan materi mendapatkan nilai 60%.

- 3) Aspek pembelajaran, secara keseluruhan mendapatkan nilai 88%. Nilai tertinggi pada aspek pembelajaran didapat dari indikator merangsang keingintahuan dan kesesuaian dengan sasaran yaitu sebesar 100%. Sedangkan indikator latihan/ tugas, penyampaian indikator, dan urutan penyajian materi, masing-masing mendapatkan nilai 80%.
- 4) Aspek media modul, secara keseluruhan mendapatkan nilai 86%. Nilai tertinggi pada aspek media modul diperoleh dari indikator kemudahan digunakan yaitu sebesar 100%. Nilai terendah didapat dari indikator penggunaan bahasa yaitu sebesar 60%. Indikator daya tarik mendapatkan nilai rata-rata 90%, sedangkan indikator kejelasan gambar dan keterbacaan, masing-masing mendapatkan nilai 80%.
- 5) Aspek media audio, secara keseluruhan mendapatkan nilai 75%. Indikator kejernihan suara, ketepatan durasi dalam sajian, dan daya dukung audio, masing-masing mendapatkan nilai 80%, sedangkan indikator penggunaan bahasa mendapatkan nilai 60%.

Menurut guru, penyajian materi dalam media modul saku yang dilengkapi audio MP3 terlalu dalam bagi siswa. Media yang dikembangkan sudah bagus dan menarik, sehingga dapat memberikan motivasi kepada siswa. Siswa terlihat lebih tertarik mempelajari materi sistem imun dengan variasi media yang diberikan. Selain itu, guru

menyarankan agar media dikembangkan lagi pada materi Biologi lainnya.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, responden sangat mendukung rencana pembuatan media modul saku yang dilengkapi audio MP3, karena akan memberikan variasi pada proses pembelajaran. Proses belajar akan berlangsung dengan baik bila terdapat suasana yang menyenangkan bagi pembelajar. Selain itu, hasil wawancara terhadap guru juga mendukung rencana pembuatan media modul saku yang dilengkapi audio MP3. Materi Biologi yang dikembangkan dalam bentuk modul saku yang dilengkapi audio MP3 berdasarkan hasil analisis kebutuhan adalah sistem imun. Media modul saku yang dilengkapi audio MP3 ini diperuntukkan bagi siswa SMA kelas XI IPA. Hal ini diperkuat oleh pernyataan guru yang menyatakan bahwa sistem imun adalah bab baru, sehingga dibutuhkan media yang dapat membantu siswa untuk memahami materi tersebut. Oleh karena itu, penelitian pengembangan yang bertujuan untuk menghasilkan media modul saku yang dilengkapi audio MP3 sebagai salah satu sumber belajar pada materi sistem imun ini dilakukan.

Setelah dianggap perlu mengembangkan modul saku yang dilengkapi audio MP3 sebagai sumber belajar mandiri pada materi sistem imun, peneliti melanjutkan ke tahap selanjutnya, yaitu pengembangan

produk. Tahap ini meliputi tahap perancangan dan pembuatan media modul saku dan audio MP3.

Tahap perancangan diawali dengan analisis materi pelajaran materi sistem imun. Analisis materi ini bertujuan untuk menemukan konsep atau landasan teoritis yang memperkuat suatu produk. Selain itu, rancangan produk yang dikembangkan minimal mencakup tujuan dari penggunaan produk, siapa pengguna dari produk tersebut, dan deskripsi dari komponen-komponen produk dan penggunaannya (Sukmadinata, 2010). Setelah membuat analisis materi pelajaran, langkah selanjutnya adalah merancang tampilan dari media modul saku dan narasi audio yang dibuat dalam bentuk *storyboard*. Perancangan tampilan dan narasi dibuat agar sistematis penyusunan media menjadi lebih terarah.

Selama proses pembuatan media modul saku, setidaknya dilakukan empat kali tahap perbaikan sebelum media tersebut dicetak. Perbaikan pertama adalah mengenai butir indikator pada materi sistem imun, tampilan modul saku, dan isi materi yang dianggap kurang sesuai bagi siswa SMA kelas XI IPA. Perbaikan kedua yaitu mengenai susunan dan sistematis modul saku, perbaikan ketiga adalah memperbaiki penggunaan kata dan bahasa, perbaikan keempat mengenai tampilan modul saku berupa gambar-gambar dan spasi kosong. Sedangkan selama proses pembuatan audio MP3 dilakukan satu kali perbaikan, yaitu isi materi yang kurang sesuai. Perbaikan tersebut dilakukan setelah berkonsultasi dengan para ahli, yaitu ahli materi dan ahli media.

Setelah media modul saku diperbaiki sesuai masukan para ahli, selanjutnya media modul saku dicetak untuk dilakukan uji coba siswa kelompok kecil. Begitu juga dengan media audio MP3, setelah diperbaiki kemudian media diuji coba kepada siswa kelompok kecil. Saran dari siswa kelompok kecil kemudian digunakan untuk perbaikan media modul saku yang dilengkapi audio MP3. Produk kemudian diuji coba kepada siswa dengan jumlah yang lebih besar (uji coba siswa kelompok besar), dan diberikan juga kepada guru sebagai pengguna untuk mendapat penilaian. Hasil penilaian dari para ahli, siswa, dan guru menentukan apakah media modul saku tersebut layak atau tidak menjadi media yang dipakai dalam proses belajar bagi siswa.

Tahap-tahap perbaikan modul saku yang dilengkapi audio MP3 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 13. Tahapan Perbaikan Produk

No	Tahapan	Awal	Masukan	Sumber	Hasil
1.	Perbaikan I - Modul saku	-Indikator dibuat secara umum, antara lain: 1. Menjelaskan fungsi sistem imun tubuh. 2. Mengidentifikasi sistem pertahanan tubuh secara alami. 3. Membedakan respon imun non spesifik dan spesifik pada sistem imun. 4. Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas. 5. Menjelaskan kelainan-kelainan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia.	- Satu bagian kegiatan dibuat dengan indikator yang rinci, 1 butir indikator tidak dapat dijadikan untuk butir indikator pada bagian lain.	Ahli media modul saku	Butir indikator menjadi: 1) Menjelaskan pengertian sistem imun tubuh. 2) Mengidentifikasi fungsi sistem imun tubuh. 3) Membedakan jenis-jenis respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama. 4) Menjelaskan mekanisme respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama. 5) Membedakan jenis-jenis respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua. 6) Menjelaskan mekanisme respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua. 7) Membedakan jenis-jenis respon tubuh spesifik

					<p>pertahanan lapisan ketiga.</p> <p>8) Menjelaskan mekanisme respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga.</p> <p>9) Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas aktif.</p> <p>10) Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas pasif.</p> <p>11) Menjelaskan kelainan-kelainan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia.</p> <p>12) Membedakan kelainan yang terjadi pada sistem imun tubuh manusia.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> - Huruf pada modul saku 	<ul style="list-style-type: none"> - Ukuran huruf diperbesar - Warna huruf dicari yang bila difotokopi tetap terlihat jelas 	Ahli media modul saku	<ul style="list-style-type: none"> - Ukuran huruf diperbesar - Beberapa warna huruf diganti, yaitu: Oranye → coklat tua Merah → coklat tua Biru muda → biru tua

		- Materi	- Gunakan bahasa yang singkat dan mudah dimengerti siswa.	Ahli materi	- Terdapat perubahan kata-kata agar lebih efektif - Perubahan kata-kata asing ke dalam bahasa sehari-hari
	- Audio MP3	- Materi	- Gunakan bahasa yang singkat dan mudah dimengerti siswa.	Ahli materi	- Terdapat perubahan kata-kata agar lebih efektif - Perubahan kata-kata asing ke dalam bahasa sehari-hari
		- Kualitas suara	- Sudah baik, namun kurang efektif untuk menopang modul saku - Berikan <i>backsound</i> pada audio agar lebih menarik	Ahli media audio	-
2.	Perbaikan II - Modul saku	- Susunan dan sistematika modul: 1. Petunjuk belajar berisikan hal-hal yang terdapat pada setiap bagian kegiatan	Pada petunjuk belajar, berikan bagaimana cara siswa menggunakan produk yang dihasilkan	Ahli media modul saku	Ditambahkan cara penggunaan modul saku dan audio MP3 pada petunjuk belajar
		2. Belum ada bab pendahuluan	Pada awal bagian, berikan bab pendahuluan	Ahli media modul saku	-

		3. Urutan penulisan tiap bagian langsung pada pokok materi.	Pada tiap bagian cantumkan indikator yang akan dicapai (poin A), kemudian berikan uraian materi (poin B) dengan pembukaan yang menggunakan bahasa percakapan untuk memancing siswa untuk berpikir	Ahli media modul saku	Pada tiap bagian terdapat indikator yang akan dicapai Pembukaan uraian materi dirangsang dengan menggunakan bahasa percakapan.
		4. Rangkuman dibuat dalam bentuk poin	Buat dalam bentuk paragraf	Ahli media modul saku	Rangkuman dibuat dalam bentuk paragraf
		5. Kunci jawaban hanya diberikan untuk soal pilihan ganda	Baik pilihan ganda maupun esai harus diberikan kunci jawaban	Ahli media modul saku	Diberikan kunci jawaban baik untuk soal latihan pilihan ganda ataupun esai
3.	Perbaikan III - Modul saku	Penggunaan kata dan bahasa: 1. Penggunaan kata ganti orang	Modul bersifat komunikasi dua arah, perbanyak kata ganti orang	Ahli media modul saku	Terdapat penambahan kata ganti orang seperti, kita dan kamu.
		2. Terdapat kalimat-kalimat yang memiliki lebih dari 20 kata dalam 1 kalimat	Kata-kata dalam modul bagi siswa SMA tidak lebih dari 20 kata	Ahli media modul saku	Mengganti kalimat-kalimat yang memiliki lebih dari 20 kata

4.	Perbaikan IV - Modul saku	Tampilan modul saku - Terdapat spasi kosong pada sub bagian “mari berlatih”, uraian materi, dan pada sub bagian lainnya	Lokasi yang kosong agar diperbaiki supaya tidak terlalu lapang. Pada sub bagian “mari berlatih” dapat diberikan tempat untuk jawaban siswa sekaligus menghilangkan spasi kosong yang berlebihan.	Ahli media modul saku	Diberikan tempat untuk jawaban pada soal esai. Pada lokasi lain diperbaiki sehingga spasi kosong tidak terlalu banyak.
		- Gambar kurang jelas	Cari gambar lain yang lebih jelas	Ahli media modul saku	Beberapa gambar diganti dengan gambar yang lebih jelas, namun beberapa belum diganti.
		- Belum ada bab pendahuluan	Pada awal bagian, berikan bab pendahuluan yang berisikan tentang berapa lama modul dipelajari, alat bantu apa saja yang diperlukan, informasi yang menggambarkan keterkaitan setiap indikator dengan materi.	Ahli media modul saku	Telah ditambahkan bab pendahuluan sesuai saran.

5.	Uji kelompok kecil	- Produk hasil uji para ahli	- Ukuran huruf pada modul saku diperbesar - Gambar-gambar kurang jelas - Kembangkan lagi pada materi lainnya	Siswa kelompok kecil	- Ukuran huruf tidak diubah - Beberapa gambar diganti dengan yang lebih jelas, namun masih terdapat gambar yang belum diganti (gambar 10) -
6.	Uji kelompok besar	- Produk hasil uji kelompok kecil	- Durasi audio pada pembahasan mekanisme inflamasi terlalu lama	Siswa kelompok besar	-
7.	Uji coba guru	- Produk hasil uji kelompok kecil	- Materi terlalu dalam bagi siswa - Kembangkan lagi pada materi lain	Guru Biologi kelas XI	- -

1. Uji coba ahli materi

Berdasarkan hasil uji coba ahli materi, diperoleh persentase rata-rata untuk seluruh indikator sebesar 72%. Menurut ahli materi, bahasa yang digunakan harus disesuaikan dengan kemampuan pengguna. Selain itu hal yang harus diperbaiki yaitu kejelasan uraian dan urutan penyajian materi, kedua indikator tersebut mendapatkan nilai 60%. Kekurangan tersebut dikarenakan, modul seharusnya berisikan materi pembelajaran yang dikemas dalam unit-unit kecil sehingga memudahkan belajar secara tuntas. Urutan penyajian materi seharusnya diurutkan dari mudah ke sulit, dari yang tidak diketahui ke yang diketahui, dan dari konkrit ke abstrak (Asyhar, 2011). Menurut ahli materi, hal ini belum tercapai secara maksimal, sehingga nilai yang diperoleh tidak sebesar responden uji coba lainnya. Nilai rata-rata yang diperoleh dari ahli materi menunjukkan hasil interpretasi nilai tersebut adalah baik (Riduwan, 2010). Artinya, media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang dihasilkan layak untuk dijadikan sumber belajar mandiri bagi siswa.

2. Uji coba ahli media modul saku

Berdasarkan hasil uji coba ahli media modul saku, diperoleh persentase rata-rata untuk seluruh indikator sebesar 91,30%. Menurut ahli media, produk yang dihasilkan sudah baik, terutama pada indikator konsistensi, topografi, dan jarak yang mendapatkan nilai 100% serta indikator penyajian pembelajaran yang mendapatkan nilai 97,50%.

Penyajian pembelajaran dalam modul saku antara lain penyajian petunjuk belajar, penyajian kompetensi belajar, soal latihan, perumusan indikator kekesuaian indikator dengan materi, dan kesesuaian indikator dengan soal. Hal ini sesuai dengan kriteria penyusunan modul yang ditetapkan oleh Depdiknas yaitu modul harus berisi tujuan yang dirumuskan dengan jelas, menampilkan soal-soal latihan; tugas; dan sejenisnya yang memungkinkan siswa memberikan respon dan mengukur tingkat penguasaannya (Asyhar, 2011). Nilai terendah yang diberikan oleh ahli media yaitu 80%, pada indikator format dan tata letak, jenis huruf, dan ukuran huruf. Ahli materi melihat terdapat kekurangan pada aspek keterbacaan pada modul dikarenakan ukuran tulisan yang kecil. Nilai rata-rata yang diperoleh dari ahli media menunjukkan hasil interpretasi nilai tersebut adalah sangat baik (Riduwan, 2010). Artinya, menurut ahli media, modul saku yang dihasilkan sangat layak untuk dijadikan sumber belajar mandiri bagi siswa.

3. Uji coba ahli media audio MP3

Berdasarkan hasil uji coba ahli media audio MP3, diperoleh persentase rata-rata untuk seluruh indikator sebesar 88%. Menurut ahli media, audio MP3 kurang efektif untuk menopang modul saku. Modul saku akan lebih baik bila ditopang dengan media CD pembelajaran. Audio lebih tepat digunakan dalam pembelajaran yang memerlukan

pendengaran dan daya imajinasi. Misalnya, dalam mempelajari bahasa asing mengenai cara pengucapan kata dan kalimat (Asyhar, 2011).

Penilaian audio MP3 yang dihasilkan yaitu aspek kualitas suara. Indikator yang dinilai adalah kejernihan narasi, bahasa yang digunakan, kecepatan baca, durasi, dan mendukung media lain. Kejernihan narasi terdiri dari penghayatan dalam pengucapan, intonasi, dan artikulasi dinilai baik. Nilai rata-rata yang diperoleh dari ahli media menunjukkan hasil interpretasi nilai tersebut adalah sangat baik (Riduwan, 2010). Artinya, menurut ahli materi media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang dihasilkan sangat layak untuk dijadikan sumber belajar mandiri bagi siswa.

4. Uji coba siswa kelompok kecil

Berdasarkan hasil uji coba siswa kelompok kecil, diperoleh persentase rata-rata untuk seluruh indikator sebesar 91,30%. Menurut siswa, modul saku yang dilengkapi audio MP3 sangat menarik untuk dijadikan media pembelajaran karena mudah digunakan kapanpun dan dimanapun sehingga memudahkan belajar Biologi. Siswa juga menyarankan agar modul saku yang dilengkapi audio MP3 dikembangkan lagi pada materi lainnya. Nilai tertinggi yang diperoleh dari siswa kelompok kecil yaitu pada indikator urutan penyajian materi sebesar 100% dan didukung dengan indikator kejernihan suara yaitu sebesar 97,33%. Sedangkan indikator yang mendapatkan nilai terendah yaitu indikator kemudahan dalam mengikuti materi yang

mendapatkan nilai sebesar 84%. Nilai rata-rata yang diperoleh dari siswa kelompok kecil menunjukkan hasil interpretasi nilai tersebut adalah sangat baik (Riduwan, 2010). Artinya, menurut siswa media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang dihasilkan sangat layak untuk dijadikan sumber belajar mandiri bagi siswa.

5. Uji coba siswa kelompok besar

Berdasarkan hasil uji coba siswa kelompok besar, diperoleh persentase rata-rata untuk seluruh indikator sebesar 89%. Menurut siswa, modul saku yang dilengkapi audio MP3 sangat menarik karena media mudah dibawa kemana saja, jadi siswa tidak hanya belajar di sekolah. Dengan menggunakan media modul saku yang dilengkapi audio MP3, belajar menjadi lebih praktis. Selain itu, dengan warna yang menarik membuat siswa lebih tertarik untuk membaca modul saku. Hal tersebut didukung oleh prinsip penulisan modul yaitu rancangan strategi untuk menarik perhatian siswa sehingga dapat memahami informasi yang disajikan. Rancang strategi tersebut antara lain pemberian ilustrasi yang menarik, pemberian warna, ukuran teks, atau jenis teks yang menarik (Asyhar, 2011). Siswa kelompok besar juga menyarankan agar modul saku yang dilengkapi audio MP3 dikembangkan lagi pada materi lainnya. Nilai tertinggi yang diperoleh dari siswa kelompok besar yaitu pada indikator kemudahan digunakan sebesar 92,90%. Hal ini sesuai dengan kriteria penyusunan modul yang ditetapkan oleh Depdiknas yaitu *User Friendly*, modul hendaknya

bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai (Asyhar, 2011). Sedangkan indikator yang mendapatkan nilai terendah yaitu ketepatan durasi MP3 dalam sajian yang mendapatkan nilai sebesar 83,16%. Media audio hanya mengandalkan suara dalam penyampaian pesan yang menjadikan komunikasi hanya berjalan satu arah, hal tersebut menjadi kekurangan dari media ini (Munadi, 2010). Ditambah lagi produk audio MP3 yang dihasilkan tidak diolah dan dieksplorasi dengan efek suara dan suara latar. Hal tersebut dapat menimbulkan kejenuhan pada siswa (Asyhar, 2011). Hal inilah yang menyebabkan nilai dari indikator ketepatan durasi menjadi lebih rendah. Nilai rata-rata yang diperoleh dari siswa kelompok besar menunjukkan hasil interpretasi nilai tersebut adalah sangat baik (Riduwan, 2010). Artinya, menurut siswa media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang dihasilkan sangat layak untuk dijadikan sumber belajar mandiri bagi siswa.

6. Uji coba guru

Berdasarkan hasil uji coba kepada guru, diperoleh persentase rata-rata untuk seluruh indikator sebesar 82%. Menurut guru, penyajian materi pada media modul saku yang dilengkapi audio MP3 terlalu dalam bagi siswa. Media yang dikembangkan sudah bagus dan menarik, sehingga dapat memberikan motivasi kepada siswa. Siswa terlihat lebih tertarik mempelajari materi sistem imun dengan variasi media yang diberikan. Selain itu, guru menyarankan agar media

dikembangkan lagi pada materi Biologi lainnya. Nilai tertinggi yang diperoleh dari guru yaitu pada indikator kemudahan digunakan, merangsang keingintahuan, dan kesesuaian dengan sasaran sebesar 100%. Sedangkan indikator yang mendapatkan nilai terendah yaitu cakupan materi, dan penggunaan bahasa baik dalam modul saku ataupun audio MP3 yang mendapatkan nilai sebesar 60%. Kekurangan tersebut menyebabkan nilai yang diperoleh dari guru sedikit lebih rendah. Nilai rata-rata yang diperoleh dari guru menunjukkan hasil interpretasi nilai tersebut adalah sangat baik (Riduwan, 2010). Artinya, menurut guru media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang dihasilkan sangat layak untuk dijadikan sumber belajar mandiri bagi siswa.

