

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI H

**PEDAGOGI:
KOMUNIKASI EFEKTIF**

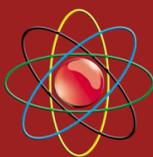
Penulis:

**Dr. Indrawati, M.Pd.
Irman Yusron, S.Sos**

**PROFESIONAL:
SISTEM IMUN, KONSEP BIOTEKNOLOGI, SERTA
METABOLISME LEMAK DAN PROTEIN**

Penulis:

Drs. Moh. Syarif, M.Si., dkk.



Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI H

KOMUNIKASI EFEKTIF

Penulis:

Dr. Indrawati, M.Pd.

Irman Yusron, S.Sos.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

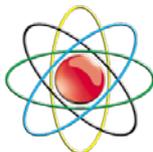
KELOMPOK KOMPETENSI H

MEDIA PEMBELAJARAN

Penulis:

Dr. Indrawati, M.Pd.

Irman Yusron, S.Sos.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI H

KOMUNIKASI EFEKTIF

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

Dr. Indrawati, M.Pd.

022-4231191 *Ine_indrawati@yahoo.co.id*

Irman Yusron, S.Sos.

022-4231191 *yusronovis@gmail.com*

Penyunting

Dr. Dedi Herawadi

Penelaah

Dr. Riandi

Dr. Sri Anggraeni, M.Si.

Dr. Soni Suhandono

Dra. Tati Hermawati, M.Si.

Drs. Triastono Imam P., M.Pd.

Penata Letak

Octy Viali Zahara, S.Pd.

Copyright ©2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program GP tatap muka dan GP online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985032001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru paska UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau ke: p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, dan Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan kompetensi guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002



DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	
	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Cara Penggunaan Modul	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
I. KOMUNIKASI YANG EFEKTIF DAN TEKNIK BERTANYA	7
A. Tujuan	9
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	9
C. Uraian Materi	10
D. Aktivitas Pembelajaran	45
E. Latihan/Kasus/Tugas	48
F. Rangkuman	51
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	52
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	55
EVALUASI	57
PENUTUP	61
DAFTAR PUSTAKA	63
GLOSARIUM	65



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1.	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 1.1	Contoh Pertanyaan Divergen	32
Tabel 1.2	Warna Indikator Alam	35
Tabel 1.3	Pertanyaan Klasifikasi Keterampilan Proses IPA	37



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1.1	Ekspresi kesenangan dalam belajar antara guru dan peserta didik	14
Gambar 1.2	Peserta didik melakukan sebuah eksperimen (praktik)	16
Gambar 1.3	Reaksi Kimira (batu gamping) dengan larutan HCl	31
Gambar 1.4	Perubahan Taksonomi Bloom	33
Gambar 1.5	Percobaan	36

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu efektifitas pembelajaran ditentukan oleh efektifitas komunikasi. Efektifitas komunikasi tidak terjadi begitu saja, melainkan melalui perencanaan dan pengelolaan secara sadar dari aktor (pelaku) komunikasi tersebut. Guru dan peserta didik dalam hal ini memegang peran penting dalam efektifitas pembelajaran. Permendiknas No. 16 Tahun 2007 menegaskan bahwa setiap guru wajib memenuhi standar kualifikasi akademik dan kompetensi guru. Salah satu kompetensi pedagogi yang harus dimiliki oleh guru adalah kompetensi aspek nomor 7 yaitu berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik. Salah satu faktor kegagalan dalam kegiatan pembelajaran pada umumnya dikarenakan faktor kompetensi komunikasi dari guru yang kurang dan salah satu upaya yang perlu kita lakukan agar meminimalisir kegagalan dalam proses pembelajaran adalah dengan menguasai bagaimana cara berkomunikasi yang baik dan benar dengan peserta didik dalam suatu proses pembelajaran. Pada Modul Guru Pembelajar Kelompok Kompetensi H ini disajikan materi tentang pengertian komunikasi yang efektif, faktor-faktor penunjang komunikasi efektif dalam pembelajaran, faktor-faktor penghambat dalam komunikasi efektif dalam pembelajaran, teknik komunikasi yang efektif dengan peserta didik, serta teknik bertanya dalam pembelajaran. Di dalam modul, sajian materi diawali dengan uraian pendahuluan, kegiatan pembelajaran dan diakhiri dengan evaluasi agar guru peserta melakukan *self assesment* sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan diri sendiri.