Setelah dilakukan uji coba, media modul saku yang dilengkapi audio MP3 direvisi kembali berdasarkan saran-saran yang telah diberikan. Adapun saran-saran yang dapat terlaksana untuk memperbaiki media tersebut adalah penambahan pendahuluan pada modul saku, perbaikan warna pada tulisan dalam modul saku, tata letak gambar, isi materi pada narasi audio MP3. Namun, masih banyak lagi masukan-masukan yang belum dapat terlaksana untuk memperbaiki media modul saku yang dilengkapi audio MP3 antara lain, pengadaan musik latar (*background*) pada audio MP3, pengadaan modul saku dan audio MP3 pada materi lain. Selain itu, media modul saku dilengkapi audio MP3 ini belum melakukan

perbaikan terhadap masukan-masukan yang diberikan pada saat uji coba kelompok besar.

Penggunaan media modul saku dilengkapi audio MP3 ini memudahkan siswa untuk mempelajari Biologi khususnya materi sistem imun. Namun, media ini juga memiliki kekurangan, yaitu pada keefektifan penggunaan bila seluruh bab pada pelajaran Biologi SMA dibuat dalam bentuk modul saku dilengkapi audio MP3. Hal ini dikarenakan bentuk dari modul saku yang kecil, sehingga mudah tercecer bila tidak disimpan dengan baik.

Peneliti sangat menyadari bahwa dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan, antara lain:

1. Uji coba kelompok besar terhadap media yang dihasilkan hanya dilakukan pada satu sekolah dengan jumlah 38 siswa.
2. Penelitian ini hanya terbatas pada pengembangan produk, belum dilaksanakan penelitian mengenai efektifitas media yang dihasilkan dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian pengembangan ini diawali dengan tahap analisis kebutuhan. Instrumen yang digunakan pada tahap awal berupa angket analisis kebutuhan kepada siswa dan wawancara analisis kebutuhan terhadap guru. Tahap kedua yaitu pengembangan produk yang melibatkan ahli materi, ahli media modul saku, dan ahli media audio MP3. Tahap ketiga yaitu tahap uji coba yang terdiri dari uji coba kelompok kecil dengan responden siswa dan uji coba kelompok besar dengan responden siswa dan guru.

Data uji kelayakan media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang didapat dari ahli materi 72%, ahli media modul saku 91,30%, ahli media audio MP3 88%, uji siswa kelompok kecil 91,30%, uji siswa kelompok besar 89%, dan guru 82%. Persentase rata-rata dari keenam kelompok uji tersebut adalah sebesar 85,6%, artinya media modul saku yang dilengkapi audio MP3 yang dihasilkan sangat baik dan layak untuk digunakan pada proses pembelajaran sebagai sumber belajar mandiri.

B. Implikasi

Dari penelitian ini diketahui bahwa media modul saku yang dilengkapi audio MP3 pada materi sistem imun sebagai sumber belajar

mandiri telah layak digunakan dan dapat dijadikan sebagai sumber belajar pada proses pembelajaran Biologi materi sistem imun. Selanjutnya adalah agar media modul saku yang dilengkapi audio MP3 tersebut dijadikan alternatif sumber belajar mandiri bagi siswa. Bagi guru, media tersebut dapat dijadikan salah satu alternatif media pembelajaran untuk mengajarkan materi sistem imun kepada siswa SMA kelas XI IPA.

C. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Media yang telah dihasilkan dapat diuji coba lagi pada kelompok yang lebih besar agar produk yang dihasilkan dapat digunakan secara luas.
2. Media yang telah dihasilkan dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya tentang efektifitas media dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwas, Oos M. 2006. Studi Evaluatif Pemanfaatan Video Pendidikan. *Jurnal Teknodik* No. 18/X/TEKNODIK/Juni/2006. Pustekkom: Jakarta.
- Arsyad, Azhar. 2007. *Media Pembelajaran*. PT Raja Grafindo Persada: Jakarta.
- Astra, I Made. 2007. Pengembangan Bahan Ajar Berorientasi pada Resource Based Learning untuk Calon Guru SMA. *Jurnal Teknodik* No. 21/XI/TEKNODIK/Agustus/2007. Pustekkom: Jakarta.
- Asyhar, Rayandra. 2011. *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran*. Gaung persada (GP) Press: Jakarta.
- Campbell, Neil A., Jane B. Reece, dan Lawrence G. Mitchell. 2000. *Biologi Jilid III, Edisi Kelima*. Erlangga: Jakarta.
- Chaeruman, Uwes A. 2007. Suatu Model Pendidikan dengan Sistem Belajar Mandiri. *Jurnal Teknodik* No. 21/XI/TEKNODIK/Agustus/2007. Pustekkom: Jakarta.
- Daryanto. 2010. *Media Pembelajaran (Peranannya Sangat Penting Dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran)*. Penerbit Gava Media: Yogyakarta.
- Ibrahim, Nurdin. 2003. Upaya Peningkatan Motivasi Berprestasi dalam Pembelajaran Di SLTP dan SMU Terbuka. *Jurnal Teknodik* No.13/VII/TEKNODIK/Desember/2003. Pustekkom: Jakarta.
- _____. 2005. Hubungan Keterbacaan Modul dan Motivasi Berprestasi dengan Hasil Belajar. *Jurnal Teknodik* No. 17/IX/TEKNODIK/Desember/2005. Pustekkom: Jakarta.
- Koesnandar, Ade. 2006. Pengembangan Software pembelajaran Multimedia Interaktif. *Jurnal Teknodik* No.18/X/TEKNODIK/Juni/2006. Pustekkom: Jakarta.

- Munadi, Yudhi. 2010. *Media Pembelajaran (Sebuah Pendekatan Baru)*. Gaung Persada Press: Jakarta.
- Riduwan & Sunarto. 2010. *Pengantar Statistika*. Alfabeta: Bandung.
- Riyanto, Yatim. 2009. *Paradigma Baru Pembelajaran: Sebagai Referensi Bagi Pendidik Dalam Implementasi Pembelajaran yang Efektif dan Berkualitas*. Kencana: Jakarta.
- Sherwood, Lauralee. 1996. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. EGC: Jakarta.
- Siahaan, Sudirman. 2006. Bagaimana Memudahkan Peserta Didik Mempelajari Modul?. *Jurnal Teknodik* No. 18/X/TEKNODIK/Juni/2006. Pustekom: Jakarta.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Penerbit Alfabeta: Bandung.
- Sukmadinata, N. Syaodih. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. PT Remaja Rosdakarya: Bandung.
- Susilo. 2009. *Prinsip dan Teori Penelitian Pendidikan*. Poliyama Widya Pustaka: Jakarta.
- Susilo, M. Joko. 2008. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (Manajemen Pelaksanaan dan Kesiapan Sekolah menyongsongnya)*. Pustaka Belajar: Yogyakarta.
- Waldopo. 2005. Studi Evaluatif Uji Coba Penayangan Program Televisi/ Video Pembelajaran tentang "Tingkah Laku Pubertas". *Jurnal Teknodik* No. 16/IX/TEKNODIK/Juni/2005. Pustekom: Jakarta.

Lampiran 1. Angket Analisis Kebutuhan

Angket Analisis Kebutuhan

Dalam rangka penyusunan skripsi, penyusun bermaksud melakukan studi awal penelitian mengenai pengembangan media bantu biologi berupa modul saku dilengkapi audio MP3. Angket ini dimaksudkan untuk menganalisis kebutuhan siswa tentang media bantu belajar dalam mata pelajaran biologi di tingkat SMA. Untuk itu diharapkan Anda dapat mengisi angket ini dengan sejujurnya agar upaya yang penyusun lakukan dalam melakukan penelitian untuk meningkatkan pelaksanaan pembelajaran biologi ini dapat dicapai secara optimal.

Terima kasih atas partisipasinya.

Lingkari jawaban yang sesuai dengan pilihan Anda!

1. Apa pendapat Anda mengenai mata pelajaran Biologi?
 - a. Sangat menyenangkan
 - b. Menyenangkan
 - c. Biasa saja
 - d. Kurang menyenangkan
 - e. Sangat tidak menyenangkan(Jika Anda menjawab a, b, atau c, lanjut ke pertanyaan ke-4)
2. Menurut Anda, faktor apa saja yang menyebabkan materi Biologi menjadi kurang menyenangkan? (jawaban boleh lebih dari satu)
 - a. Terlalu banyak hapalan
 - b. Materi terlalu abstrak
 - c. Proses pembelajaran yang monoton dan membosankan
 - d. Cara penyajian guru yang kurang jelas
 - e. Banyak istilah asing yang sulit diingat
 - a. Lainnya, sebutkan.....
3. Menurut Anda, bagaimana cara menjadikan Biologi sebagai mata pelajaran yang menyenangkan? (jawaban boleh lebih dari satu)

- a. Memperbanyak praktikum
 - b. Dengan tutorial
 - c. Memperbanyak belajar di luar kelas
 - d. Menggunakan media bantu yang menarik
 - e. Belajar mandiri yang menyenangkan
 - f. Lainnya, sebutkan.....
4. Media apa yang biasa digunakan dalam pembelajaran Biologi?
(jawaban boleh lebih dari satu)
- a. Carta/bagan/grafik
 - b. Modul
 - c. Video
 - d. LCD/ power point
 - e. OHP dan transparansi
 - f. Lainnya, sebutkan.....
5. Apakah media tersebut dapat membantu dalam pembelajaran Biologi?
- a. Sangat membantu
 - b. Membantu
 - c. Cukup membantu
 - d. Kurang membantu
 - e. Tidak membantu
6. Apakah Anda mengetahui tentang pembelajaran mandiri?
- a. Ya
 - b. Tidak (Jika tidak, lanjut ke pertanyaan ke-9)
7. Apakah pembelajaran mandiri dapat memberikan motivasi kepada Anda saat belajar di luar kelas?
- a. Sangat memotivasi
 - b. Memotivasi
 - c. Cukup memotivasi
 - d. Kurang memotivasi
 - e. Tidak memotivasi

8. Jika Anda melakukan pembelajaran mandiri, apakah membutuhkan media khusus?
 - a. Ya
 - b. Tidak (Jika tidak, lanjut ke pertanyaan ke-10)
9. Media seperti apa yang Anda butuhkan dalam pembelajaran mandiri? (jawaban boleh lebih dari satu)
 - a. CD interaktif
 - b. Power point
 - c. Modul saku
 - d. Audio MP3
 - e. Lainnya, sebutkan.....
10. Apakah Anda mengetahui mengenai modul saku?
 - a. Sangat mengetahui
 - b. Mengetahui
 - c. Cukup mengetahui
 - d. Kurang mengetahui
 - e. Tidak mengetahui
11. Apakah Anda mengetahui mengenai audio MP3?
 - a. Sangat mengetahui
 - b. Mengetahui
 - c. Cukup mengetahui
 - d. Kurang mengetahui
 - e. Tidak mengetahui
12. Apakah Anda suka mendengarkan audio MP3 melalui handphone/ Ipod/ sejenisnya..?
 - a. Sangat suka
 - b. Suka
 - c. Cukup suka
 - d. Kurang suka
 - e. Tidak suka

13. Seberapa sering Anda mendengar audio MP3?
- Lebih dari 10 kali dalam seminggu
 - 3-9 kali dalam seminggu
 - Kurang dari 3 kali dalam seminggu
 - Tidak pernah
14. Apakah Anda mengetahui mengenai media modul saku yang dilengkapi audio MP3?
- Sangat tahu
 - Tahu
 - Cukup tahu
 - Kurang tahu
 - Tidak tahu
15. Bagaimana pendapat Anda mengenai media modul saku yang dilengkapi audio MP3?
- Sangat menarik
 - Menarik
 - Cukup menarik
 - Kurang menarik
 - Tidak menarik

Selanjutnya akan dikembangkan media belajar biologi berupa modul saku yang dilengkapi audio MP3 materi biologi di sekolah.

16. Bagaimana pendapat Anda tentang rencana tersebut?
- Sangat mendukung
 - Mendukung
 - Cukup mendukung
 - Kurang mendukung
 - Tidak mendukung

17. Materi pokok mana menurut Anda penting untuk dikembangkan dalam media bantu pembelajaran?

Materi kelas XI:

- a. Sel
- b. Jaringan tumbuhan
- c. Jaringan hewan
- d. Sistem gerak
- e. Sistem sirkulasi
- f. Sistem pencernaan
- g. Sistem pernapasan
- h. Sistem ekskresi
- i. Sistem koordinasi
- j. Sistem reproduksi
- k. Sistem imun

Lampiran 2. Hasil Analisis Kebutuhan

No.	Pertanyaan	Jawaban	Persentase
1.	Apa pendapat Anda mengenai mata pelajaran Biologi?	a. Sangat menyenangkan	7,32%
		b. Menyenangkan	53,66%
		c. Biasa saja	36,56%
		d. Kurang menyenangkan	2,44%
		e. Sangat tidak menyenangkan	0
2.	Menurut Anda, faktor apa saja yang menyebabkan materi Biologi menjadi kurang menyenangkan? (Jumlah responden 1 siswa)	a. Terlalu banyak hapalan	33,33%
		b. Materi terlalu abstrak	0
		c. Proses pembelajaran yang monoton dan membosankan	33,33%
		d. Cara penyajian guru yang kurang jelas	0
		e. Banyak istilah asing yang sulit diingat	33,33%
		f. Lainnya	0
3.	Menurut Anda, bagaimana cara menjadikan Biologi sebagai mata pelajaran yang menyenangkan? (Jumlah responden 1 siswa)	a. Memperbanyak praktikum	25,00%
		b. Dengan tutorial	0
		c. Memperbanyak belajar di luar kelas	25,00%
		d. Menggunakan media bantu yang menarik	25,00%
		e. Belajar mandiri yang menyenangkan	25,00%
		f. Lainnya	0%
4.	Media apa yang biasa digunakan dalam pembelajaran Biologi?	a. Carta/bagan/grafik	9,76%
		b. Modul	26,83%
		c. Video	31,71%
		d. LCD/ power point	51,22%
		e. Lainnya	12,19%
5.	Apakah media tersebut dapat membantu dalam pembelajaran Biologi?	a. Sangat membantu	41,46%
		b. Membantu	31,71%
		c. Cukup membantu	19,51%
		d. Kurang membantu	7,32%
		e. Tidak membantu	0
6.	Apakah Anda mengetahui tentang pembelajaran mandiri?	a. Ya	75,61%
		b. Tidak	24,39%
7.	Apakah pembelajaran mandiri dapat memberikan motivasi kepada Anda saat belajar di luar kelas?	a. Sangat memotivasi	7,32%
		b. Memotivasi	48,78%
		c. Cukup memotivasi	19,51%
		d. Kurang memotivasi	0
		e. Tidak memotivasi	0

8.	Jika Anda melakukan pembelajaran mandiri, apakah membutuhkan media khusus?	a. Ya	81,25%
		b. Tidak	18,75%
9.	Media seperti apa yang Anda butuhkan dalam pembelajaran mandiri?	a. CD interaktif	16,36%
		b. Power point	27,27%
		c. Modul saku	30,91%
		d. Audio MP3	23,64%
		e. Lainnya	1,82%
10.	Apakah Anda mengetahui mengenai modul saku?	a. Sangat mengetahui	4,88%
		b. Mengetahui	34,15%
		c. Cukup mengetahui	34,15%
		d. Kurang mengetahui	12,20%
		e. Tidak mengetahui	9,76%
11.	Apakah Anda mengetahui mengenai audio MP3?	a. Sangat mengetahui	36,59%
		b. Mengetahui	39,02%
		c. Cukup mengetahui	17,07%
		d. Kurang mengetahui	4,88%
		e. Tidak mengetahui	2,44%
12.	Apakah Anda suka mendengarkan audio MP3 melalui handphone/ Ipod/ sejenisnya?	a. Sangat suka	58,54%
		b. Suka	39,02%
		c. Cukup suka	0
		d. Kurang suka	0
		e. Tidak suka	2,44%
13.	Seberapa sering Anda mendengar audio MP3?	a. Lebih dari 10 kali dalam seminggu	46,35%
		b. 3-9 kali dalam seminggu	39,02%
		c. Kurang dari 3 kali dalam seminggu	14,63%
		d. Tidak pernah	0
14.	Apakah Anda mengetahui mengenai media modul saku yang dilengkapi audio MP3?	a. Sangat tahu	9,76%
		b. Tahu	60,96%
		c. Cukup tahu	17,07%
		d. Kurang tahu	4,88%
		e. Tidak tahu	2,44%
15.	Bagaimana pendapat Anda mengenai media modul saku yang dilengkapi audio MP3?	a. Sangat menarik	14,63%
		b. Menarik	65,85%
		c. Cukup menarik	17,07%
		d. Kurang menarik	0
		e. Tidak menarik	0
<i>Selanjutnya akan dikembangkan media belajar biologi berupa modul saku yang dilengkapi audio MP3 materi biologi di sekolah.</i>			
16.	Bagaimana pendapat Anda tentang rencana tersebut?	a. Sangat mendukung	53,66%
		b. Mendukung	43,90%

		c. Cukup mendukung	2,44%
		d. Kurang mendukung	0
		e. Tidak mendukung	0
17.	Materi pokok mana menurut Anda penting untuk dikembangkan dalam media sebagai sumber belajar mandiri? Materi kelas XI:	a. Sel	9,76%
		b. Jaringan tumbuhan	0
		c. Jaringan hewan	2,44%
		d. Sistem gerak	0
		e. Sistem sirkulasi	4,88%
		f. Sistem pencernaan	2,44%
		g. Sistem pernapasan	2,44%
		h. Sistem ekskresi	2,44%
		i. Sistem koordinasi	4,88%
		j. Sistem reproduksi	34,15%
		k. Sistem imun	36,59%

Lampiran 3. Hasil Wawancara Guru

Tujuan : Memperoleh informasi mengenai pembelajaran Biologi

Bentuk wawancara : Wawancara terbuka

Responden : Guru Biologi kelas XI SMA

Waktu : 24 Maret 2011

Tempat : SMA Negeri 107 Jakarta

1. Berapa lama Bapak/ Ibu mengajar di sekolah ini?

Jawaban : 19 tahun

2. Berapa waktu pelajaran biologi dalam seminggu?

Jawaban : 12 jam pelajaran

3. Berapa alokasi waktu untuk pelajaran biologi di sekolah ini?

Jawaban : 45 menit per jam pelajaran

4. Buku Biologi apa yang digunakan untuk mengajar di kelas?

Jawaban : Buku kelas XI dan *text book* yang dapat mendukung materi Biologi.

5. Apa kekurangan dan kelebihan buku tersebut?

Jawaban : Tidak terlalu banyak kekurangan karena dibantu juga dengan *text book*.

6. Media pembelajaran apa yang pernah digunakan?

Jawaban : Power point

7. Sarana apa saja yang tersedia di sekolah ini yang mendukung kegiatan belajar mengajar biologi dan sering Bapak/ Ibu gunakan untuk mengajar?

Jawaban : LCD

8. Kesulitan apa saja yang sering dihadapi ketika mengajar biologi?

Jawaban : Siswa mudah jenuh, materi yang telah lalu mudah terlupakan oleh siswa.

9. Pada materi apa siswa mengalami kesulitan untuk melampaui SKM?

Jawaban : Sistem regulasi, sistem reproduksi, sistem imun

10. Metode belajar apa yang biasa digunakan untuk mengajar?

Jawaban : Ceramah, presentasi, diskusi.

11. Apakah Bapak/ Ibu mengetahui bahwa modul saku yang dilengkapi audio MP3 dapat digunakan sebagai salah satu media dalam pembelajaran biologi?

Jawaban : Ya, modul saku dan audio MP3 dapat dijadikan media dalam pembelajaran biologi.

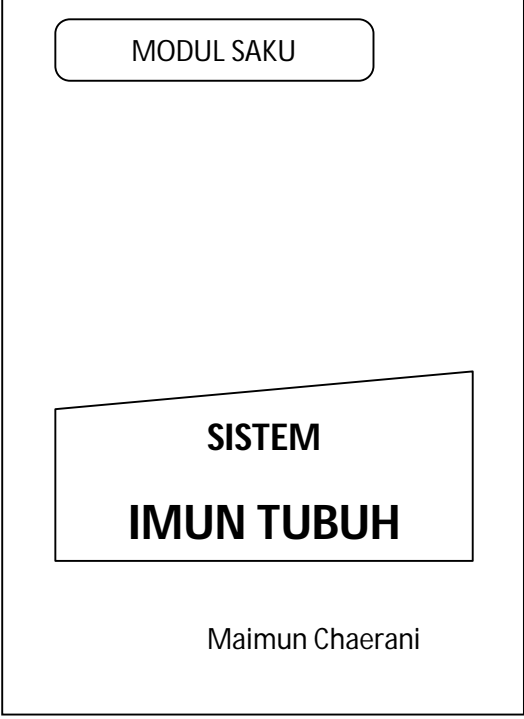
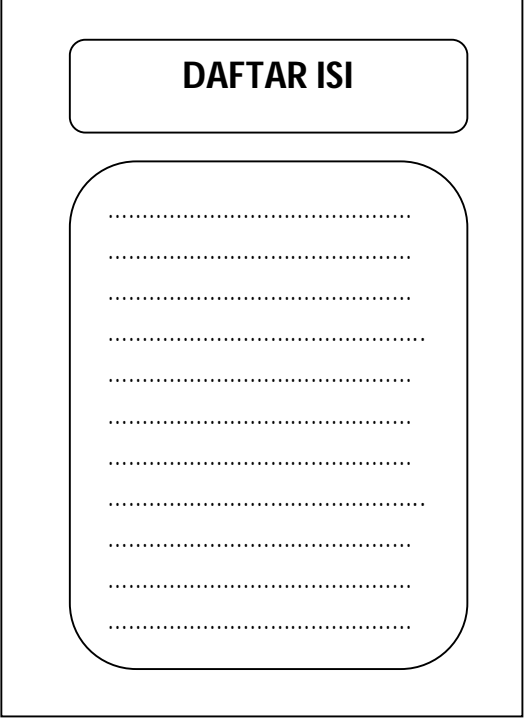
12. Bagaimana pendapat Bapak/ Ibu tentang rencana pembuatan media modul saku yang dilengkapi audio MP3?

Jawaban : Sangat mendukung, mungkin dapat membantu siswa agar tidak jenuh dengan kegiatan belajar selama ini.

13. Jika setuju, menurut Bapak/ Ibu materi biologi apa yang sesuai untuk dibuat dalam bentuk buku saku dan audio?

Jawaban : Semua materi cocok untuk dibuat media tersebut. Namun, materi sistem imun mungkin lebih dibutuhkan, karena materi tersebut merupakan materi baru. Agar pembelajarannya lebih variatif.

Lampiran 4. Storyboard

Tampilan	Keterangan
	<p>Halaman: cover</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cover depan • Ukuran 10,5 x 7,4 cm • Berisikan judul dari modul saku yang akan dibuat
	<p>Halaman: i</p> <p>Daftar isi</p> <p>Berisikan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daftar Isi • Petunjuk Belajar • Kompetensi Belajar • Pengertian sistem imun dan fungsi sistem imun • Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama • Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua • Respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga • Cara memperoleh imunitas aktif • Cara memperoleh imunitas pasif • Kelainan pada sistem imun • Daftar Pustaka

<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Petunjuk Belajar</p> <p>..... </p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Materi sistem imun 2. SMS (Singkatan Materi Sistem Imun) 3. Rangkuman 4. Soal Latihan </div>	<p>Halaman: ii</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pada halaman berikutnya, terdapat petunjuk belajar. - Petunjuk belajar dengan poin: <ul style="list-style-type: none"> • Materi sistem imun • SMS (Singkatan materi sistem imun) • Rangkuman • Soal latihan • Notes
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <p>Kompetensi belajar</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Standar kompetensi</p> <p>.....</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Kompetensi Dasar</p> <p>.....</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Indikator</p> <p>.....</p> </div> </div>	<p>Halaman: v</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standar kompetensi: Menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas. • Kompetensi dasar: Menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit. • Indikator: <ol style="list-style-type: none"> 1) Menjelaskan fungsi sistem imun tubuh. 2) Mengidentifikasi sistem pertahanan tubuh secara alami. 3) Membedakan respon imun non spesifik dan spesifik pada sistem imun. 4) Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas. 5) Menjelaskan kelainan-kelainan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia.

<div data-bbox="331 293 802 367" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> SUB BAB 1 </div> <div data-bbox="349 405 775 949" style="border: 1px solid black; padding: 20px; text-align: center; margin-top: 10px;"> ISI MATERI </div>	<p>Halaman: 1</p> <p>1. Sistem Imun dan Fungsi Sistem Imun</p> <p>Terdapat materi mengenai sistem imun dan fungsi sistem imun serta pembagian pertahanan sistem imun secara umum.</p>
<div data-bbox="316 1182 778 1256" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> S.. M.. S.. </div> <div data-bbox="336 1294 756 1839" style="border: 1px solid black; padding: 20px; text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>	<p>Halaman: 8</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berisi singkatan materi sistem imun

<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto 10px auto;"> SUB BAB 2 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; width: 80%; margin: 0 auto;"> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center; transform: rotate(-45deg);">I S I M A T E R I</p> </div> </div>	<p>Halaman:15</p> <p>2. Respon tubuh nonspesifik pertahanan pertama</p> <p>Terdapat materi mengenai respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama meliputi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kulit • Membran mukosa • Sekresi alami • Bakteri alami
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto 10px auto;"> SUB BAB 3 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; width: 80%; margin: 0 auto;"> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center; transform: rotate(-45deg);">I S I M A T E R I</p> </div> </div>	<p>Halaman: 25</p> <p>3. Respon tubuh nonspesifik pertahanan kedua</p> <p>Terdapat materi mengenai respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua yang meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • fagosit • sel pembunuh alami (NK cell) • Protein komplemen • Interferon • Sitokin • Inflamasi. <p>Pada materi inflamasi, terdapat audio 1 yang dapat didengarkan mengenai <i>mekanisme terjadinya inflamasi</i>.</p>

SUB BAB 4

ISI MATERI

Halaman: 47

4. Respon tubuh spesifik pertahanan ketiga

Terdapat materi mengenai respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga yang meliputi:

- Pembentukan sel B dan sel T
- Sel B
- Teori seleksi Klon
- Produksi antibodi
- Struktur dan cara kerja antibodi
- Sel T

Pada materi pembentukan sel B dan Sel T, terdapat **audio 2** yang dapat didengarkan mengenai *Pembentukan Sel B dan Sel T*.

Pada materi teori seleksi klon, terdapat **audio 3** yang dapat didengarkan mengenai *Teori Seleksi Klon dalam produksi antibodi*.

Pada materi struktur dan cara kerja antibodi terdapat **audio 4** yang dapat didengarkan mengenai *Mekanisme kerja antibodi*.

<p style="text-align: center;">SUB BAB 5</p> <p style="text-align: center;"><i>ISI MATERI</i></p>	<p>Halaman: 71</p> <p>5. Cara Memperoleh Imunitas Aktif</p> <p>Terdapat materi perolehan imunitas tubuh secara aktif yang terdiri dari:</p> <ul style="list-style-type: none">• Imunitas Aktif Alami• Imunitas Aktif Diinduksi
<p style="text-align: center;">SUB BAB 6</p> <p style="text-align: center;"><i>ISI MATERI</i></p>	<p>Halaman: 81</p> <p>6. Cara memperoleh imunitas pasif</p> <p>Terdapat materi perolehan imunitas tubuh secara pasif yang terdiri dari:</p> <ul style="list-style-type: none">• Imunitas Pasif Alami• Imunitas Pasif Diinduksi

<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>SUB BAB 7</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; margin: 10px 0;"> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; transform: rotate(-45deg);">ISI MATERI</p> </div> </div>	<p>Halaman: 89</p> <p>7. Kelainan pada sistem imun</p> <p>Terdapat materi mengenai kelainan yang dapat terjadi pada sistem imun yang meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alergi • Ketidakcocokan golongan darah • Autoimun • Penolakan terhadap organ transplantasi • Defisiensi sistem imun <p>Pada materi alergi terdapat audio 5 mengenai <i>mekanisme terjadinya alergi</i>.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>RANGKUMAN</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0; border-radius: 15px;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 6. </div> </div>	<p>Tersedia setelah masing-masing sub bab dipaparkan</p>

SOAL LATIHAN

Jawablah pertanyaan berikut dengan tepat!

1.
.....
.....
2.
.....
.....
3.
.....
.....

- Setelah halaman rangkuman, terdapat latihan berupa pertanyaan-pertanyaan
- Tersedia pada masing-masing sub bab.
- Pertanyaan terdapat dalam dua bentuk, yaitu pilihan ganda dan isian.

NOTE:

Terdapat halaman yang disediakan bagi siswa untuk membuat catatan pribadi mengenai materi yang berkaitan.

Kunci Jawaban

1. D
2. E
3. C
4. A
5. D

- Halaman berikutnya yaitu kunci jawaban dari pertanyaan yang disajikan.



- Materi sistem imun dalam bentuk audio MP3 yang disajikan, yaitu:
 1. Mekanisme Inflamasi
 2. Pembentukan limfosit B dan limfosit T
 3. Teori seleksi klon dalam produksi antibodi
 4. Cara kerja antibodi
 5. Mekanisme alergi

- Narasi pada Audio 1. Mekanisme terjadinya inflamasi
- Alokasi waktu: 10-15 menit

Inflamasi atau peradangan. Perhatikan gambar 7.

Peradangan mengacu pada serangkaian proses nonspesifik inheren yang saling berhubungan dan diaktifkan sebagai respon terhadap invasi benda asing, kerusakan jaringan, atau keduanya. Tujuan akhir dari peradangan adalah untuk menarik protein plasma dan fagosit ke tempat yang cedera atau terinvasi agar keduanya dapat:

1. Mengisolasi, menghancurkan, atau menginaktifkan agen yang masuk,
2. Membersihkan debris, dan
3. Mempersiapkan jaringan untuk proses penyembuhan dan perbaikan.

Respon peradangan secara keseluruhan sangatlah mirip, apapun proses pencetusnya, baik itu invasi bakteri, cedera kimiawi, atau trauma mekanis. Selama respon peradangan biasanya dijumpai rangkaian kejadian berikut. (sebagai suatu contoh, kita menggunakan invasi bakteri melalui kulit sebagai faktor pencetus).

1. Pertahanan oleh makrofag jaringan residen

Ketika bakteri masuk ke dalam tubuh melalui suatu kerusakan di kulit, makrofag yang sudah berada di daerah tersebut segera memfagosit mikroba-mikroba asing yang masuk tersebut. walaupun biasanya tidak terdapat dalam jumlah yang cukup untuk menghadapi serangan itu sendirian, makrofag residen menahan infeksi selama periode sekitar satu jam pertama, sebelum mekanisme lain dapat dimobilisasi. Makrofag biasanya bersifat agak stasioner, memakan debris dan kontaminan yang ditemuinya. Tetapi apabila diperlukan, sel-sel ini menjadi mobil dan bermigrasi ke tempat-tempat pertempuran melawan agen invasif.

2. Vasodilatasi lokal

Hampir segera setelah invasi mikroa, arteriol di daerah tersebut berdilatasi, sehingga terjadi peningkatan aliran darah ke tempat cedera. Vasodilatasi lokal ini terutama disebabkan oleh histamin yang dikeluarkan ke jaringan yang rusak oleh sel *mast*, sejenis sel yang terikat ke jaringan dan mirip dengan basofil darah. Peningkatan penyaluran darah lokal tersebut menyebabkan lebih banyak leukosit fagositik dan protein plasma yang tiba di tempat tersebut.

3. Peningkatan permeabilitas kapiler

Histamin yang dikeluarkan juga meningkatkan permeabilitas kapiler dengan memperbesar pori-pori kapiler, sehingga protein-protein plasma yang dalam keadaan normal tidak dapat keluar dari pembuluh darah dapat lolos ke jaringan yang meradang.

4. Edema lokal

Protein plasma yang bocor dan tertimbun di cairan interstisium tersebut menimbulkan tekanan osmotik koloid. Peningkatan tekanan osmotik lokal ini, yang disertai dengan peningkatan tekanan darah kapiler akibat peningkatan

aliran darah, cenderung meningkatkan filtrasi dan menurunkan reabsorpsi cairan menembus kapiler yang bersangkutan. Hasil akhir pergeseran keseimbangan cairan ini adalah edema lokal. Dengan demikian, pembengkakan yang sering kita jumpai menyertai peradangan disebabkan oleh perubahan-perubahan vaskuler yang diinduksi oleh histamin. Demikian juga, manifestasi peradangan lain yang bersifat makro, misalnya kemerahan dan panas, sebagian besar disebabkan oleh peningkatan aliran darah arteri yang hangat ke jaringan yang rusak. Nyeri disebabkan oleh distensi lokal di dalam jaringan yang membengkak dan oleh efek langsung zat-zat lokal di ujung-ujung reseptor neuron aferen yang mempersarafi daerah tersebut. Ingatlah bahwa karakteristik proses peradangan yang dapat diamati ini merupakan kejadian yang berkebetulan dengan tujuan utama perubahan vaskuler di daerah yang cedera.

5. Pembatasan daerah yang meradang

Protein plasma yang bocor yang paling penting bagi respon imun adalah protein yang terlibat dalam sistem komplemen dan sistem kinin serta faktor pembekuan dan antipembekuan. Apabila terpajan ke tromboplastin jaringan di jaringan yang cedera dan zat-zat kimia yang spesifik yang dikeluarkan oleh fagosit di tempat kejadian, fibrinogen, faktor akhir dalam sistem pembekuan, diubah menjadi fibrin. Fibrin membentuk bekuan cairan interstisium di ruang-ruang di sekitar bakteri penginvansi dan sel yang rusak. Pembatasan daerah yang cedera dari jaringan di sekitarnya ini mencegah atau paling tidak memperlambat penyebaran bakteri dan produk-produk toksiknya. Kemudian, faktor-faktor antipembekuan yang lebih lambat diaktifkan secara bertahap melarutkan bekuan setelah bekuan tersebut tidak lagi diperlukan. Beberapa bakteri, misalnya streptokokus, menghasilkan enzim-enzim yang bekerja pada plasminogen, suatu prekursor protein plasma inaktif, dan mengubahnya menjadi plasmin, suatu enzim proteolitik yang melarutkan bekuan fibrin.

6. Emigrasi leukosit

Dalam satu jam setelah cedera, daerah yang terkena sudah dipadati oleh leukosit yang keluar dari pembuluh. Neutrofil adalah sel yang pertama kali tiba, diikuti 8-12 jam berikutnya oleh monosit yang bergerak lebih lambat. Monosit membesar dan berubah menjadi makrofag dalam periode 8-12 jam berikutnya.

Emigrasi leukosit dari darah ke jaringan melibatkan proses marginasi, diapedesis, gerakan amuboid, dan keemotaksis. Marginasi mengacu pada melekatnya leukosit darah, terutama neutrofil dan monosit, ke bagian dalam lapisan endotel kapiler di jaringan yang terkena. Dengan segera, leukosit mulai keluar dari pembuluh darah dengan mekanisme yang dikenal dengan diapedesis. Leukosit, dengan mengambil perilaku mirip amuba, menjulurkan suatu tonjolan panjang-ramping menembus pori-pori kapiler, kemudian bagian sel lainnya mengalir ke dalam tonjolan tersebut. Dengan cara ini, leukosit mampu menyelinap melalui pori-pori kapiler dan bergerak seperti amuba menuju ke tempat kerusakann jaringan dan invasi bakteri.

7. Proliferasi leukosit

Makrofag jaringan residen serta leukosit yang keluar dari darah dan bermigrasi ke tempat peradangan segera disusul oleh sel-sel fagositik yang baru direkrut dari sumsum tulang. Dalam beberapa jam setelah respon peradangan, jumlah neutrofil dalam darah mungkin meningkat 4-5 kali lipat daripada jumlah normalnya. Peningkatan ini sebagian disebabkan oleh pemindahan sejumlah besar neutrofil yang sudah ada dari simpanan di sumsum tulang ke darah yang disebabkan oleh pembentukan neutrofil baru di sumsum tulang. Juga terjadi peningkatan pembentukan monosit yang berlangsung lebih lambat tetapi lebih bertahan lama di sumsum tulang sehingga lebih banyak lagi tersedia sel-sel prekursor makrofag. Selain itu, multiplikasi makrofag residen menambah simpanan sel-sel imun yang penting ini. Proliferasi neutrofil, monosit, dan makrofag baru serta mobilisasi simpanan neutrofil dirangsang oleh berbagai mediator kimiawi yang dikeluarkan dari tempat peradangan.

8. Destruksi bakteri oleh leukosit

Neutrofil dan makrofag membersihkan daerah yang meradang dari zat-zat toksik atau infeksius serta debris jaringan. Tindakan pembersihan ini adalah fungsi primer respon peradangan. Kedua sel tersebut melakukan dengan cara fagositik dan nonfagositik.

9. Perbaikan jaringan

Tujuan akhir proses peradangan adalah untuk mengisolasi dan menghancurkan zat-zat perusak dan untuk membersihkan daerah tersebut agar dapat dilakukan perbaikan jaringan. Di sebagian jaringan seperti kulit, tulang, dan hati, sel-sel spesifik organ yang masih sehat di tempat cedera

mengalami pembelahan sel untuk mengganti sel-sel yang hilang, sehingga perbaikannya sering sempurna. Namun, di jaringan yang bersifat nonregeneratif, misalnya saraf dan otot, sel-sel yang hilang diganti oleh jaringan parut. Fibroblast, sejenis sel jaringan ikat, mulai membelah secara cepat di sekitar tempat cedera dan mengeluarkan sejumlah besar protein kolagen yang mengisi bagian yang ditinggalkan oleh sel yang hilang dan menyebabkan terbentuknya jaringan parut. Bahkan di jaringan yang mudah diganti seperti pada kulit, jaringan parut kadang-kadang terbentuk jika struktur-struktur kompleks di sekitarnya, misalnya folikel rambut dan kelenjar keringat, mengalami kerusakan permanen akibat luka dalam.

- Narasi pada Audio 2. Pembentukan limfosit B dan Limfosit T

- Alokasi waktu: 2-3 menit

Limfosit B dan limfosit T memiliki riwayat hidup yang berbeda dan yang lebih penting, sifat dan juga fungsi yang berbeda. Kedua jenis limfosit seperti sel darah lainnya, berasal dari sel abakal yang sama di sumsum tulang. Apakah suatu limfosit dan semua turunannya akan menjadi sel B atau T bergantung pada tempat diferensiasi dan pematangan akhir dari sel semula. Selama masa perkembangan, sebagian limfosit imatur bermigrasi melalui darah ke timus, tempat dimana sel-sel tersebut mengalami pengolahan lebih lanjut untuk menjadi limfosit T. timus adalah suatu jaringan limfoid yang terletak di garis tengah di dalam rongga dada di atas jantung dalam ruang di antara kedua paru. Limfosit yang matang tanpa melalui timus akan menjadi limfosit B. limfosit pertama kali ditemukan pada burung, tempat proses pematangannya berlangsung di jaringan limfoid terkait usus yang khas untuk burung, yaitu bursa fabrisius, dari hal inilah berasal nama limfosit B. Pada manusia, tempat pematangan dan diferensiasi sel B masih belum jelas, walaupun secara umum diperkirakan berlangsung di sumsum tulang.

Setelah dikeluarkan ke dalam darah dari sumsum tulang atau timus, sel B dan T matang berdiam di jaringan limfoid perifer untuk membentuk koloni. Disini, setelah mendapat stimulasi yang tepat, sel-sel tersebut mengalami pembelahan untuk menghasilkan generasi baru sel B atau T. setelah masa perkembangan ini, sebagian besar limfosit baru berasal dari koloni limfosit perifer ini dan bukan dari sumsum tulang.

- Narasi pada Audio 3. Teori seleksi klon dalam produksi antibodi
- Alokasi waktu: 4-5 menit

Pada tahun 1955, seorang ilmuwan dari Australia, Sir Macfarlane Burnet, mengajukan teori seleksi klon. Sebelum jumlah antibodi mencukupi kebutuhan, terjadi penundaan waktu untuk respon imun bekerja. Jika agen infeksi dapat bereplikasi dengan cepat, maka seseorang dapat menjadi sakit sebelum antibodi bereaksi terhadap agen infeksi tersebut.