B. Tujuan

Melalui pembelajaran ini diharapkan guru dapat memahami teknik berkomunikasi yang efektif dengan peserta didik

C. Peta Kompetensi

Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru Mata Pelajaran yang diharapkan setelah guru peserta belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
7.1 Memahami berbagai strategi berkomunikasi yang efektif, empatik, dan santun, secara lisan maupun tulisan	1. menjelaskan pengertian komunikasi efektif;
7.2 Berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/permainan yang mendidik yang terbangun secara siklikal dari (a) penyiapan kondisi psikologis peserta didik untuk ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh, (b) ajakan kepada peserta didik	2. menjelaskan faktor-faktor penunjang dalam komunikasi yang efektif;
	3. menjelaskan faktor-faktor pengambat dalam komunikasi yang efektif;
	4. menerapkan teknik komunikasi yang efektif dengan peserta didik;
	5. menyebutkan fungsi bertanya dalam pembelajaran;
	6. mengidentifikasi pertanyaan berdasarkan kategori klasifikasi pertanyaan Bloom, keterampilan proses IPA, dan konvergen-divergen;
	7. memberikan contoh pertanyaan – pertanyaan sesuai klasifikasi pertanyaan Bloom, keterampilan proses IPA, dan konvergen-divergen;
	8. mengidentifikasi faktor-faktor yang perlu diperhatikan ketika mengajukan pertanyaan;
	9. menjelaskan teknik-teknik



<p>untuk ambil bagian, (c) respons peserta didik terhadap ajakan guru, dan (d) reaksi guru terhadap respons peserta didik, dan seterusnya.</p>	<p>mengajukan pertanyaan; 10. menerapkan teknik bertanya dalam penyusunan rancangan pembelajaran</p>
--	---

D. RUANG LINGKUP

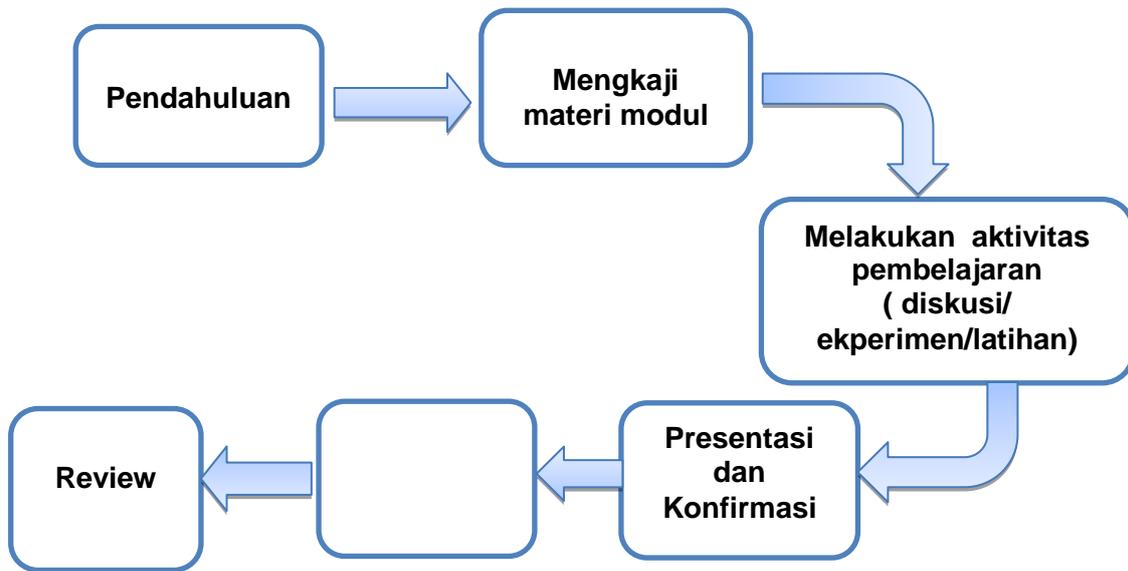
Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi H, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Pengertian Komunikasi yang Efektif
2. Faktor-Faktor Penunjang Komunikasi Efektif dalam Pembelajaran
3. Faktor-Faktor Penghambat dalam Komunikasi Efektif dalam Pembelajaran
4. Teknik Komunikasi yang Efektif dengan Peserta Didik
5. Teknik Bertanya dalam Pembelajaran

E. CARA PENGGUNAAN MODUL

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian materi. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sbb.



Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari:

- latar belakang yang memuat gambaran materi
- tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai atau ditingkatkan melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- langkah-langkah penggunaan modul

2. Mengkaji materi

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari materi yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok.



3. Melakukan aktivitas pembelajaran
Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/intruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan dsb.
Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.
4. Presentasi dan Konfirmasi
Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama.
5. Review Kegiatan
Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi.



KEGIATAN PEMBELAJARAN: KOMUNIKASI YANG EFEKTIF DAN TEKNIK BERTANYA

Sekolah sebagai lembaga pendidikan formal memegang peran penting dalam proses pembelajaran. Pembelajaran (pendidikan) dapat mengubah pandangan hidup, budaya, dan perilaku manusia. Pendidikan bertujuan menyiapkan manusia untuk menghadapi berbagai perubahan yang membutuhkan kekuatan pikiran, kesadaran dan kreatifitas. Pendidikan (secara mikro) melalui pembelajaran di dalam kelas merupakan proses kegiatan interaksi antara dua pihak manusia, yaitu peserta sebagai pihak yang belajar dan guru sebagai pihak yang mengajar. Proses pembelajaran itu sendiri merupakan siklus yang memungkinkan terjalin hubungan formal antara guru dan siswa melalui proses komunikasi.

Salah satu efektifitas pembelajaran ditentukan oleh efektifitas komunikasi. Efektifitas komunikasi terjadi tidak begitu saja, melainkan melalui perencanaan dan pengelolaan secara sadar dari aktor (pelaku) komunikasi tersebut. Guru dan peserta didik dalam hal ini memegang peran penting dalam efektifitas pembelajaran. Oleh karena itu membangun, memelihara, dan melaksanakan komunikasi yang efektif diantara mereka menjadi sesuatu yang harus terjalin supaya proses pembelajaran yang terjadi menjadi bermakna dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Permendiknas No. 16 Tahun 2007 menegaskan bahwa setiap guru wajib memenuhi standar kualifikasi akademik dan kompetensi guru. Ada empat standar kompetensi yang harus dimiliki oleh guru yaitu kompetensi pedagogik, kompetensi kepribadian, kompetensi sosial, dan kompetensi profesional. Salah satu kompetensi pedagogik yang harus dimiliki oleh guru adalah kompetensi aspek nomor 7 yaitu berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik. Berdasarkan kompetensi inti tersebut, ada dua kompetensi yang harus dimiliki oleh guru yaitu 7.1 memahami berbagai strategi berkomunikasi yang efektif, empatik, dan santun, secara lisan, tulisan, dan/atau bentuk lain; 7.2 Berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan



bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/permainan yang mendidik yang terbangun secara siklikal dari (a) penyiapan kondisi psikologis peserta didik untuk ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh, (b) ajakan kepada peserta didik untuk ambil bagian, (c) respons peserta didik terhadap ajakan guru, dan (d) reaksi guru terhadap respons peserta didik, dan seterusnya

Kompetensi ini sangat penting dimiliki oleh guru agar proses pembelajaran yang dilaksanakan dapat terlaksana secara efektif dan efisien. Pada akhirnya siswa dapat mencapai kompetensi sebagaimana diharapkan. Melalui modul ini Anda akan diajak untuk mempelajari kompetensi berkomunikasi secara efektif, empatik, dan santun dengan peserta didik dengan bahasa yang khas dalam interaksi kegiatan/permainan yang mendidik sebagaimana tertuang dalam Permendiknas No. 16 Tahun 2007 kegiatan berkomunikasi antara lain dimulai dari penyiapan kondisi psikologis siswa, ajakan kepada siswa untuk ambil bagian, respons peserta didik terhadap ajakan guru, dan reaksi guru terhadap respons siswa.