Bayangkanlah berbagai molekul asing yang mungkin dijumpai oleh seseorang seumur hidupnya. Padahal setiap limfosit B telah diprogram sebelumnya untuk berespon hanya terhadap satu dari jutaan jenis antigen yang berlainan tersebut. antigen lain tidak dapat berikatan dengan sel B yang sama dan menginduksinya untuk menghasilkan antibodi yang berbeda. Dampak luar biasa dari hal ini adalah bahwa masing-masing diri kita diperlengkapi oleh jutaan limfosit b yang berbeda-beda, paling sedikit satu untuk setiap antigen yang mungkin kita jumpai, termasuk limfosit yang spesifik untuk zat-zat sintetik yang tidak terdapat di alam.

Menurut teori imunologi awal, antibodi diperkirakan dibuat sesuai kebutuhan apabila suatu benda asing masuk ke dalam tubuh. Sebaliknya, teori seleksi klon yang sekarang berlaku beranggapan bahwa selama masa perkembangan janin tercipta bermacam-macam limfosit B, yang masing-masing mampu mensintesis antibodi terhadap antigen tertentu sebelum limfosit tersebut bertemu dengannya. Semua turunan dari limfosit B tertentu membentuk satu keluarga yang terdiri dari sel-sel identik, atau klon, yang memiliki komitmen untuk menghasilkan antibodi spesifik yang sama. Sel-sel B tetap dorman, tidak mengeluarkan produk antibodi khusus mereka, kecuali apabila mereka berkontak dengan antigen yang sesuai. Jika suatu antigen berhasil masuk ke dalam tubuh, antigen tersebut akan mengaktifkan klon sel B tertentu yang memiliki reseptor di permukaannya yang spesifik terhadap antigen tersebut.

Antibodi pertama yang dihasilkan oleh sel B yang baru terbentuk adalah imunoglobulin M, yang kemudian dilekatkan ke membran plasma sel dan tidak disekresikan. Di membran, IgM berfungsi sebagai reseptor untuk mengikat antigen spesifik. Pengikatan antigen yang sesuai ke sel B sama seperti memesan sel B untuk menghasilkan dan mensekresikan antibodi tersebut dalam jumlah besar.

Pengikatan antigen menyebabkan klon sel B yang sudah diaktifkan

bermultiplikasi dan berdiferensiasi menjadi dua jenis sel, yaitu sel plasma dan sel penguat. Sebagian besar progeny diubah menjadi sel plasma, yaitu penghasil antibodi yang memiliki tempat pengikatan antigen yang sama dengan reseptor permukaan. Walaupun demikian, sel plasma mengubah produksinya dari IgM ke IgG, yang disekresikan dan tidak tetap menempel di membran plasma. Di dalam darah, antibodi yang disekresikan tersebut berikatan dengan antigen bebas yang tidak melekat ke limfosit, memberikan tanda kepada antigen tersebut agar dapat dihancurkan oleh sistem komplemen, ingesti fagositik, atau cara lain.

Tidak semua limfosit B baru yang dihasilkan oleh pengaktifan klon berdiferensiasi menjadi sel plasma penghasil antibodi. Sebagian kecil sel limfosit B berubah menjadi sel penguat yang tidak ikut serta dalam respon imun yang sedang berlangsung, tetapi tetap dorman dan memperluas klon spesifiknya. Jika orang yang bersangkutan kembali bertemu dengan antigen yang sama, sel-sel penguat ini sudah bersiap untuk melakukan tindakan yang lebih cepat daripada limfosit awal dalam klon.

- Narasi pada Audio 4. Cara kerja antibodi
- Alokasi waktu: 5 menit

Antibodi secara fisik dapat menghalangi sebagian antigen yang dapat menimbulkan efek yang merugikan bagi tubuh. Sebagai contoh, dengan mengikat toksin bakteri, antibodi dapat mencegah zat kimia berbahaya ini berinteraksi dengan sel yang rentan. Proses ini dikenal sebagai netralisasi. Demikian juga, antibodi dapat mengikat antigen-antigen permukaan beberapa jenis virus, sehingga virus-virus tersebut tidak dapat masuk ke dalam sel dan menimbulkan efek yang merugikan bagi tubuh. Kadang-kadang beberapa molekul antibodi dapat membentuk ikatan silang dengan molekul-molekul antigen untuk membentuk rantai kompleks antigen-antibodi.

Aglutinasi adalah istilah yang diterapkan untuk proses yang terjadi ketika sel-sel asing, misalnya bakteri atau transfuse sel darah yang tidak cocok, berikatan bersama-sama membentuk gumpalan. Apabila kompleks antigen-antibodi semacam itu melibatkan antigen yang larut, misalnya toksin tetanus, rantai yang terbentuk dapat berukuran sedemikian besar, sehingga menyebabkan pengendapan. Di dalam tubuh, mekanisme perintang fisik ini hanya memiliki sedikit peran protektif untuk menahan invasi mikroba. Walaupun demikian,

kecenderungan antigen-antigen tertentu untuk menggumpal atau mengendap pada saat membentuk kompleks besar dengan antibodi spesifiknya secara klinis dan untuk kepentingan eksperimen sangat berguna untuk mendeteksi adanya antigen atau antibodi tertentu.

Fungsi antibodi yang paling penting sejauh ini adalah meningkatkan respon imun nonspesifik yang sudah dimulai oleh masuknya zat asing. Antibodi memberikan tanda atau mengidentifikasi benda asing sebagai suatu sasaran yang harus dihancurkan oleh sistem komplemen, fagosit, atau sel-sel pembunuh. Sementara, untuk meningkatkan aktivitas berbagai sistem pertahanan tersebut dilakukan langkah berikut:

1. Pengaktifan sistem komplemen

Apabila suatu antigen yang sesuai berikatan dengan antibodinya, reseptor di bagian ekor antibodi akan berikatan dan mengaktifkan C1, komponen pertama sistem komplemen. Hal ini memulai jenjang reaksi yang akhirnya menyebabkan terbentuknya *membrane attack complex*, yang secara fisik ditujukan pada membran sel asing yang masuk yang mengandung antigen yang memulai proses pengaktifan. Pada kenyataannya, antibodi adalah aktivator paling kuat sistem komplemen. Serangan biokimia yang ditujukan pada membran sel asing ini adalah mekanisme terpenting bagi antibodi untuk melaksanakan fungsi protektif mereka. Selain itu, berbagai komponen komplemen yang sudah aktif meningkatkan hampir semua aspek proses peradangan. Perhatikan bahwa sistem komplemen yang sama diaktifkan oleh suatu kompleks antigen-antibodi apapun jenis antigennya. Walaupun pengikatan antigen ke antibodi bersifat sangat spesifik, hasil akhirnya yang ditentukan oleh bagian ekor konstan antibodi, identik untuk semua antibodi di dalam subkelas tertentu. Sebagai contoh, semua antibodi IgG mengaktifkan sistem komplemen yang sama.

2. Peningkatan fagositosis

Seperti telah dinyatakan, antibodi, terutama IgG berfungsi sebagai opsonin. Bagian ekor antibodi IgG yang berikatan dengan antigen mampu mengikat reseptor di permukaan fagosit dan kemudian memudahkan fagositosis korban yang mengandung antigen yang melekat ke antibodi.

3. Stimulasi sel pembunuh

Pengikatan antibodi ke antigen juga menginduksi serangan sel pembawa antigen oleh killer cell (sel K). Sel K serupa dengan sel NK, kecuali bahwa sel

K mensyaratkan sel sasaran dilapisi oleh antibodi sebelum dapat dihancurkan melalui proses lisis membran plasmanya.

Dengan cara-cara tersebut, antibodi walaupun tidak mampu secara langsung menghancurkan sel bakteri atau bahan lain yang tidak diperlukan, dapat menyebabkan destruksi antigen yang melekat padanya secara spesifik dengan memperkuat mekanisme pertahanan letal nonspesifik yang lain.

- Narasi pada Audio 5. Mekanisme alergi
- Alokasi waktu: 3-5 menit

Mekanisme alergi.

Alergi yang paling umum melibatkan antibodi dari kelas IgE. Sebagai contoh, *hay fever* terjadi ketika sel plasma mensekresi IgE yang spesifik terhadap allergen serbuk sari. Beberapa di antara antibodi IgE terikat melalui ekornya ke sel-sel *mast* yang terdapat dalam jaringan ikat, tanpa berikatan dengan serbuk sari. Kemudian, ketika butiran serbuk sari itu memasuki tubuh, serbuk sari terikat dengan tempat pengikatan antigen dari sel-sel *mast* yang berasosiasi dengan IgE, sehingga mengaitkan molekul-molekul antibodi yang berdekatan. Kejadian ini menginduksi sel-sel *mast* untuk mengalami degranulasi, yaitu membebaskan histamin dan agen peradangan lain dari vesikula yang disebut granula.

Ingat, bahwa histamin menyebabkan pembesaran dan peningkatan permeabilitas pembuluh darah kecil. Kejadian peradangan ini menghasilkan gejala alergi yang khas, seperti bersin, hidung berair, mata berair, dan kontraksi otot polos yang dapat menyebabkan kesulitan bernapas. Antihistamin akan menurunkan gejala alergi dengan cara menghambat reseptor untuk histamin. Konsekuensi respon alergik akut yang paling serius adalah renjatan anafilaktik, yang merupakan suatu reaksi terhadap allergen yang tertelan atau disuntikkan, yang dapat mengancam jiwa manusia. Renjatan anafilaktik terjadi ketika degranulasi sel *mast* yang menyebar luas itu memicu pembesaran pembuluh darah peripheral secara mendadak. Kematian bisa terjadi dalam tempo beberapa menit. Respon alergi terhadap racun lebah atau penisilin dapat menyebabkan renjatan anafilaktik pada orang-orang yang sangat alergi terhadap zat-zat ini. Demikian juga, orang yang sangat alergi terhadap kacang tanah, ikan, atau makanan lain, dapat meninggal hanya karena memakan sejumlah kecil saja allergen tersebut.

Perhatikan gambar 13, pada pemaparan pertama ke suatu alergen, sel-sel plasma mensekresikan antibodi IgE yang spesifik terhadap alergen tersebut. Beberapa di antara antibodi tersebut terikat pada bagian ekornya ke sel *mast*. Setelah pemaparan kedua, ketika alergen itu berikatan dengan IgE yang sudah ada pada sel *mast*, degranulasi sel itu pun terpicu. Granulasi seluler menghasilkan histamin, yang menyebabkan sebagian besar gejala alergi.

Lampiran 5. Hasil Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Materi

**Instrumen Kelayakan Bahan Ajar
(Ahli Materi)**

**(Penelitian Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3
Materi Sistem Imun
Sebagai Sumber Belajar Mandiri)**

Pengantar:

- Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan media yang akan dihasilkan.
- Penilaian diberikan dengan rentangan angka sebagai berikut:
1 : Sangat Tidak Baik (STB)
2 : Kurang Baik (KB)
3 : Cukup Baik (CB)
4 : Baik (B)
5 : Sangat Baik (SB)
- Mohon berikan tanda *checklist* (√) pada angka yang telah disediakan sesuai dengan pendapat saudara secara objektif.
- Komentar ataupun saran mohon diberikan secara singkat dan jelas pada kolom yang disediakan.
- Jawaban dan pertanyaan yang saudara berikan akan sangat membantu kami dalam penelitian ini.

TERIMA KASIH

No.	Pernyataan	Interval Jawaban				
		SB	B	CB	KB	STB
		5	4	3	2	1
Aspek Kurikulum						
1.	Materi yang disajikan sesuai dengan kurikulum mata pelajaran Biologi					
2.	Materi tersebut mampu mencapai indikator yang telah ditetapkan					
Aspek Materi						
3.	Cakupan materi yang disajikan sesuai dengan kebutuhan sasaran					
4.	Materi yang disajikan tepat/ akurat					
5.	Konsep materi yang disajikan dalam media benar					
6.	Topik pada modul saku dan audio MP3 sesuai dengan materi					
7.	Materi pelajaran Biologi yang disampaikan pada modul saku dan audio MP3 ini jelas					

Lampiran 6. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Materi

No	Indikator	No. Item	Jml skor	Persentase (%)	Interpretasi
1.	Aspek Kurikulum				
	Kesesuaian dengan kurikulum	1	4	80	Baik
	Kesesuaian dengan indikator	2	4	80	Baik
2.	Aspek Materi				
	Cakupan materi	3	4	80	Baik
	Ketepatan/ keakuratan materi	4,5,6	11	73,33	Baik
	Kejelasan uraian	7	3	60	Cukup baik
3.	Aspek Pembelajaran				
	Penyampaian indikator	8	4	80	Baik
	Urutan penyajian materi	9	3	60	Cukup baik
	Latihan/ tugas	10,11	6	60	Cukup baik
	Merangsang keingintahuan	12	4	80	Baik
	Kesesuaian dengan sasaran	13	4	80	Baik

Lampiran 7. Angket Uji Kelayakan Ahli Media (Modul Saku)

**Instrumen Kelayakan Bahan Ajar
(Ahli Media (Modul Saku))
(Penelitian Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3
Materi Sistem Imun
Sebagai Sumber Belajar Mandiri)**

Pengantar:

- Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan media yang akan dihasilkan.
- Penilaian diberikan dengan rentangan angka sebagai berikut:
1 : Sangat Tidak Baik (STB)
2 : Kurang Baik (KB)
3 : Cukup Baik (CB)
4 : Baik (B)
5 : Sangat Baik (SB)
- Mohon berikan tanda *checklist* (√) pada angka yang telah disediakan sesuai dengan pendapat saudara secara objektif.
- Komentar ataupun saran mohon diberikan secara singkat dan jelas pada kolom yang disediakan.
- Jawaban dan pertanyaan yang saudara berikan akan sangat membantu kami dalam penelitian ini.

TERIMA KASIH

No.	Pernyataan	Interval Jawaban				
		SB	B	CB	KB	STB
		5	4	3	2	1
Aspek Penyajian						
1.	Kemenarikan tampilan yang disajikan dalam modul					
2.	Kesesuaian kombinasi warna yang disajikan dalam modul					
3.	Konsistensi urutan penyajian yang disajikan dalam modul					
4.	Gambar pendukung materi yang disajikan dalam modul					
5.	Materi yang disajikan didukung dengan media lain					
6.	Materi yang disajikan didukung dengan ilustrasi					
7.	Modul menyajikan petunjuk belajar					

8.	Petunjuk belajar yang disajikan cukup mudah dimengerti					
9.	Modul menyajikan kompetensi belajar					
10.	Modul menyajikan soal latihan bagi siswa					
11.	Kemudahan memahami indikator yang disajikan dalam modul saku					
12.	Perumusan indikator pembelajaran					
13.	Kesesuaian indikator dengan materi					
14.	Kesesuaian indikator dengan soal yang disajikan					
Aspek Kegrafikan						
15.	Ketepatan letak petunjuk belajar					
16.	Ketepatan peletakan gambar materi					
17.	Ketepatan peletakan gambar pendukung dan gambar ilustrasi					
18.	Ketepatan spasi kosong pada tiap halaman					
Aspek verbal						
19.	Kesesuaian jenis huruf yang digunakan					
20.	Kesesuaian ukuran huruf dengan ukuran kertas yang digunakan					
21.	Penggunaan warna huruf					
22.	Kesesuaian perpaduan warna pada tiap halaman					
23.	Jarak antar baris sesuai					

Komentar dan Saran:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Nama :..... Paraf :.....

Lampiran 8. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Media Modul Saku

No	Indikator	No. Item	Jml Skor	Persentase (%)	Interpretasi
1.	Aspek Penyajian				
	Teknik penyajian	1, 2	9	90	Sangat baik
	Konsistensi	3	5	100	Sangat baik
	Pendukung penyajian materi	4, 5, 6	13	86,67	Sangat baik
	Penyajian pembelajaran	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	39	97,50	Sangat baik
2.	Aspek Kegrafikan				
	Format dan tata letak	15, 16, 17	12	80	Baik
	Topografi	18	5	100	Sangat baik
3.	Aspek Verbal				
	Jenis huruf	19	4	80	Baik
	Ukuran huruf	20	4	80	Baik
	Warna	21, 22	9	90	Sangat baik
	Jarak	23	5	100	Sangat baik

Lampiran 9. Angket Uji Kelayakan Ahli Media (Audio MP3)

**Instrumen Kelayakan Bahan Ajar
(Ahli Media (Audio MP3))
(Penelitian Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3
Materi Sistem Imun
Sebagai Sumber Belajar Mandiri)**

Pengantar:

- Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan media yang akan dihasilkan.
- Penilaian diberikan dengan rentangan angka sebagai berikut:
1 : Sangat Tidak Baik (STB)
2 : Kurang Baik (KB)
3 : Cukup Baik (CB)
4 : Baik (B)
5 : Sangat Baik (SB)
- Mohon berikan tanda *checklist* (√) pada angka yang telah disediakan sesuai dengan pendapat saudara secara objektif.
- Komentar ataupun saran mohon diberikan secara singkat dan jelas pada kolom yang disediakan.
- Jawaban dan pertanyaan yang saudara berikan akan sangat membantu kami dalam penelitian ini.

TERIMA KASIH

No.	Pernyataan	Interval Jawaban				
		SB	B	CB	KB	STB
		5	4	3	2	1
Kualitas suara						
1.	Narasi yang dihasilkan dapat didengarkan dengan jernih					
2.	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti					
3.	Kecepatan baca dalam audio MP3 sudah baik					
4.	Ketepatan durasi dalam sajian sudah baik					
5.	Audio MP3 ini mempermudah mempelajari modul saku					

Komentar dan Saran:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Nama :..... Paraf :.....

Lampiran 10. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Ahli Media Audio MP3

No.	Indikator	No. Item	Jml Skor	Persentase (%)	Interpretasi
1.	Kualitas Suara				
	Kejernihan suara	1	5	100	Sangat baik
	Penggunaan bahasa	2	5	100	Sangat baik
	Ketepatan durasi dalam sajian	3, 4	8	80	Baik
	Daya dukung audio	5	4	80	Baik

Lampiran 11. Angket Uji Kelayakan Siswa

**Instrumen Kelayakan Bahan Ajar
(Siswa)**

**(Penelitian Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3
Materi Sistem Imun
Sebagai Sumber Belajar Mandiri)**

Pengantar:

- Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan media yang akan dihasilkan.
- Penilaian diberikan dengan rentangan angka sebagai berikut:
1 : Sangat Tidak Baik (STB)
2 : Kurang Baik (KB)
3 : Cukup Baik (CB)
4 : Baik (B)
5 : Sangat Baik (SB)
- Mohon berikan tanda *checklist* (√) pada angka yang telah disediakan sesuai dengan pendapat saudara secara objektif.
- Komentar ataupun saran mohon diberikan secara singkat dan jelas pada kolom yang disediakan.
- Jawaban dan pertanyaan yang saudara berikan akan sangat membantu kami dalam penelitian ini.

TERIMA KASIH

No.	Pernyataan	Interval Jawaban				
		SB	B	CB	KB	STB
		5	4	3	2	1
Aspek Materi						
1.	Materi disajikan secara berurut dan sistematis					
2.	Materi yang disajikan mudah untuk diikuti					
3.	Dengan menggunakan media ini, saya lebih termotivasi untuk belajar					
4.	Media yang disajikan sangat interaktif					
5.	Materi mudah untuk dipahami					
6.	Terdapat soal latihan dalam media yang disajikan					

Aspek Media Modul						
7.	Media yang disajikan menarik					
8.	Perpaduan warna dalam modul saku ini membuat saya tertarik					
9.	Media yang disajikan menyenangkan					
10.	Dengan adanya gambar pendukung membuat saya lebih tertarik dengan modul saku ini					
11.	Bahasa yang digunakan dalam modul saku mudah dipahami dan sederhana					
12.	Modul yang disajikan mudah digunakan					
13.	Modul yang disajikan dapat digunakan dimanapun dan kapanpun					
14.	Tulisan dalam modul saku ini mudah untuk dibaca (tulisan jelas)					
15.	Gambar-gambar yang disajikan dalam modul saku ini jelas					
Aspek Media Audio						
16.	Narasi yang dihasilkan dapat didengarkan dengan jernih					
17.	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti					
18.	Kecepatan penyajian materi sesuai (ketepatan durasi dalam sajian)					
19.	Audio MP3 ini mampu mendukung penggunaan media modul saku					

Komentar:
Kelebihan Media:
.....
.....
.....
.....
.....
Kekurangan Media:
.....
.....
.....
.....
.....
Saran untuk Perbaikan Media:
.....
.....
.....
.....
.....

Nama :..... Paraf :.....

Lampiran 12. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Siswa kelompok Kecil

No	Indikator	No. Item	Jml Skor	Persentase (%)	Interpretasi
1.	Aspek Materi				
	Urutan penyajian materi	1	75	100	Sangat baik
	Kemudahan dalam mengikuti materi	2	65	86.67	Sangat baik
	Merangsang keingintahuan	3	65	86.67	Sangat baik
	Interaktivitas media dalam pembelajaran	4	65	86.67	Sangat baik
	Kemudahan dalam memahami materi	5	63	84	Sangat baik
	Ketersediaan soal latihan	6	67	89.33	Sangat baik
2.	Aspek Media Modul				
	Daya tarik	7, 8, 9, 10	282	94	Sangat baik
	Penggunaan bahasa mudah dipahami	11	69	92	Sangat baik
	Kemudahan digunakan	12, 13	138	92	Sangat baik
	Keterbacaan	14	70	93,33	Sangat baik
	Kejelasan gambar	15	65	86,67	Sangat baik
3.	Aspek Media Audio				
	Kejernihan suara	16	73	97,33	Sangat baik
	Penggunaan bahasa	17	70	93,33	Sangat baik
	Ketepatan durasi dalam sajian	18	65	86,67	Sangat baik
	Daya dukung audio	19	69	92	Sangat baik

Lampiran 13. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Siswa kelompok Besar

No	Indikator	No. Item	Jml Skor	Persentase (%)	Interpretasi
1.	Aspek Materi				
	Urutan penyajian materi	1	171	90	Sangat baik
	Kemudahan dalam mengikuti materi	2	167	87,89	Sangat baik
	Merangsang keingintahuan	3	167	87,89	Sangat baik
	Interaktivitas media dalam pembelajaran	4	164	86,32	Sangat baik
	Kemudahan dalam memahami materi	5	166	87,37	Sangat baik
	Ketersediaan soal latihan	6	171	90	Sangat baik
2.	Aspek Media Modul				
	Daya tarik	7, 8, 9, 10	691	90,92	Sangat baik
	Penggunaan bahasa mudah dipahami	11	166	87,37	Sangat baik
	Kemudahan digunakan	12, 13	353	92,90	Sangat baik
	Keterbacaan	14	172	90,53	Sangat baik
	Kejelasan gambar	15	170	87,37	Sangat baik
3.	Aspek Media Audio				
	Kejernihan suara	16	166	87,37	Sangat baik
	Penggunaan bahasa	17	160	84,21	Sangat baik
	Ketepatan durasi dalam sajian	18	158	83,16	Sangat baik
	Daya dukung audio	19	163	85,79	Sangat baik

Lampiran 14. Angket Uji Kelayakan Guru

**Instrumen Kelayakan Bahan Ajar
(Guru)**

**(Penelitian Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3
Materi Sistem Imun
Sebagai Sumber Belajar Mandiri)**

Pengantar:

- Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan media yang akan dihasilkan.
- Penilaian diberikan dengan rentangan angka sebagai berikut:
 - 1 : Sangat Tidak Baik (STB)
 - 2 : Kurang Baik (KB)
 - 3 : Cukup Baik (CB)
 - 4 : Baik (B)
 - 5 : Sangat Baik (SB)
- Mohon berikan tanda *checklist* (√) pada angka yang telah disediakan sesuai dengan pendapat saudara secara objektif.
- Komentar ataupun saran mohon diberikan secara singkat dan jelas pada kolom yang disediakan.
- Jawaban dan pertanyaan yang saudara berikan akan sangat membantu kami dalam penelitian ini.

TERIMA KASIH

No.	Pernyataan	Interval Jawaban				
		SB	B	CB	KB	STB
		5	4	3	2	1
Aspek Kurikulum						
1.	Materi yang disajikan sesuai dengan kurikulum mata pelajaran Biologi					
2.	Materi tersebut mampu mencapai indikator yang telah ditetapkan					
Aspek Materi						
3.	Cakupan materi yang disajikan sesuai dengan kebutuhan sasaran					
4.	Materi yang disajikan tepat/ akurat					
5.	Konsep materi yang disajikan dalam media benar					
6.	Topik pada modul saku dan audio MP3 sesuai dengan materi					

7.	Materi pelajaran Biologi yang disampaikan pada modul saku dan audio MP3 ini jelas					
Aspek Pembelajaran						
8.	Latihan/ tugas yang disajikan sesuai dengan indikator					
9.	Modul saku dan audio MP3 ini mampu meningkatkan motivasi siswa untuk mempelajari Biologi					
10.	Materi yang disajikan sesuai dengan sasaran yaitu siswa SMA kelas XI IPA					
11.	Dalam modul saku dan audio MP3 disajikan indikator pembelajaran					
12.	Materi Biologi yang disajikan dibuat denganurut/ sistematis					
Aspek Media Modul						
13.	Media yang disajikan menarik					
14.	Perpaduan warna dan gambar dalam modul saku ini membuat saya tertarik					
15.	Bahasa yang digunakan dalam modul saku mudah dipahami dan sederhana					
16.	Modul yang disajikan mudah digunakan					
17.	Modul yang disajikan dapat digunakan dimanapun dan kapanpun					
18.	Gambar-gambar yang disajikan dalam modul saku ini jelas					
19.	Tulisan dalam modul saku ini mudah untuk dibaca (tulisan jelas)					
Aspek Media Audio						
20.	Narasi yang dihasilkan dapat didengarkan dengan jernih					
21.	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti					
22.	Kecepatan penyajian materi sesuai (ketepatan durasi dalam sajian)					
23.	Audio MP3 ini mampu mendukung penggunaan media modul saku					

Lampiran 15. Rekapitulasi Angket Uji Kelayakan Kepada Guru Sebagai Pengguna

No	Indikator	No. Item	Jml Skor	Persentase (%)	Interpretasi
Aspek Kurikulum					
1.	Kesesuaian dengan kurikulum	1	4	80	Baik
	Kesesuaian dengan indikator	2	4	80	Baik
Aspek Materi					
2.	Cakupan materi	3	3	60	Cukup baik
	Ketepatan/ keakuratan materi	4, 5, 6	12	80	Baik
	Kejelasan uraian	7	4	80	Baik
Aspek Pembelajaran					
3.	Latihan/ tugas	8	4	80	Baik
	Merangsang keingintahuan	9	5	100	Sangat baik
	Kesesuaian dengan sasaran	10	5	100	Sangat baik
	Penyampaian indikator	11	4	80	Baik
	Urutan penyajian materi	12	4	80	Baik
Aspek Media Modul					
4.	Daya tarik	13, 14	9	90	Sangat baik
	Penggunaan bahasa mudah dipahami	15	3	60	Cukup baik
	Kemudahan untuk digunakan	16, 17	10	100	Sangat baik
	Kejelasan gambar	18	4	80	Baik
	Keterbacaan	19	4	80	Baik
Aspek Media Audio					
5.	Kejernihan suara	20	4	80	Baik
	Penggunaan bahasa	21	3	60	Cukup baik
	Ketepatan durasi dalam sajian	22	4	80	Baik
	Daya dukung audio	23	4	80	Baik

Lampiran 16. Biodata Ahli

Biodata Ahli Materi

Nama : Dra. Tri Murtiati, M.Kes.

Tempat, tanggal Lahir : 26 Maret 1951

Alamat : Jl. Percetakan Negara V No. B 24,
Jakarta Pusat

No. Telepon : 081511110426

Riwayat Pendidikan Formal :

1. S1 Pendidikan Biologi
2. S2 Fisiologi Manusia – Biomedik Fakultas Kedokteran UI

Bidang Keahlian : Fisiologi Manusia

Biodata Ahli Media

Nama : Dr. Nurdin Ibrahim, M.Pd.

Tempat, tanggal Lahir : Bima, 22 Juli 1949

Alamat : Pisangan Lama RT 06 RW 05 No.31
Kelurahan Pisangan Timur, Jakarta
Timur

No. Telepon : (021) 4720946 / 08129993413

Riwayat Pendidikan Formal :

1. S1 Teknologi Pendidikan IKIP Jakarta tahun 1981
2. S2 Teknologi Pendidikan IKIP Jakarta tahun 1997
3. S3 Teknologi Pendidikan UNJ tahun 2001

Bidang Keahlian :

1. Pendidikan jarak jauh / terbuka
2. Media pembelajaran
3. Pembelajaran dan kurikulum

Lampiran 17. Tampilan Media Modul Saku

	<p style="text-align: center;">DAFTAR ISI</p> <p>Daftar Isi i</p> <p>Petunjuk Belajar ii</p> <p>Kompetensi Belajar vi</p> <p>Pendahuluan 1</p> <p>1. Pengertian sistem imun dan fungsi sistem imun 3</p> <p>2. Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama 17</p> <p>3. Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua 27</p> <p>4. Respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga 51</p> <p>5. Cara memperoleh imunitas aktif 77</p> <p>6. Cara memperoleh imunitas pasif 89</p> <p>7. Kelainan pada sistem imun 99</p> <p>Daftar Pustaka 128</p> <p style="text-align: right;">i</p>
<p style="text-align: center;">Petunjuk Belajar</p> <p>Modul saku ini berisi materi yang dapat membantu untuk mempelajari Biologi bagi siswa kelas XI IPA SMA pada materi sistem imun. Dengan mempelajari modul saku ini, siswa diharapkan dapat mengetahui sistem imun yang bekerja di dalam tubuh manusia dan kelainan-kelainan yang dapat terjadi pada sistem imun tubuh. Selain itu, dengan memahami isi dari modul saku ini, siswa pun dapat menerapkan ilmu yang didapat ke dalam kehidupan sehari-hari. Modul ini berisikan materi sistem imun, SMS, rangkuman, soal latihan, dan beberapa</p> <p style="text-align: right;">ii</p>	<p>pendukung lainnya. Berikut adalah rinciannya.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✚ Materi Sistem Imun Materi sistem imun terdiri dari fungsi sistem imun, lapisan pertahanan sistem imun, bagaimana cara memperoleh kekebalan tubuh, dan kelainan-kelainan yang dapat terjadi dalam sistem imun. ✚ SMS (Singkatan Materi Sistem imun) Menghadirkan singkatan-singkatan yang mempermudah kamu untuk mengingat materi. ✚ Rangkuman Berisi inti pembahasan dalam sub bab bersangkutan. Sehingga kamu bisa <p style="text-align: right;">iii</p>

mengingat ulang dan mendalami materi dalam sub bab tersebut.

✚ Soal latihan

Berisikan pertanyaan mengenai sistem imun tubuh. Pertanyaan tersebut menguji sejauh apa kamu memahami materi yang telah dibaca.

✚ Notes

Terdapat kotak kosong yang disediakan bagi kamu yang mau membuat catatan pribadi mengenai materi sistem imun.

Tiap-tiap kegiatan belajar terkait erat secara berurutan. Karena itu sebaiknya Kamu mengikuti petunjuk belajar berikut ini:

iv

- Bacalah setiap penjelasan yang diberikan dengan cermat dan jangan tergesa-gesa,
- Kemudian kerjakan soal-soal atau latihan yang Kamu temui dan cocokkan jawabanmu dengan kunci jawaban di halaman belakang modul saku ini,
- Gunakan *Handphone*, Ipod, atau MP3 player untuk membantu Kamu memahami materi sistem imun dengan mendengarkan MP3 materi sistem imun,
- Pelajari sekali lagi uraiannya, terutama bagian yang kurang Kamu pahami.

v

Kompetensi Belajar

Standar Kompetensi

Menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas.

Kompetensi Dasar

Menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing berupa antigen dan bibit penyakit.

vi

Indikator:

- 1) Menjelaskan pengertian sistem imun tubuh.
- 2) Mengidentifikasi fungsi sistem imun tubuh.
- 3) Membedakan jenis-jenis respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama.
- 4) Menjelaskan mekanisme respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama.
- 5) Membedakan jenis-jenis respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua.
- 6) Menjelaskan mekanisme respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan

vii

- 7) Membedakan jenis-jenis respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga.
- 8) Menjelaskan mekanisme respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga.
- 9) Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas aktif.
- 10) Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas pasif.
- 11) Menjelaskan kelainan-kelainan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia.
- 12) Membedakan kelainan yang terjadi pada sistem imun tubuh manusia.

viii

PENDAHULUAN

Modul saku ini berisikan materi sistem imun. Setiap bagian dalam modul saku memiliki saling keterkaitan satu sama lain. Modul saku ini menyajikan respon tubuh nonspesifik dan spesifik, cara tubuh memperoleh imunitas, dan kelainan yang dapat terjadi pada sistem imun.

Isi modul ini dipelajari untuk 6 x 45 menit. Untuk mempelajari materi sistem imun dalam modul saku ini, Kamu dibantu dengan media audio MP3.

1

Pelajarilah secara perlahan dengan memadukan isi dari modul saku dengan audio MP3 yang telah disediakan.

SELAMAT BELAJAR...

2

1 SISTEM IMUN DAN FUNGSI SISTEM IMUN

A. Indikator

Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:

- Menjelaskan pengertian sistem imun tubuh.
- Mengidentifikasi fungsi sistem imun dalam tubuh.

B. Uraian Materi

Sadar atau tidak, kita hidup dalam lingkungan yang berbahaya !!



Kita terus menerus berkontak dengan agen eksternal yang mungkin dapat membahayakan bila agen tersebut masuk ke dalam tubuh, misalnya

3

mikroorganisme penyebab penyakit. Bagaimana tubuh kita dapat bertahan? Apakah ada suatu mekanisme yang membantu kita untuk dapat terhindar dari penyakit? Bagaimana mekanisme itu bekerja?

Tahukah Kamu, bahwa tubuh memiliki sistem pertahanan kompleks yang memberikan perlindungan terhadap serangan agen asing. **Sistem imun** atau pertahanan tubuh adalah sistem yang berperan dalam menjaga kesehatan tubuh Kita. Dengan kata lain, sistem imun berperan dalam menahan atau mengeleminasi benda asing atau sel abnormal yang potensial berbahaya.

4

Imunitas:

Kemampuan tubuh menahan atau mengeliminasi benda asing atau sel abnormal yang potensial berbahaya bagi tubuh.

Sistem imun memiliki aktivitas-aktivitas yang penting, yaitu:

- 1) Pertahanan terhadap mikroorganisme penghasil penyakit, misalnya virus dan bakteri.
- 2) Pengelepasan sel tua dan jaringan yang rusak.
- 3) Identifikasi dan destruksi sel abnormal atau mutan yang berasal dari tubuh sendiri.
- 4) Merespon segala bentuk gangguan atau kesalahan dalam menghasilkan antibodi terhadap tubuh sendiri.

5

5) Penolakan sel-sel jaringan asing, yang menjadi kendala utama dalam transplantasi organ.

Terdapat **tiga garis pertahanan (respon tubuh)** untuk menghadapi agen pembawa penyakit tersebut. **Dua** diantaranya bersifat **nonspesifik** dan **satu** garis pertahanan terakhir bersifat **spesifik**.

Untuk lebih memahaminya, mari kita lihat bagan berikut:



6



Gambar 1. Bagan respon Imunitas tubuh

7

Respon **nonspesifik** yaitu respon yang **tidak membedakan** satu agen infeksi dengan agen lainnya. Garis **pertama** pertahanan nonspesifik bersifat **eksternal**, yang terdiri atas jaringan epitelium yang menutupi dan melapisi tubuh kita (**kulit dan membran mukosa**), **sekresi yang dihasilkannya beserta bakteri alami**. Garis **kedua** pertahanan nonspesifik bersifat **internal**. Pertahanan ini dipicu oleh **sinyal kimiawi** dan melibatkan **sel-sel fagositik** dan **protein anti mikroba**. Munculnya peradangan merupakan salah satu tanda bahwa garis pertahanan kedua telah diaktifkan.

Garis pertahanan **ketiga** yang merupakan respon spesifik adalah **sistem kekebalan**. Sistem kekebalan mulai bekerja secara bersamaan dengan garis pertahanan

8

kedua. Tetapi lapisan ini hanya merespon dengan cara spesifik terhadap mikroorganisme tertentu, sel-sel tubuh yang menyimpang, toksin, dan molekul asing lainnya.

Respon kekebalan melibatkan sebuah kelompok sel darah putih yang disebut **limfosit**. Tubuh manusia memiliki dua jenis utama limfosit, yaitu **limfosit B (sel B)** dan **limfosit T (sel T)**.

9

S...M...S...

Respon Nonspesifik dan Spesifik Tubuh
→ K-MU SIBAK ProFFeSi2 BT

Garis pertahanan I (K-MU SiBak)

- K = Kulit
- mu = membran **MU**kosa
- si = Sekre**SI** alami
- bak = **BAK**teri alami

Garis pertahanan II (ProFFeSi2)

- Pro = **Pro**tein anti mikroba
- F = sel **F**agosit
- Fe = inter**fe**ron
- Si = **Si**tokin
- Si = In**flama**Si

Garis pertahanan III (BT)

- Lim B = Limfosit B
- Lim T = Limfosit T

10

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Imunitas adalah kemampuan tubuh menahan atau mengeliminasi benda asing atau sel abnormal yang potensial berbahaya bagi tubuh. Sistem imun dapat mengenali dan membedakan identitas antara dirinya dengan materi asing. Imunitas di dalam tubuh memiliki dua jenis respon, yaitu respon nonspesifik dan respon spesifik.

Jika respon nonspesifik mengalami kegagalan dalam melawan infeksi, maka respon spesifik akan aktif. Sel yang memiliki protein penanda materi asing dan masuk ke tubuh disebut antigen.

11



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Ilmu yang mempelajari sistem imun atau kekebalan tubuh dinamakan....
 - a. embriologi
 - b. virologi
 - c. zoologi
 - d. imunologi
 - e. paleontologi
2. Yang dimaksud dengan imunitas tubuh adalah
 - a. kemampuan mempertahankan tubuh dari penyakit
 - b. keberhasilan tubuh memproduksi sel kekebalan

12

- c. kemampuan tubuh memakan antigen yang masuk
- d. berhasil menjalani persaingan dalam kehidupan
- e. keberhasilan menghasilkan limfosit dewasa

3. Berikut ini merupakan fungsi sistem imun, kecuali....
 - a. pertahanan terhadap patogen penginvasi
 - b. pengeluaran sel-sel tua dan jaringan yang rusak
 - c. identifikasi dan destruksi sel abnormal
 - d. memfagosit antibodi dalam tubuh
 - e. penolakan sel-sel jaringan asing

13

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apakah yang dimaksud dengan imunitas?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimanakah mekanisme kerja sistem imun?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

14

NOTE :



2 Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama

A. Indikator

Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:

- Membedakan jenis-jenis respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama.
- Menjelaskan mekanisme respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama.

B. Uraian Materi

Lapisan pertama ?
Memangnya ada berapa lapisan ya..???

Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan pertama meliputi :



16

17

- Kulit
- Membran mukosa
- Sekresi alami
- Bakteri alami (nonpatogen).

Kulit merupakan pertahanan tubuh yang paling awal terhadap agen infeksi, karena kulit langsung terpapar terhadap lingkungan. Secara normal kulit tidak dapat ditembus oleh bakteri atau virus, meskipun goresan yang sangat kecil memungkinkan masuknya mikroorganisme tersebut. Dengan demikian membran mukosa yang terdapat di saluran pernapasan, saluran respirasi, dan saluran genitalia (kelamin) serta saluran kemih, menghalangi masuknya mikroba yang secara potensial membahayakan.

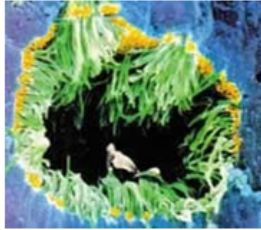
Saluran pernapasan yang mensekresi mukus (lendir) akan memerangkap bakteri.

18

Sebagian lendir yang mengandung bakteri masuk ke dalam saluran pernapasan, tetapi secara refleks kita akan mengeluarkannya melalui bersin atau batuk.

Selain berperan untuk rintangan fisik, kulit dan membran mukosa juga menghadapi patogen dengan pertahanan kimiawi. Pada manusia, sekresi dari kelenjar minyak dan kelenjar keringat akan memberikan pH kulit yang berkisar antara 3 sampai 5. Keadaan ini cukup asam untuk mencegah pertumbuhan oleh mikroba. Kolonisasi mikroba juga dihambat oleh aktivitas yang dilakukan air liur (saliva), air mata, dan sekresi mukosa yang terus-menerus membasahi permukaan epitelium yang terpapar.