Sebagai tenaga pengajar profesional, seorang guru haruslah mampu dalam memahami hal-hal yang bersifat filosofis dan koseptual. Seorang guru juga harus mampu dalam melaksanakan dan mengetahui hal-hal yang bersifat teknis pada saat proses pembelajaran berlangsung. Salah satu faktor kegagalan dalam kegiatan pembelajaran pada umumnya dikarenakan faktor kompetensi komunikasi dari guru yang kurang. Lemahnya kompetensi guru dalam komunikasi di kelas membuat guru mengalami kesusahan dalam mengelola kelas. Hal-hal semacam inilah yang harus kita hindari supaya kegagalan dalam menjalankan proses pembelajaran tidak terjadi. Salah satu upaya yang perlu kita lakukan agar meminimalisir kegagalan dalam proses pembelajaran adalah dengan menguasai bagaimana cara berkomunikasi yang baik dan benar dengan peserta didik dalam suatu proses pembelajaran.

Untuk mencapai tujuan pembelajaran, diharapkan Anda membaca juga modul yang terkait dengan kompetensi komunikasi dan kompetensi pedagogi ada pada kelompok kompetensi sebelumnya, sebagai bahan rujukan dan wawasan mengenai dasar-dasar komunikasi yang efektif dalam pembelajaran.



A. Tujuan

Melalui pembelajaran ini diharapkan guru dapat memahami teknik berkomunikasi yang efektif dengan peserta didik.

Untuk pencapaian tujuan pembelajaran di atas, pelajarylh secara seksama materi pembelajaran yang diuraikan pada masing-masing topik. Satu hal yang penting adalah membuat catatan tentang materi yang sulit Anda pahami. Cobalah terlebih dahulu mendiskusikannya dengan sesama peserta pelatihan. Apabila memang masih dibutuhkan, Anda dianjurkan untuk mendiskusikannya dengan narasumber pelatihan pada saat dilaksanakan kegiatan pembelajaran secara tatap muka.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Setelah mengikuti pembelajaran ini, guru diharapkan dapat:

- 1) menjelaskan pengertian komunikasi efektif;
- 2) menjelaskan faktor-faktor penunjang dalam komunikasi yang efektif;
- 3) menjelaskan faktor-faktor pengambat dalam komunikasi yang efektif;
- 4) menerapkan teknik komunikasi yang efektif dengan peserta didik;
- 5) menyebutkan fungsi bertanya dalam pembelajaran;
- 6) mengidentifikasi pertanyaan berdasarkan kategori klasifikasi pertanyaan Bloom, keterampilan proses IPA, dan konvergen-divergen;
- 7) memberikan contoh pertanyaan –pertanyaan sesuai klasifikasi pertanyaan Bloom, keterampilan proses IPA, dan konvergen-divergen;
- 8) mengidentifikasi faktor-faktor yang perlu diperhatikan ketika mengajukan pertanyaan;
- 9) menjelaskan teknik-teknik mengajukan pertanyaan;
- 10) menerapkan teknik bertanya dalam penyusunan rancangan pembelajaran;



C. Uraian Materi

1. PENDAHULUAN

Dalam pemahaman sehari-hari dapat dikatakan bahwa komunikasi itu berpidato, negosiasi, memberi nasehat, menawarkan barang, atau mengajar. Hal-hal yang disebutkan itu tidak salah, namun untuk menuju ke suatu pembahasan yang berlatar belakang ilmiah tentu harus diusahakan suatu pengertian yang dapat menggambarkan apa yang dimaksud dengan komunikasi itu. Sehingga secara umum orang paham bahwa komunikasi itu adalah X atau komunikasi adalah Y. Adapun hal yang lebih penting lagi adalah kami berharap bahwa komunikasi yang diuraikan dalam tulisan ini dimaknai sama oleh guru (peserta diklat) selaku pembaca dengan fasilitator atau penulis. Sebab, memiliki kesamaan makna antara si penyampai gagasan dengan si penerima gagasan adalah inti dalam komunikasi.