19



Gambar 2. Sel epitelium bersilia

Di trakhea, sel-sel epitelium bersilia mengeluarkan mukus dengan mikroba yang terjerat di dalamnya, sehingga mencegah mikroba masuk ke dalam paru-paru. Mikroba yang terdapat dalam makanan atau dalam mukus yang tertelan, harus menghadapi lingkungan lambung yang sangat asam. Asam akan merusak banyak mikroba

20

sebelum mereka dapat masuk ke dalam saluran usus.

Secara normal pada kulit, saluran pencernaan, dan saluran kelamin wanita terdapat beberapa jenis bakteri alami.



Bakteri tersebut bersifat nonpatogen.

Keberadaan bakteri alami dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen, karena bakteri patogen yang berusaha memasuki tubuh harus bersaing terlebih dahulu untuk memperebutkan tempat dan nutrisi agar dapat menginfeksi tubuh.

21

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Kulit merupakan pertahanan tubuh yang paling awal. Selain itu terdapat membran mukosa yang meliputi saluran pernapasan, saluran respirasi, dan saluran genitouriner (kelamin dan ekskresi urin), menghalangi masuknya mikroba ke dalam tubuh.

Sekresi alami terdiri dari kelenjar minyak dan kelenjar keringat serta sekresi lendir sepanjang sel epitelium. Secara normal pada kulit, saluran pencernaan, dan saluran kelamin wanita terdapat beberapa jenis bakteri alami. Bakteri tersebut bersifat nonpatogen.

22



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Di bawah ini termasuk ciri respon nonspesifik, *kecuali*...
 - a. bereaksi sama terhadap semua agen infeksi
 - b. tingkat reaksi sama pada tiap agen infeksi yang berusaha menyerang
 - c. memiliki memori terhadap infeksi sebelumnya
 - d. respon antibodi primer = respon antibodi sekunder
 - e. tidak membentuk sel memori terhadap agen infeksi

23

2. Membran mukosa menghalangi masuknya mikroba salah satunya dengan cara....
- sekresi kelenjar minyak
 - lendir di saluran pernapasan
 - sekresi kelenjar keringat
 - penetapan pH di antara 3-5
 - pemeliharaan bakteri di saluran kelamin

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apa saja yang termasuk dalam pertahanan lapis pertama pada tubuh?

Jawaban:

.....

24

.....

2. Jelaskan mekanisme pertahanan lapis pertama dalam melawan infeksi!

Jawaban:

.....

25

NOTE :



3 Respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua

A. Indikator

Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:

- Membedakan jenis-jenis respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua.
- Menjelaskan mekanisme respon tubuh nonspesifik pertahanan lapisan kedua.

B. Uraian Materi



Apabila pertahanan lapis pertama gagal melindungi tubuh, maka pertahanan lapis kedua akan bekerja melawan mikroorganisme yang masuk.

27

Apa saja yang termasuk ke dalam pertahanan lapisan kedua? Bagaimana pertahanan kedua dalam tubuh kita ini bekerja? Untuk mengetahui jawabannya, mari kita simak bahasan berikut ini.

Pertahanan lapis kedua meliputi **fagosit** dan **sel pembunuh alami**, **protein komplemen**, **interferon**, **sitokin**, dan **inflamasi**.

A. Sel fagosit

Pada saat kulit kita terbuka, misalnya pada saat tangan tertusuk duri, sel fagosit akan bergerak menuju daerah yang terluka. **Fagosit** adalah sel darah putih yang memiliki kemampuan **menelan dan menghancurkan mikroba dan material asing** yang masuk ke dalam tubuh. Dalam hal ini fagosit akan menelan bakteri atau

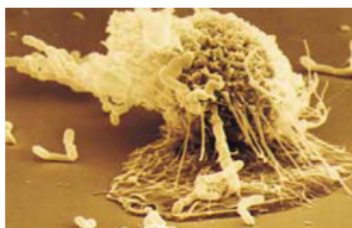
28

mikroba ke dalam vakuolanya, kemudian mengeluarkan enzim tertentu untuk membunuh bakteri tersebut. Fagosit dihasilkan oleh sumsum tulang.

Sel fagosit yang disebut **neutrofil** meliputi sekitar 60-70% dari semua sel darah putih (leukosit). Sel-sel yang dirusak oleh mikroba, membebaskan sinyal kimiawi yang merangsang neutrofil dari darah untuk datang. Neutrofil akan memasuki jaringan yang terinfeksi, lalu menelan dan merusak mikroba yang ada di dalamnya. Kemudian, neutrofil cenderung merusak diri sendiri ketika mereka merusak penyerang asing, dan masa hidupnya hanya beberapa hari.

29

Monosit, meskipun menyusun hanya sekitar 5% dari keseluruhan leukosit, menyediakan pertahanan fagositik yang lebih efektif. Monosit baru bersirkulasi dalam darah hanya selama beberapa jam, kemudian berpindah ke dalam jaringan, dan berkembang menjadi makrofaga (*pemangsa besar*).



Gambar 3. Fagositosis oleh makrofaga

30

B. Sel *Natural Killer* (NK)

Pertahanan nonspesifik juga meliputi sel pembunuh alami (*Natural Killer*). Sel NK adalah sel jenis khusus mirip limfosit yang bekerja secara spontan dan bersifat nonspesifik. **Sel ini tidak menyerang mikroorganisme secara langsung**, mereka merusak **sel tubuh** yang diserang virus dan juga **sel-sel abnormal** yang berpotensi membentuk kanker. Sel NK tidak bersifat fagositik, melainkan menyerang membran sel sehingga sel tersebut lisis (pecah).

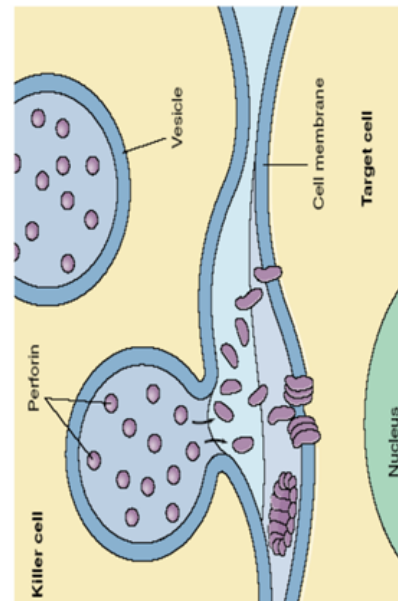
Perhatikan gambar mekanisme kerja sel NK di bawah ini.

31

Mekanisme kerja sel NK:

- Sel NK memasukkan perforin ke sel target
- Terjadi lubang pada membran sel target
- Air masuk ke dalam sel target
- Sel target lisis (pecah)

32



Gambar 4. Mekanisme Kerja Sel NK

33

C. Protein Komplemen

Bagaimana fagosit dapat mengenali mikroba atau bakteri yang masuk ke dalam tubuh kita? Hal tersebut dapat terjadi karena adanya protein darah yang disebut protein anti mikroba (*protein komplemen*). Terdapat lebih dari 20 jenis protein komplemen. Protein komplemen dibentuk di hati dan bersirkulasi mengikuti aliran darah dalam bentuk tidak aktif. Ketika terjadi infeksi, antibodi terbentuk dan memicu terbentuknya protein komplemen. Setelah komponen pertama (C1) diaktifkan, komponen tersebut akan mengaktifkan komponen berikutnya (C2), dan demikian seterusnya dalam suatu jenjang reaksi pengaktifan. Lima

34

komponen terakhir (C5 sampai C9) membentuk kompleks protein besar yang membentuk lingkaran yang disebut *membrane attack complex (MAC)*. MAC menyerang membran permukaan mikroorganisme di dekatnya dengan cara membenamkan diri pada membran mikroorganisme, sehingga terbentuk sebuah saluran besar di membran permukaan mikroba.

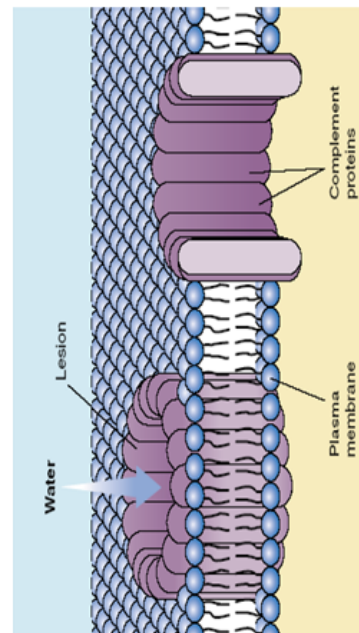
Protein komplemen membantu pertahanan lapis kedua dengan beberapa cara, antara lain sebagai berikut:

1. Menempel pada mikroba sehingga fagosit lebih mudah mengenalinya.
2. Merangsang fagosit untuk lebih aktif.

35

3. Memicu fagosit menuju lokasi terjadinya infeksi.
4. Menghancurkan membran mikroba yang menyerang.
5. Berperan dalam kekebalan yang diperoleh.

36



Gambar 6. Protein komplemen yang menyusun lubang di membran mikroba

37

D. Interferon

Protein lain yang memiliki peranan penting dalam sistem pertahanan adalah *interferon*. Beberapa sel mensekresikan interferon ketika terinfeksi suatu partikel virus. Interferon sebenarnya tidak menguntungkan sel yang terinfeksi, namun protein antivirus tersebut berdifusi masuk ke dalam sel-sel yang berada di sekitarnya dan menginduksi sel-sel tersebut untuk menghasilkan zat kimia lain yang menghambat reproduksi virus. Dengan cara ini interferon akan membatasi penyebaran virus dari sel ke sel dalam tubuh dan membantu mengontrol infeksi virus seperti flu. Selain peranannya sebagai **agen antivirus**, satu jenis

38

interferon **mengaktifkan fagosit**, sehingga meningkatkan kemampuannya untuk menelan dan membunuh mikroorganisme.

Partikel virus yang berbeda akan menyerang jaringan yang berbeda pula. Semakin jauh sel target yang dituju partikel virus, semakin besar kemungkinan partikel virus tersebut dihancurkan. Interferon dapat bekerja dengan baik jika partikel virus belum bergerak terlalu jauh menuju sel target. Contohnya, virus influenza yang menyerang sel pada rongga hidung dan tenggorokan. Oleh karena infeksi terjadi sangat cepat, tubuh terkadang tidak memiliki cukup waktu untuk mengembangkan antibodi agar dapat melawan virus yang masuk.

39

Dalam hal ini, tubuh mengandalkan interferon. Jika seseorang terkena influenza, berarti interferon telah gagal menghambat masuknya virus.

E. Sitokin

Sitokin adalah molekul protein yang dihasilkan oleh sel T dan berfungsi sebagai pembawa pesan antarsel yang membentuk sistem kekebalan. Sitokin juga bekerja sama dengan sistem saraf dan sistem jaringan lain dalam tubuh. Suatu sel dapat merespon pesan dari sitokin jika memiliki reseptor yang sesuai. Sel tersebut juga harus memiliki pengaturan tertentu agar tetap dapat menjalankan fungsi dengan semestinya.

40

F. Inflamasi (Peradangan)

Ketika mikroorganisme masuk melalui luka yang terbuka, maka akan timbul daerah kemerahan di sekitar luka pada kulit kita yang disebut inflamasi. *Inflamasi* adalah reaksi akibat timbulnya infeksi dan terbukanya arteriol di sekitar daerah yang terluka, sehingga suplai darah ke daerah yang terluka meningkat. Inflamasi dikontrol oleh sejumlah enzim dan beberapa komponen lainnya, seperti *serotonin*, *platelet*, dan *basofil*.

Serotonin dapat meningkatkan pelebaran arteriol dan permeabilitas jaringan pembuluh. Darah membawa fagosit ke daerah tersebut. fagosit juga bergerak dari jaringan yang terdekat. Dinding kapiler semakin meningkat

41

permeabilitasnya sehingga fagosit dapat keluar dari pembuluh kapiler ke daerah yang terluka. Fagosit yang tiba lebih dulu akan melepas senyawa kimia *histamin* untuk memicu lebih banyak fagosit bergerak ke daerah yang terinfeksi.

Ketika mikroorganisme berhasil dibunuh oleh fagosit, materi yang berasal dari pembuluh kapiler akan membentuk penebalan atau pembengkakan di daerah yang terinfeksi. Daerah yang mengalami inflamasi kemungkinan juga mengandung *abses* (nanah). Nanah berasal dari sel darah putih yang telah mati karena telah menelan bakteri. Selanjutnya, terjadi proses perbaikan jaringan dan tanda-tanda inflamasi menghilang.

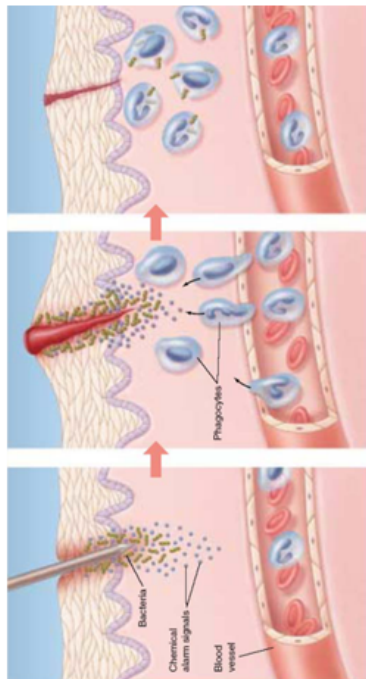
42

Hmm...jadi penasaran dengan mekanisme inflamasi...

Coba ah, kudengar bagaimana mekanismenya di Audio 1.



43



Gambar 7. Inflamasi
Dengarkan mekanisme terjadinya inflamasi **Audio 1**.

44

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Yang termasuk dalam pertahanan nonspesifik lapisan kedua, antara lain sel fagosit, sel *Natural Killer* (NK), protein komplemen, interferon, sitokin, dan inflamasi.

Sistem pertahanan nonspesifik lapisan kedua dapat mendeteksi adanya benda asing dan melindungi tubuh dari kerusakan yang diakibatkan, namun tidak dapat mengenali benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

45



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

- Yang termasuk respon nonspesifik lapisan kedua adalah...
 - protein komplementer, sitokin, interferon
 - sitokin, membran mukosa, sel fagosit
 - interferon, sekresi alami, membran mukosa
 - inflamasi, bakteri alami, protein komplementer
 - sel fagosit, interferon, sekresi alami
- Berikut ini fungsi protein komplemen dalam membantu pertahanan lapis kedua, kecuali....

46

- merangsang fagosit untuk lebih aktif
 - membuat sel target lebih tebal terhadap infeksi
 - memicu fagosit menuju lokasi infeksi
 - menghancurkan membran mikroba yang menyerang
 - berperan dalam kekebalan yang diperoleh.
- Interferon bekerja dengan cara...
 - menyamarkan sel target (mimikri dengan molekul)
 - bereaksi terhadap sel-sel yang belum terinfeksi agar lebih tebal terhadap partikel virus
 - menempel pada mikroba sehingga lebih mudah dikenali fagosit

47

- d. membawa pesan antar sel pada sistem imun
- e. meningkatkan kerja sel imun

4. Yang dimaksud dengan inflamasi adalah....
- a. proses perbaikan jaringan
 - b. terbentuknya klon sel B
 - c. reaksi akibat infeksi sehingga suplai darah ke daerah yang terluka meningkat
 - d. rusaknya lapisan lipid ganda
 - e. membengkaknya jaringan akibat infeksi

48

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apa yang dimaksud dengan sitokin?

2. Jelaskan mekanisme pada inflamasi (peradangan)!

49

NOTE :



4 Respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga

A Indikator

- Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:
- Membedakan jenis-jenis respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga.
 - Menjelaskan mekanisme respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga.

B. Uraian Materi

Ciaattt...
 Aku jadi teraktivasi karena dua pertahanan sebelumnya bisa dilewati oleh patogen...



51

Mengapa respon tubuh spesifik pertahanan lapisan ketiga dapat teraktivasi?

Jika pertahanan lapis pertama dan kedua tidak dapat membendung serangan mikroorganisme patogen, maka kehadiran patogen tersebut akan memicu pertahanan lapis ketiga untuk aktif. Pertahanan itu melibatkan respon spesifik oleh sistem imun terhadap infeksi khusus sehingga memperoleh kekebalan (imunitas). Imunitas spesifik yang diperoleh seseorang biasanya dapat bertahan lama, bahkan seumur hidup.

Protein pada membran sel ditentukan oleh suatu gen yang disebut MHC (*major histocompatibility complex*). Protein yang dihasilkan oleh gen tersebut disebut protein marka atau protein penanda.

52



Gambar 8. Limfosit (merah muda) yang sedang menyerang sel kanker (kuning)

Manusia memiliki dua penanda MHC, yaitu penanda kelas 1 dan kelas 2. Penanda kelas 1 dapat ditemukan di seluruh sel, kecuali sel darah merah. Penanda kelas 2 ditemukan pada sel T, sel B, dan beberapa makrofag. Penanda MHC yang dimiliki seorang individu disebut identitas dan penanda MHC yang tidak dimiliki seseorang

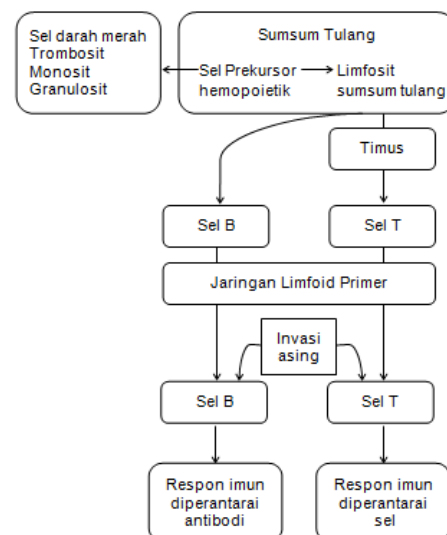
53

individu disebut *nonidentifikasi* atau *materi asing*.

Sel B dan sel T akan mengenali dan mengabaikan sel yang memiliki penanda MHC sebagai materi yang tidak membahayakan. Materi asing yang memicu bereaksinya sel B dan sel T disebut *antigen*.



54



Gambar 9. Bagan Pembentukan Sel B dan Sel T

55

A. LIMFOSIT B

Sel B memiliki imunoglobulin pada permukaannya. *Imunoglobulin* adalah protein yang

Imunoglobulin = Antibodi



dapat mengidentifikasi antigen. *Imunoglobulin* disebut juga *antibodi*. Setiap imunoglobulin memiliki struktur yang spesifik dan hanya mengenali satu jenis antigen. Terdapat jutaan antigen yang setiap saat harus direspon oleh tubuh. Ketika sel B matang di sumsum tulang, bagian tertentu dari sel B akan mengalami perubahan materi genetik untuk membentuk imunoglobulin. Dalam hal ini setiap jenis sel B akan memiliki imunoglobulin yang berbeda. Walaupun sel B dapat mengenali antigen, tetapi sel B yang sangat

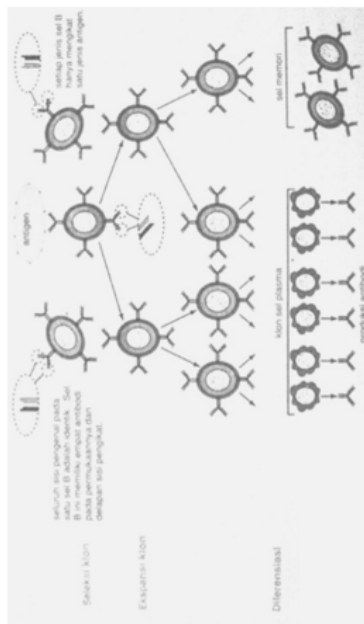
56

spesifik terhadap jenis antigen tertentu memiliki jumlah yang terbatas untuk menahan serangan besar-besaran dari bakteri. Jadi, ketika sel B telah mengidentifikasi antigen, maka sel B bereplikasi dengan cepat menghasilkan sel khusus yang disebut *sel plasma*. Sel plasma berfungsi menghasilkan antibodi yang akan dilepas ke cairan tubuh.