Secara etimologis *komunikasi* atau *communication* (dalam bahasa Inggris) berasal dari perkataan Latin *communis* yang berarti “sama”, *communico*, *communicatio*, atau *communicare* yang berarti “membuat sama” (*to make common*). (Effendi, 1993)

Secara terminologis, komunikasi berarti proses penyampaian suatu pernyataan oleh seseorang kepada orang lain. Pada hakekatnya komunikasi dalam konteks tulisan ini adalah pernyataan antarmanusia. Adapun yang dinyatakan berupa pikiran atau perasaan seseorang kepada orang lain dengan menggunakan Bahasa (verbal dan nonverbal) sebagai alat perantaranya. Pernyataan dinamakan pesan, orang yang menyampaikan pesan disebut komunikator (*communicator*) sedangkan yang menerima pesan disebut komunikan (*communicatee*). Pesan komunikasi terdiri dari dua aspek, pertama isi pesan (*the content of the message*), kedua lambang (*symbol*) untuk mengungkapkan isi pesan yang dimaksud. Pikiran atau perasaan dikategorikan sebagai isi pesan (*content*) sedangkan bahasa dikategorikan sebagai simbol. Komunikasi terjadi apabila terdapat kesamaan makna terhadap suatu pesan yang disampaikan oleh komunikator dan diterima oleh komunikan. (Rakhmat, 1989)

Apabila kita sedang membahas “apple” dalam konteks buah-buahan asli, maka makna “apple” yang dimaksud oleh komunikator harus sama maknanya



dengan yang diterima komunikan. Apabila makna “apple” berbeda (misalnya yang dipahami merek handphone), maka hal itu komunikasinya “gagal”. Jika tidak terjadi kesamaan makna diantara pelaku komunikasi, dalam arti bahwa komunikan tidak memahami apa yang dimaksudkan oleh komunikator, maka dalam hal ini tidak terjadi komunikasi. Kita sering menyebutnya miskomunikasi.

Dalam proses pembelajaran, komunikasi memiliki peranan yang sangat penting. Proses pembelajaran tidak akan berlangsung dengan baik manakala tidak terjadi komunikasi antara guru (pendidik) dan peserta didik. Guru menjelaskan materi pembelajaran di kelas, siswa secara berkelompok berdiskusi, atau guru dan siswa bersama-sama membahas sebuah topik melalui teknik diskusi atau tanya jawab, semuanya merupakan bentuk dan kegiatan komunikasi yang berlangsung dalam pembelajaran. Proses komunikasi akan berjalan dengan baik dan efektif jika ide, gagasan, pesan, atau informasi dimaknai secara bersama-sama oleh manusia yang terlibat dalam perilaku komunikasi. Begitu juga dengan komunikasi dalam pembelajaran. Materi pelajaran akan dicerna dengan baik, jika materi yang disampaikan dapat dimaknai sama oleh peserta didik sebagaimana yang dimaksudkan oleh pendidik.

Komunikasi dalam pembelajaran dewasa ini mendapatkan perhatian dan kajian yang mendalam. Hal ini dilatarbelakangi pentingnya mengelola komunikasi dalam proses pembelajaran agar kegiatan tersebut mencapai tujuan secara efektif. Komunikasi menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan dalam proses pembelajaran. Komunikasi yang efektif diharapkan berkorelasi positif dengan tingkat keberhasilan pembelajaran.

Strategi membangun komunikasi dalam proses pembelajaran merupakan salah satu hal yang sangat penting untuk mewujudkan proses belajar mengajar yang efektif. Karena, tanpa adanya komunikasi tidak mungkin proses pembelajaran akan berjalan dengan lancar, karena komunikasi adalah kunci utama untuk berinteraksi antara guru dengan peserta didik.

Pada sisi kegiatan pembelajaran lain, mengajukan pertanyaan merupakan salah satu kompetensi komunikasi secara individu yang harus dikuasai, terutama dalam kompetensi keterampilan mendengarkan (W.K. Hoy, 2011). Sedangkan menurut Kim dan Kelloy, (1987), mengajukan pertanyaan



adalah salah satu teknik mengajar yang sering dilakukan oleh guru. Pendapat ini didukung oleh Callahan dan Clarke (1988) yang mengatakan bahwa pertanyaan adalah salah satu yang paling penting dari semua teknik mengajar.

Kita menggunakan pertanyaan selama pembelajaran antara lain untuk merangsang siswa berpikir, menilai kemajuan siswa, mengecek pemahaman siswa mengenai penjelasan yang telah diberikan guru, memotivasi siswa untuk tetap menaruh perhatian pada pelajaran, dan mengontrol siswa tetap fokus pada pelajaran. Cara siswa menjawab atau jawaban yang diharapkan dari siswa ditentukan oleh tingkat dan jenis pertanyaan yang diajukan oleh guru, apakah tingkat ingatan, pemahaman, analisis, atau evaluasi. Oleh karena itu, Anda sebaiknya memahami fungsi dan klasifikasi pertanyaan terlebih dahulu yang akan diuraikan pada kegiatan belajar di bawah ini.

Oleh karena itu, penting bagi guru mempelajari dan memahami kajian-kajian teoretis dan praktis mengenai pengelolaan komunikasi yang menyangkut konsep, teknik, dan strategi penerapan komunikasi dalam pembelajaran. Uraian di bawah ini akan menjelaskan bagaimana konsep komunikasi yang efektif dan teknik bertanya dalam pembelajaran yang melibatkan semua unsur yang terlibat dalam suatu proses komunikasi.

2. PENGERTIAN KOMUNIKASI YANG EFEKTIF

Komunikasi efektif (komunikasi yang efektif) adalah komunikasi yang dilakukan oleh seseorang kepada orang lain dimana respons atau efek yang terjadi pada komunikan (baik efek kognisi, efek afeksi, atau efek konasi) sesuai dengan tujuan komunikator.

Secara sederhana komunikasi dikatakan efektif apabila pesan yang disampaikan oleh pengirim sama maknanya dengan pesan yang ditangkap dan dipahami oleh penerima. Jika anda mengatakan: "Jangat ribut!" Maka orang yang mendengar itu (orang yang dimaksud oleh pengirim) memahami bahwa kalimat "jangat ribut" itu diartikan sebagai tindakan tidak berisik, tidak gaduh, atau diam tanpa suara, kemudian orang-orang itu diam, maka komunikasi menjadi efektif sebab "jangan ribut" yang diinginkan oleh komunikator kenyataannya sama makna dengan pemahaman orang yang



diajak bicara tadi. Akan tetapi komunikasi bisa menjadi tidak efektif apabila pesan yang diinginkan komunikator tidak semakna dengan pemahaman komunikan. Contoh: Suatu hari anda melihat orang yang melambaikan tangan di tengah kolam renang, lalu anda membalasnya dengan lambaian tangan lagi. Bagi orang yang di kolam renang lambaian tangan anda tidak bermakna apa-apa sebab yang dia butuhkan bukan lambaian tangan lagi melainkan pertolongan anda, karena dia sedang tenggelam dan tidak bisa berenang.

Pesan harus dimaknai bersama antara penyampai dan penerima, sebab dengan memahami makna yang sama terhadap suatu pesan, maka tindakan yang diharapkan terhadap efek komunikasi menjadi sama. Perbedaan makna pesan (persepsi) akan menghasilkan salah menafsirkan maksud pesan (misinterpretation), misinterpretasi akan berakibat misunderstanding, hasilnya akan misaction.

Jadi, secara sederhana komunikasi disebut efektif bila:

Perception ----> interpretation -----> understanding -----> action

Sebaliknya bila komunikasi tidak efektif akan berakibat:

Misperception---- misinterpretation---->misunderstanding ----> misaction

Menurut Stewart L. Tubb dan Sylvia Moss (dalam Mulyana, 2001), komunikasi yang efektif memiliki tanda-tanda antara lain:

- 1) Pemahaman. Komunikasi dikatakan efektif apabila penerima pesan (komunikan) memperoleh pemahaman yang cermat atas isi pesan yang disampaikan oleh komunikator. Kegagalan utama berkomunikasi disebabkan oleh ketidakpahaman komunikan dalam mencermati isi pesan yang dimaksud oleh komunikasi. (Lihat contoh kata “apple” dan kalimat “Jangan Ribut!” pada uraian sebelumnya.
- 2) Kesenangan. Ketika Anda mengatakan: “Halo!”, “Selamat pagi!”, anda mungkin tidak bermaksud mencari informasi dari orang yang anda sapa. Komunikasi seperti ini dimaksudkan untuk memperoleh kesenangan. Komunikasi seperti inilah yang dapat mempertahankan hubungan insani, sehingga timbul keakraban, kehangatan, dan menyenangkan.