1. Teori Seleksi Klon dalam Produksi Antibodi.

Lihat gambar berikut dengan mendengarkan Audio 3:

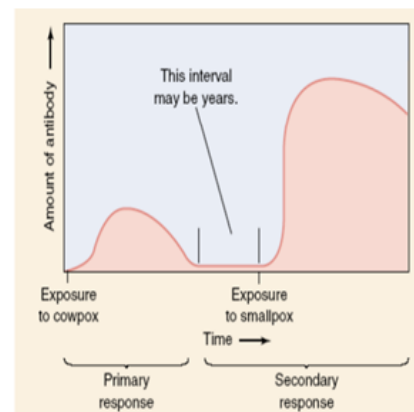
57



Gambar 10. Teori Seleksi Klon

58

2. Produksi Antibodi



Gambar 11. Kurva respon primer dan sekunder antibodi

Kurva tersebut menunjukkan produksi antibodi. Produksi antibodi pada infeksi

59

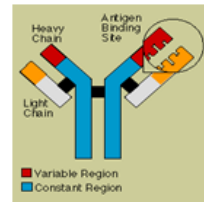
pertama kali, perhatikan kurva yang **menurun**, kurva tersebut menunjukkan bahwa setelah infeksi berhasil dihentikan jumlah antibodi juga menurun.

Pada **infeksi kedua** oleh agen infeksi yang sama, **sistem imun merespon lebih cepat** karena perluasan klon telah dilakukan pada saat infeksi pertama. Respon yang dimiliki disebut respon **antibodi sekunder**. Perhatikan kurva antibodi setelah infeksi kedua berhasil dihentikan. **Jumlah sel B memori menurun** setelah infeksi pertama, tetapi sel B memori dapat dihasilkan dengan lebih cepat pada saat infeksi kedua.

60

3. Struktur dan Cara Kerja Antibodi



Molekul antibodi memiliki empat rantai polipeptida, terdiri atas **dua rantai panjang yang tebal** serta **dua rantai berukuran pendek dan tipis**. Ujung kedua rantai panjang pendek yang saling berdekatan merupakan daerah yang berikatan dengan antigen. Daerah itu disebut **sisi pengikat antigen** dan bentuknya berbeda-beda pada tiap antibodi.






Gambar 12. Struktur antibodi

61

Rantai tebal panjang memiliki lima tipe sehingga dapat menghasilkan lima kelas molekul antibodi yang berbeda. IgG, IgD, dan IgE terdiri atas molekul tunggal; IgA terdiri atas dua molekul, sedangkan IgM terdiri atas lima molekul.

-  Imunoglobulin **IgM** berfungsi sebagai **reseptor permukaan sel B** untuk tempat antigen melekat dan disekresikan dalam tahap-tahap awal respon sel plasma.
-  **IgG**, imunoglobulin yang **paling banyak di dalam darah**, dihasilkan dalam jumlah besar ketika tubuh terpajan ulang pada antigen yang sama.

62

-  **IgE** adalah **mediator antibodi untuk respon alergi**, misalnya asma dan biduran.
-  Imunoglobulin **IgA** ditemukan dalam **sekresi sistem pencernaan, pernapasan, dan genitourinaria**, serta di dalam **air susu dan air mata**.
-  **IgD** terdapat di **permukaan sel B**, tetapi fungsinya masih belum jelas.

Oleh karena antibodi memiliki dua sisi pengikat, maka antibodi dapat mengikat dua antigen. Antigen yang terikat pada

63

antibodi disebut *kompleks antigen-antibodi*.

Coba dengarkan **audio 4** untuk mengetahui mekanisme kerja antibodi.

B. LIMFOSIT T

Terdapat 3 kelas sel T, yaitu:

- Sel T sitotoksik
- Sel T penolong
- Sel T penekan



Sel T yang telah matang (dewasa) di timus akan berkembang menjadi beberapa jenis sel T yang dapat mengenali antigen. Sama seperti sel B, setiap jenis sel T yang dihasilkan jumlahnya juga

64

terbatas. Baru setelah menemukan antigen yang cocok, sel T akan bereplikasi dengan cepat dan sel T memori juga terbentuk. Sel T tidak membentuk antibodi. Terdapat 3 kelas sel T, bergantung pada peran mereka setelah diaktifkan oleh gen, antara lain:

- Sel T sitotoksik, yang menghancurkan sel yang memiliki antigen asing, misalnya sel tubuh yang dimasuki oleh virus, sel kanker, dan sel cangkakan. Sel tubuh yang terinfeksi mengandung antigen materi asing pada permukaannya diibaratkan seperti membawa protein penanda kelas 1 yang telah dimiliki sebelumnya.

Sel T sitotoksik mengenali antigen, yaitu berupa selubung protein mikroba yang tertinggal di luar sel (setelah mikroba

65

menginfeksi suatu sel) serta protein penanda kelas 1. Sel T sitotoksik kemudian membunuh sel yang terinfeksi tersebut, sebelum mikroba sempat memperbanyak diri. Sel sitotoksik membunuh sel dengan cara menyekresikan suatu protein yang mampu melubangi membran sel sehingga sel tersebut lisis. Sel T sitotoksik tidak dapat membunuh partikel mikroba bebas. Sel T sitotoksik hanya dapat membunuh mikroba jika telah menginfeksi sel.

- Sel T penolong, yang meningkatkan perkembangan sel B aktif menjadi sel plasma, memperkuat aktivitas sel T sitotoksik dan sel T penekan yang sesuai, dan mengaktifkan makrofag.

66

Fagosit yang telah menelan materi asing yang mengandung antigen dapat diibaratkan seperti membawa protein penanda kelas 2 yang telah dimiliki sebelumnya. Sel B tidak akan bereplikasi dan membentuk sel plasma tanpa rangsangan dari sel T penolong. Sel T penolong juga menyekresikan protein yang merangsang sel T dan sel B lainnya.

- Sel T penekan, yang menekan produksi antibodi sel B dan aktivitas sel T sitotoksik dan penolong.

67

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Sistem kekebalan adaptif dapat menghancurkan patogen yang lolos dari Sistem kekebalan nonspesifik. Kekebalan humoral terdiri dari produksi antibodi oleh limfosit B (sel plasma).

Antigen merangsang sel B berubah menjadi sel plasma yg memproduksi antibodi. Terdapat 5 kelas antibodi/ imunoglobulin, yaitu IgM, IgG, IgE, IgA, dan IgD.

Kekebalan selular terdiri dari produksi limfosit T yg teraktivasi. Terdapat 3 kelas sel T, yaitu sel T sitotoksik, sel T penolong, dan sel T penekan.

68



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Yang termasuk respon spesifik adalah....
 - a. fagositosis, protein komplemen, interferon
 - b. protein komplemen, interferon, sel B
 - c. interferon, inflamasi, sel T
 - d. sel B, sel T, sel B memori
 - e. fagositosis, sel B, inflamasi
2. Imunitas yang melibatkan antibodi disebut....
 - a. imunitas tingkat sel
 - b. imunitas aktif
 - c. imunitas pasif
 - d. imunitas alami
 - e. imunitas tingkat humoral

69

3. Yang dimaksud dengan antibodi adalah....
 - a. protein yang dihasilkan limfosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
 - b. protein yang mampu memakan antigen
 - c. asam amino yang dihasilkan limfosit bila antigen masuk ke dalam tubuh
 - d. protein yang dihasilkan monosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
 - e. asam amino yang dihasilkan monosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
4. Sel penghasil antibodi ialah....
 - a. leukosit
 - b. monosit
 - c. limfosit
 - d. basofil
 - e. mastosit

70

5. Zat asing seperti virus, protein asing, mikroorganisme dan bakteri disebut....
 - a. antigen
 - b. antibodi
 - c. imunitas
 - d. leukosit
 - e. vaksin
6. Produk dari seleksi klon adalah....
 - a. sel B memori dan sel T penolong
 - b. sel B memori dan sel T plasma
 - c. sel B memori dan sel T sitotoksik
 - d. sel plasma dan sel T penolong
 - e. sel T penolong dan sel B memori
7. Mimikri tingkat molekul adalah....
 - a. kemampuan agen infeksi mengelabui sel T penolong

71

- b. virus yang menyamarkan selubung protein sehingga tidak dikenali sel T sitotoksit
- c. kesamaan antara protein yang disekresi agen infeksi dengan protein mielin
- d. kemampuan agen infeksi membentuk MHC yang sama dengan sel imun
- e. membentuk protein tiruan sebagai umpan

8. Imfosit berperan dalam kekebalan tubuh dengan cara....
- a. menghasilkan antibodi yang sesuai dengan antigen yang akan dilawannya
 - b. memakan kuman penyakit atau benda-benda asing yang ada di dalam tubuh

72

- c. menghasilkan enzim yang akan menguraikan kuman dan benda asing yang ada di dalam tubuh
- d. menghasilkan zat asam yang dapat menyebabkan terjadinya lisis sel bakteri atau virus
- e. menghancurkan kuman dan benda asing dengan menggunakan sekret dari lisosom

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan perbedaan respon nonspesifik dan respon spesifik!
-
-
-

73

2. Jelaskan perbedaan respon antibodi primer dan respon antibodi sekunder!

.....

.....

.....

3. Sel apa yang diproduksi dari klon sel B? apa fungsi sel tersebut?

.....

.....

.....

4. Apa yang dimaksud dengan imunoglobulin? Jelaskan jenis-jenisnya!

.....

.....

.....

74



5 Cara Memperoleh Imunitas Aktif

A. Indikator

Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:

- Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas aktif

B. Uraian Materi



Seseorang memproduksi antibodi jika mengalami kontak dengan agen infeksi penyebab penyakit. Keberadaan antibodi spesifik dalam tubuh membuat orang tersebut

76

77

dapat melawan agen infeksi dan kebal terhadap penyakit tertentu. *Imunitas yang dimiliki seseorang disebut imunitas spesifik.* Oleh karena antibodi diperoleh setelah mengalami kontak dengan agen infeksi maka disebut juga *imunitas yang diperoleh (acquired immunity).*

Istilah *imunitas aktif* digunakan jika antibodi diproduksi di dalam tubuh. Imunitas aktif melibatkan proses produksi antibodi dalam tubuh seseorang untuk merespon antigen tertentu. Selain itu, Sel B memori dan sel T akan diproduksi dan bereaksi lebih cepat jika terjadi serangan kedua oleh antigen yang sama. Imunitas aktif dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu:

78

A. Imunitas Aktif Alami

Ketika seseorang pertama kalinya mengalami kontak dengan mikroba patogen, maka tidak ada antibodi untuk melawan mikroba tersebut.

Antibodi dalam tubuhku sedang dibentuk...



Dalam hal ini, dibutuhkan waktu beberapa hari hingga sel plasma dan antibodi membentuk respon primer. Pada masa pembentukan antibodi, orang tersebut mungkin menunjukkan gejala-gejala sakit. Antibodi yang terbentuk memiliki sisi yang identik untuk berkaitan dengan materi asing. Seiring dengan meningkatnya jumlah antibodi, mikroba

79

penyebab infeksi perlahan-lahan dihancurkan dan penderita tersebut akan mulai pulih kembali.

Disebut aktif, karena sistem imun pada tubuh orang yang terkena infeksi membentuk antibodi dan tetap berlangsung demikian setelah pulih dari infeksi. Pada beberapa kasus, tingkat infeksi dapat memicu cukup antibodi meskipun tidak tampak tanda-tanda dari luar bahwa orang tersebut sedang mengalami infeksi. Hal yang demikian disebut *infeksi subklinik*.

B. Imunitas Aktif Diinduksi

Kekebalan aktif dapat juga diperoleh secara artifisial (buatan), yaitu dengan imunisasi, yang dikenal juga dengan

80

vaksinasi. Vaksin meliputi toksin bakteri yang telah diinaktivasi, mikroba yang telah dibunuh, bagian dari mikroba, dan mikroba yang masih hidup namun telah dilemahkan. Agen-agen tersebut tidak mampu lagi menyebabkan penyakit, tetapi mereka tetap mampu mempertahankan peran sebagai antigen, yang dapat merangsang suatu respon kekebalan, dan yang lebih penting lagi memori imunologis.

Ketika vaksin diinjeksikan ke dalam tubuh, sistem imun akan menunjukkan respon antibodi primer. Vaksinasi yang kedua akan menunjukkan respon antibodi sekunder. Antibodi tersebut spesifik terhadap jenis mikroba yang diberi perlakuan sehingga jika seseorang terpapar mikroba yang sesungguhnya

81

pada waktu yang akan datang, sel memori dan antibodi siap mengantisipasi dan orang tersebut dapat dikatakan kebal terhadap infeksi. Imunitas yang demikian disebut imunitas aktif yang diperoleh dengan cara induksi.

82

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Kekebalan aktif terjadi ketika sistem imun merespon terhadap antigen asing yang diperoleh baik melalui infeksi alamiah atau secara artifisial seperti melalui imunisasi.

Imunitas yang terjadi secara aktif alami diperoleh melalui antigen yang masuk ke dalam tubuh secara alami, sedangkan imunitas yang terjadi secara aktif diinduksi diperoleh melalui pemberian vaksinasi atau imunisasi. Dalam imunisasi, suatu bentuk mikroba nonpatogenik atau bagian suatu mikroba membangkitkan suatu respon kekebalan dan juga memori imunologis terhadap mikroba tersebut.

83



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Kekebalan terhadap penyakit cacar diperoleh melalui....
 - a. terkena penyakit cacar dan memperoleh ASI
 - b. memperoleh ASI dan menerima injeksi imunoglobulin cacar
 - c. terkena penyakit cacar dan menerima injeksi vaksin
 - d. menerima injeksi imunoglobulin cacar dan menerima injeksi vaksin
 - e. memperoleh ASI dan menerima injeksi vaksin

84

2. Vaksin meliputi, kecuali....
 - a. toksin bakteri yang telah diinaktivasi
 - b. mikroba yang telah dibunuh
 - c. antibodi yang diinaktivasi
 - d. bagian dari mikroba
 - e. mikroba yang masih hidup namun telah dilemahkan

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apakah fungsi vaksin yang diinjeksikan ke dalam tubuh? Jelaskan!

Jawaban:

.....
.....
.....
.....
.....

85

2. Apa perbedaan imunitas aktif alami dengan imunitas aktif yang diinduksi?

Jawaban:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

86

NOTE :





Cara Memperoleh Imunitas Pasif

A. Indikator

Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:

- Menjelaskan cara tubuh memperoleh imunitas pasif

B. Uraian Materi



Selain melalui imunitas aktif, tubuh kita juga memperoleh imunitas dengan cara pasif.

88

89

Apa saja yang termasuk ke dalam imunitas pasif? Ayo kita simak bahasan berikut ini.

Imunitas spesifik juga dapat diperoleh dari luar tubuh dengan cara memasukkan antibodi ke dalam tubuh melalui suatu proses tertentu. Imunitas yang demikian disebut *imunitas pasif*.

Antibodi yang diproduksi oleh seseorang dan diberikan oleh orang lain dapat menumbuhkan imunitas pada orang tersebut. Seseorang yang menerima antibodi disebut memiliki imunitas pasif. Hal tersebut dikarenakan antibodi tidak diproduksi dalam dirinya sendiri. Keuntungan dari imunitas pasif adalah dapat memberikan perlindungan dengan segera. Akan tetapi, antibodi yang diperoleh tidak bertahan lama dan menurun dengan cepat dalam periode waktu yang

90

cukup singkat. Imunitas pasif dapat diperoleh melalui dua cara, yaitu:

A. Imunitas Pasif Alami

Janin yang sedang tumbuh menerima antibodi dari ibunya melalui plasenta. Antibodi-antibodi tersebut memberikan perlindungan kepada janin dan bayi karena sistem imunitas bayi belum bisa berfungsi sampai bayi dilahirkan. Hal ini terjadi secara alamiah ketika antibodi IgG wanita hamil menembus plasenta menuju ke janin. Selain itu, antibodi IgA dilewatkan dari ibu ke anak yang sedang menyusui melalui air susu ibu (ASI).

ASI yang kaya akan antibodi yaitu yang pertama kali keluar (berwarna kuning), yang disebut juga *kolostrum*. Oleh karena

91

itu, pemberian ASI secara eksklusif oleh ibu sangat dianjurkan karena dapat memberikan perlindungan kepada bayi.

B. Imunitas pasif Induksi

Imunitas pasif juga dapat diperoleh secara artifisial (buatan) dengan cara menyuntikkan antibodi dari individu yang telah kebal terhadap suatu penyakit ke individu yang lain, sehingga memberikan perlindungan jangka pendek terhadap penyakit tersebut. Sebagai contoh, seseorang yang digigit seekor hewan yang terserang rabies, dapat disuntik dengan antibodi dari orang lain yang telah divaksinasi terhadap rabies. Tindakan ini penting karena rabies bisa berkembang secara cepat, dan respon

92

terhadap imunisasi aktif membutuhkan waktu terlalu lama sehingga mungkin tidak dapat menyelamatkan nyawa korban.



93

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Kekebalan pasif terjadi ketika antibodi ditransfer dari satu individu ke individu yang lain. Contoh imunitas yang didapat secara pasif alamiah, IgG yang ditransfer dari ibu ke janinnya, atau ketika IgA dari ibu ke bayi melalui ASI.

Contoh imunitas yang diperoleh secara pasif diinduksi (buatan), yaitu ketika antibodi dari individu yang kebal terhadap penyakit disuntikkan ke dalam tubuh individu lain, dan memberikan perlindungan jangka pendek.

94



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Jika seseorang menerima injeksi imunoglobulin, misalnya hepatitis B, maka orang tersebut memperoleh....
 - a. kekebalan aktif
 - b. kekebalan pasif
 - c. kekebalan aktif diinduksi
 - d. kekebalan pasif diinduksi
 - e. kekebalan pasif alami
2. Berikut ini merupakan yang menyebabkan kekebalan jangka pendek, kecuali....
 - a. aliran antibodi ibu ke janinnya yang sedang berkembang
 - b. respon peradangan terhadap luka kecil

95

- c. pemberian serum yang diperoleh dari orang-orang yang kebal terhadap rabies
- d. pemberian vaksin cacar
- e. aliran antibodi ibu ke bayinya yang sedang menyusui.

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apa yang dimaksud dengan imunitas pasif?

Jawaban:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

96

2. Jelaskan bagaimana bayi yang baru lahir memiliki sistem imunitas!

Jawaban:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

97

NOTE :



7 Kelainan pada Sistem Imun

A. Indikator

Setelah membaca bagian ini, Kamu dapat:

- Menjelaskan kelainan-kelainan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia.
- Membedakan kelainan yang terjadi pada sistem imun tubuh manusia.

B. Uraian Materi

Mengapa sistem imun yang seharusnya mempertahankan tubuh kita dari penyakit, justru dapat juga mengalami kelainan? Hal ini akan kita bahas pada bagian ini. Mari kita simak.

Kelainan-kelainan yang dapat terjadi pada sistem imun antara lain:

99

1. Alergi

Sel mastosit adalah sel imun yang berkaitan dengan alergi. Sel mastosit ditemukan dalam pembuluh darah, jaringan ikat, di usus, dan paru-paru. Sel basofil yang bersirkulasi juga diketahui berkaitan dengan alergi, tetapi lebih ringan. Kedua sel tersebut memiliki granula-granula histamin yang berukuran besar.

Salah satu dari lima kelas antibodi, yaitu IgE dapat berkaitan dengan sel mastosit dan basofil. Antibodi IgE mampu melawan antigen, seperti debu, polen, dan spora. Jika seseorang memiliki antibodi IgE untuk antigen tertentu, maka orang tersebut dikatakan sensitif terhadap

100

antigen tersebut. Jika orang tersebut terpapar oleh antigen tertentu, maka hubungan silang antara antibodi di sel mastosit dan antigen terbentuk. Hubungan silang itu memicu sel mastosit melepaskan agen aktif seperti histamin. Histamin dapat menimbulkan kontraksi pada otot halus termasuk otot di sekeliling saluran yang mengarah ke paru-paru sehingga menyebabkan seseorang menjadi sulit bernapas. Histamin juga menyebabkan pembuluh darah melebar sehingga sel dan serum darah bergerak ke jaringan sekelilingnya. Akibatnya, terjadi pembengkakan dan inflamasi.

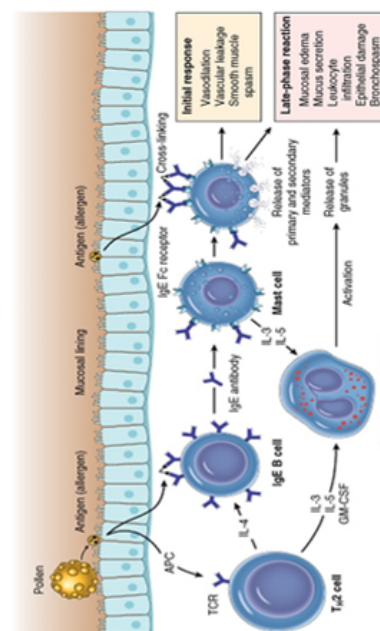
Respon terhadap alergi dapat terjadi dengan cepat dan fatal, terutama jika menyebar ke seluruh tubuh. Respon alergi

101

dapat dihindari melalui perlakuan tertentu dengan cara memberikan dosis kecil antigen sehingga hanya sedikit antibodi IgE yang dihasilkan dan reaksi yang ditimbulkan juga dapat dikurangi.

Untuk lebih mengerti, coba dengarkan **Audio 5** mengenai bagaimana terjadinya mekanisme alergi dengan memperhatikan gambar 12.

102



103

Gambar 13. Mekanisme Reaksi Alergi

2. Ketidakcocokan Golongan Darah

Seseorang dengan golongan darah A mempunyai antigen A pada permukaan sel darah merahnya. Molekul A dianggap sebagai antigen karena dapat diidentifikasi sebagai materi asing jika ditempatkan dalam tubuh orang lain. Dengan cara serupa antigen B ditemukan pada sel darah tipe B, dan antigen A dan B ditemukan pada sel darah merah tipe AB, dan tidak satupun antigen ini ditemukan pada sel darah merah tipe O.

Karena antigen golongan darah merupakan polisakarida, antigen itu menginduksi respon yang tidak bergantung pada sel T, sehingga tidak merangsang pembentukan sel memori.

104

Sebagai akibatnya, setiap respon mirip seperti respon primer dan respon itu membangkitkan antibodi anti golongan darah IgM, bukan IgG. Hal ini menguntungkan karena IgM tidak menembus plasenta, maka tidak ada bahaya bagi janin yang sedang berkembang apabila janin tersebut memiliki golongan darah yang berbeda dari ibunya. Akan tetapi, antigen sel darah merah lain, dengan faktor rhesus (Rh), dapat menyebabkan permasalahan karena antibodi yang dihasilkan untuk faktor itu adalah kelas IgG.

Situasi yang membahayakan dapat terjadi ketika seorang ibu dengan Rh negatif (Rh-), mempunyai janin dengan Rh+ yang telah diwariskan dari faktor

105

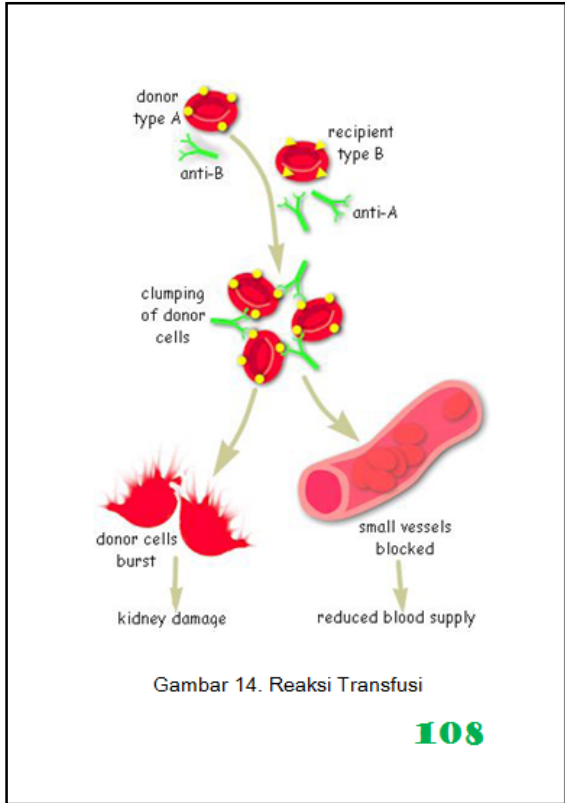
ayahnya. Jika sebagian kecil darah janin itu menembus plasenta, seperti yang biasa terjadi pada akhir kehamilan atau selama proses kelahiran bayi, ibu akan menyusun respon humoral yang tidak bergantung pada sel T untuk melawan faktor Rh tersebut. Bahayanya akan terjadi pada kehamilan dengan Rh positif berikutnya, ketika sel B memori milik ibu yang bersifat spesifik terhadap Rh terpapar ke faktor Rh. Sel B tersebut menghasilkan antibodi IgG, yang dapat menembus plasenta dan merusak sel darah merah janin.

Untuk mencegah hal ini, ibu disuntik dengan antibodi anti-Rh setelah melahirkan bayi pertamanya yang Rh positif tersebut. dapat dikatakan bahwa sang ibu telah diimunisasi secara pasif

106

untuk mengeluarkan antigen Rh sebelum sistem kekebalannya sendiri merespon dan membangkitkan bayi-bayi lain dengan Rh positif yang mungkin akan dikandungnya.

107



3. Autoimun

Kemampuan sistem imun dalam membedakan dan mengenali antara sel tubuh dengan materi asing dapat mengalami kekeliruan. Jika hal itu terjadi, maka sistem imun bereaksi seolah-olah sel tubuh adalah materi asing. Dalam hal ini, sel B dan T akan menyerang sel tubuh layaknya menghancurkan materi asing penginfeksi. Kondisi seperti itu disebut *autoimun*. Serangan terhadap sel tubuh umumnya terjadi ke seluruh sel tubuh atau organ tertentu.

Sklerosis berganda adalah contoh autoimun, yaitu suatu kelainan yang menyebabkan sistem imun menyerang jaringannya sendiri. *Sklerosis berganda (multiple sclerosis)* adalah penyakit kronis

109

yang menyerang *sistem saraf pusat (SSP)*. Penyakit tersebut ditemukan terutama pada orang-orang Eropa Utara dan menjangkiti satu dari 1.000 orang. Pada penderita *sklerosis berganda*, ditemukan bahwa selubung mielin yang menutupi sel saraf mengalami kerusakan. Kerusakan pada mielin dapat mengakibatkan hubungan pendek arus komunikasi antara bagian-bagian SSP, baik di dalam otak atau pada sumsum tulang belakang. Selain itu dapat menyebabkan kerusakan penyampaian informasi antara SSP dan SST yang mengirim pesan ke otot dan membawa pesan dari organ sensori. Rusaknya selubung mielin diduga disebabkan oleh sistem imun yang menyerang SSP.

110

4. Penolakan terhadap Organ Transplantasi

Pada banyak kasus sering terjadi reaksi penolakan organ donor oleh jaringan organ resipien dan sistem imun resipien. Dalam hal ini, sel T penolong akan mengidentifikasi ketidakcocokan jaringan, kemudian menyerang jaringan organ yang ditransplan.

Sebelum organ ditransplan dari seseorang ke orang lain, pendonor dan resipien harus melalui pemeriksaan jaringan untuk mengetahui antigen-antigen apa saja yang terdapat pada keduanya. Jumlah materi asing yang dipindahkan kepada resipien diminimalisasi melalui kecocokan jaringan sedekat mungkin. Semakin cocok penanda MHC antara

111

donor dan resipien, maka semakin besar transplantasi akan berhasil.

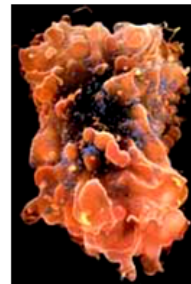
5. Defisiensi Sistem Imun

Pada saat dilahirkan, sistem imun belum terbentuk sempurna. Jika sistem imun gagal mencapai kesempurnaan, maka bayi yang baru dilahirkan tidak memiliki pertahanan sama sekali dalam menghadapi infeksi. Jika antibodi yang diperoleh melalui plasenta ibu dan ASI tidak lagi tersedia, bayi yang sistem imunnya tidak sempurna akan terkena berbagai macam infeksi yang disebabkan berbagai macam mikroba. Bayi tersebut dapat meninggal pada umur yang sangat muda. *Defisiensi sistem imun* adalah kegagalan salah satu atau beberapa

112

bagian dari sistem imun. Kelainan sistem imun dapat diturunkan atau disebabkan oleh penyakit.

AIDS disebabkan oleh virus HIV. Virus tersebut hanya menginfeksi sel yang membawa protein penanda tertentu. Protein penanda tersebut ditemukan pada sel T penolong yang telah matang dan makrofag.



Gambar 15 .
Sebuah sel T yang terinfeksi oleh HIV

113

Oleh karena HIV menghancurkan komponen utama dalam sistem imun, yaitu sel T penolong, maka penderita AIDS benar-benar mengalami penurunan sistem imun dalam menghadapi makhluk hidup penginfeksi. Akibatnya, penderita dapat terjangkit penyakit-penyakit oportunistis.

Perkembangan penyakit setelah terinfeksi HIV berbeda-beda. Pada sebagian orang, virus tetap berada pada sel yang terinfeksi selama bertahun-tahun dengan sedikit atau gejala yang jelas. Sedangkan sebagian lagi virus menjadi aktif dalam waktu yang relatif singkat sehingga muncul gejala-gejala AIDS yang serius. Jika hal itu terjadi, biasanya kematian akan terjadi dalam waktu yang relatif cepat.

114

RANGKUMAN

Rangkuman bagian ini...

Sistem imun tubuh tidak dapat menyerang setiap infeksi patogen. Sistem kekebalan membutuhkan beberapa hari untuk mencapai kerja puncaknya.

Pada sistem imun dapat terjadi kelainan. Kelainan yang dapat terjadi dalam sistem imun, antara lain:

- Alergi
- Ketidakcocokan Golongan Darah
- Autoimun
- Penolakan Organ Transplantasi
- Defisiensi Sistem Imun

115



Pilihlah satu jawaban yang paling benar!

1. Sklerosis berganda adalah penyakit yang menyerang....
 - a. sistem saraf pusat
 - b. sistem saraf tepi
 - c. sistem peredaran darah
 - d. sistem pencernaan
 - e. sistem ekskresi
2. Antibodi yang berperan pada alergi dan ketidakcocokan rhesus adalah....
 - a. IgM dan IgE
 - b. IgE dan IgA
 - c. IgE dan IgG
 - d. IgD dan IgE
 - e. IgM dan IgD

116

3. Di dalam air susu ibu terdapat antibodi yang berguna untuk kekebalan bayi, yang dinamakan....
 - a. interferon
 - b. fagosit
 - c. kolostrum
 - d. limfosit
 - e. glikoprotein
4. Prinsip kerja obat yang dapat menurunkan tingkat infeksi virus HIV adalah....
 - a. menyerang kapsid
 - b. memberikan gangguan pada lapisan lipid ganda
 - c. langsung menyerang RNA virus
 - d. menyelubungi virus dengan suatu membran
 - e. sama dengan prinsip interferon

117

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Seorang bayi yang lahir dengan Rh positif dari ibu yang memiliki Rh negatif. Setelah kelahiran anaknya, ibu itu diimunisasi secara pasif dengan antibodi terhadap faktor Rh tersebut. Dua tahun kemudian ia melahirkan anak lain yang sehat dengan Rh positif. Bagaimana antibodi yang diberikan setelah kelahiran pertama melindungi bayi kedua? Apakah ibunya harus diberikan antibodi terhadap faktor Rh sekali lagi? Kenapa ya dan kenapa tidak?

118

Jawaban:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

119

Yuk Lihat Jawabannya...

Sistem imun dan fungsi sistem imun

1. A
2. D
3. D
1. Imunitas: kemampuan tubuh menahan atau mengeliminasi benda asing/ sel abnormal yang potensial berbahaya bagi tubuh.
2. Cara kerja imunitas:
 - a. Pertahanan terhadap patogen penginfeksi (mikroorganisme penghasil penyakit, misalnya virus dan bakteri).
 - b. Pengeluaran sel-sel tua dan jaringan yang rusak.
 - c. Identifikasi dan destruksi sel abnormal atau mutan yang berasal dari tubuh sendiri.

120

- d. Merespon segala bentuk gangguan atau kesalahan dalam menghasilkan antibodi terhadap tubuh sendiri.
- e. Penolakan sel-sel jaringan asing, yang menjadi kendala utama dalam transplantasi organ.

Respon tubuh nonspesifik lapisan pertama

1. C
2. B
1. Pertahanan lapis pertama: Kulit, membran mukosa, sekresi alami, bakteri alami
2. Mekanisme pertahanan lapisan pertama: Melawan seluruh agen asing yang masuk dengan perlakuan yang sama. Sekresi dari kelenjar minyak dan kelenjar keringat akan memberikan pH kulit yang berkisar antara 3 sampai 5, yang cukup asam untuk mencegah kolonisasi oleh banyak mikroba. kulit, saluran

121

pencernaan, dan saluran kelamin wanita terpadat beberapa jenis bakteri alami. Bakteri tersebut bersifat nonpatogen.

Respon tubuh nonspesifik lapisan kedua

1. A
2. B
3. B
4. C
1. Sitokin adalah molekul protein yang dihasilkan oleh sel T dan berfungsi sebagai pembawa pesan antarsel yang membentuk sistem kekebalan.
2. Mekanisme inflamasi: Kulit terpapar – arteriol melebar – suplai darah meningkat – permeabilitas dinding kapiler meningkat – fagosit keluar dari kapiler menuju daerah luka – pelepasan histamin oleh fagosit – fagosit lain terpanggil – mikroorganisme difagositosis

122

– terjadi pembengkakan di daerah luka (proses perbaikan jaringan) – inflamasi menghilang.

Respon tubuh nonspesifik lapisan ketiga

1. D
2. E
3. A
4. C
5. A
6. B
7. C
8. A
1. Perbedaan respon nonspesifik dan spesifik

Nonspesifik	Spesifik
Reaksi sama terhadap semua agen infeksi	Memiliki reaksi berbeda untuk agen infeksi yang berbeda

123

Tidak memiliki memori terhadap infeksi sebelumnya	Memiliki memori terhadap infeksi sebelumnya
Tingkat reaksi sama pada tiap agen infeksi yang berusaha menyerang	Tingkat reaksi akan lebih besar terhadap agen infeksi yang pernah menyerang sebelumnya

- Primer: respon sistem imun masih berjalan lambat, belum ada sel memori
Sekunder: respon lebih cepat karena ekspansi klon telah dilakukan pada saat infeksi pertama
- Sel plasma, fungsi: menghasilkan antibodi
Sel B memori, fungsi: menyimpan memori terhadap agen infeksi

124

4. Imunoglobulin adalah protein yang dapat mengidentifikasi antigen. Imunoglobulin disebut juga antibodi. Jenis-jenis:

- IgM berfungsi sebagai reseptor permukaan sel B untuk tempat antigen melekat dan disekresikan dalam tahap-tahap awal respon sel plasma.
- IgG, dihasilkan dalam jumlah besar ketika tubuh terpajan ulang pada antigen yang sama.
- IgE adalah mediator antibodi untuk respon alergi.
- Imunoglobulin IgA ditemukan dalam sekresi sistem pencernaan, pemapasan, dan genitourinaria, serta di dalam air susu dan air mata.
- IgD terdapat di permukaan sel B, tetapi fungsinya masih belum jelas.

125

Cara memperoleh imunitas aktif

- C
- C
- Fungsi vaksin: merangsang tubuh untuk menghasilkan antibodi dalam tubuh, sehingga pada saat agen infeksi yang sesungguhnya masuk ke dalam tubuh, tubuh telah memiliki memori atas agen tersebut.
- Imunitas aktif alami, diproduksi sendiri dalam tubuh setelah tubuh terinfeksi agen penginfeksi, tubuh mengalami sakit terlebih dahulu.
Imunitas aktif diinduksi, agen penginfeksi dimasukkan ke dalam tubuh dalam keadaan lemah.

Cara memperoleh imunitas pasif

- D
- D

126

- Imunitas yang diperoleh dari luar tubuh dengan cara memasukkan antibodi ke dalam tubuh melalui suatu proses tertentu.
- Imunitas didapat dari dalam kandungan melalui plasenta ibu. Setelah lahir antibodi IgA dilewatkan dari ibu ke anak yang sedang menyusui melalui air susu ibu (ASI)

Kelainan pada sistem imun

- A
- C
- C
- B
- Perlu. Antibodi yang disuntikkan setelah kelahiran pertama hanya memberikan perlindungan jangka pendek terhadap antigen dalam tubuh.

127



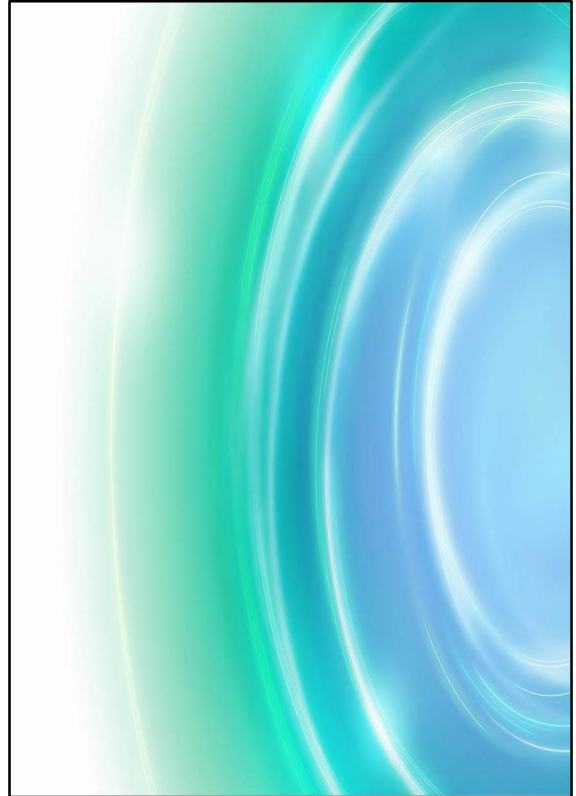
DAFTAR PUSTAKA

Campbell, Neil A., Jane B. Reece, dan
Lawrence G. Mitchell. 2000. *Biologi
Jilid III, Edisi Kelima*. Erlangga:
Jakarta.

Junqueira, Luis C. & Jose Carneiro. 2007.
Histologi Dasar (Teks & Atlas).
Penerbit Buku kedokteran EGC:
Jakarta.

Sherwood, Lauralee. 1996. *Fisiologi Manusia
dari Sel ke Sistem Edisi 2*. Penerbit
Buku kedokteran EGC: Jakarta.

128



Lampiran 18. Dokumentasi Penelitian





Modul saku yang dikembangkan

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Maimun Chaerani

No. Registrasi : 34150072002

Jurusan : Biologi

Program Studi : Pendidikan Biologi

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul "**Pengembangan Media Modul Saku Dilengkapi Audio MP3 Materi Sistem Imun Sebagai Sumber Belajar Mandiri (Penelitian Pengembangan di SMA Negeri 107 Jakarta)**" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengembangan pada bulan Maret – Juni 2011.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Juni 2011
Yang membuat pernyataan

Maimun Chaerani

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Maimun Chaerani Bahry. Anak kedua dari Selamat Bahry dan Rukaiyah. Lahir di Jakarta tanggal 19 Juli 1989, bertempat tinggal di Jl.Prof. M. Yamin Gg. Pepaya No.02 RT 005/003 Duren Jaya, Bekasi Timur.

Riwayat Pendidikan. Memulai pendidikan di SDN Duren Jaya III Bekasi, lulus tahun 2001. Melanjutkan sekolah ke SLTP Tunas Harapan Bekasi, lulus tahun 2004. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Pertanian Pembangunan (SPP) Negeri DKI Jakarta, lulus tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan ke Universitas Negeri Jakarta, Fakultas MIPA, Jurusan Biologi, Program Studi Pendidikan Biologi melalui jalur SPMB (Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru).

Pengalaman Organisasi. Menjadi staf Departemen Kaderisasi dan Organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Biologi (2008-2009), bendahara Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Biologi (2009-2010), staf Kesekretariatan Masjid Ulul Albaab (2010-2011).

Pengalaman Penelitian. Mengikuti kegiatan Cakrawala Biologi (CABI) di Desa Sukamantri, Gunung Salak (2007), Latihan Dasar Manajemen Penelitian Lapangan (LDMPL) di Taman Nasional Gunung Halimun- Salak (2009) serta kegiatan KKL di Cidaun, Cianjur Selatan (2010).

Pengalaman Mengajar. Program Pengalaman Lapangan (PPL) di SMAN 107 Jakarta Timur pada bulan Agustus – Desember 2010. Pengajar di Bimbingan Belajar Excellentia Depok (2010-sekarang), dan menjadi pengajar di SMPIT Al-Fatah (2011-sekarang).