Komunikasi akan efektif apabila timbul rasa senang diantara pelaku komunikasi, baik pada saat komunikasi berlangsung maupun setelah proses komunikasi terjadi.



Gambar 1 Ekspresi kesenangan dalam belajar antara guru dan peserta didik (sumber: www.panduanguru.com)

- 3) Mempengaruhi Sikap. Tindakan mempengaruhi orang lain merupakan bagian dari kehidupan sehari-hari. Dalam berbagai situasi kita berusaha mempengaruhi sikap orang lain, dan berusaha agar orang lain tidak hanya memahami ucapan kita, tetapi agar orang mengikuti apa yang kita inginkan. Suatu hari Anda mengajak masyarakat untuk menanam tanaman pada tanah gersang dan banyak baru-batuan. Anda menjelaskan bahaya longsor dan bahaya banjir bila hujan turun, pidato Anda begitu meyakinkan. Anda jangan puas dengan anggukan kepala komunikan, sebab tujuan berpidato di depan mereka adalah agar mereka menghentikan penebangan hutan, dan menanam tumbuhan di tanah yang gundul. Komunikasi akan efektif bila pesan yang Anda sampaikan diterima oleh komunikan, kemudian komunikan berbuat sesuatu sesuai dengan ajakan Anda. Komunikasi secara persuasif akan efektif dilakukan untuk mempengaruhi sikap mereka.
- 4) Hubungan Sosial yang Baik. Manusia adalah makhluk sosial, dia tidak akan bertahan hidup sendirian. Dia butuh orang lain untuk



melangsungkan kehidupannya. Dia membutuhkan hubungan dengan yang lain, maka dia harus berinteraksi dengan sesamanya. Interaksi terjadi kalau ada kontak dan komunikasi. Komunikasi yang dilakukannya bertujuan untuk menumbuhkan hubungan yang baik. Hubungan yang baik dapat berupa kehangatan, keakraban, atau saling cinta. Jika komunikasi menimbulkan hubungan yang tidak baik, seperti perpecahan, kebencian, dan permusuhan, maka komunikasi menjadi tidak efektif.

- 5) Tindakan. Efektifitas komunikasi biasanya dikukur oleh tindakan nyata. Masyarakat berbondong-bondong menyumbangkan harta atau pakain setelah mengetahui berita betapa mengenaskannya korban bencana longsor. Warga desa Gunung Kidul menghemat air untuk persedian di musim kemarau setelah mendapat penjelasan dari aparat mengenai akan datangnya kemarau panjang. Masyarakat beramai-ramai menanam kembali areal hutannya yang sudah ditebang setelah mendapat penjelasan dari penyuluh kehutanan bahwa hutan gundul berarti petaka bagi kita dan kehidupan. Peserta didik memungut dan memilah sampah di halaman setelah di kelas mereka diajarkan guru tentang pentingnya memilah dan memilah sampah berdasarkan bahan dasar pembuatannya. Menimbulkan tindakan yang nyata merupakan indikator efektifitas komunikasi. Untuk menimbulkan tindakan, terlebih dahulu harus menanamkan pengertian, menimbulkan kesenangan, membentuk sikap, dan menumbuhkan hubungan yang baik. Tindakan merupakan akumulasi seluruh proses komunikasi.

Dalam konteks pembelajaran, tanda-tanda komunikasi yang efektif seperti yang dijelaskan Moss di atas terjadi antara guru dan peserta didik sebagai pelaku komunikasi. Komunikasi akan efektif bila terjadi pemahaman yang sama dalam memaknai suatu pesan (muatan-muatan pelajaran) antara guru dan peserta didik. Komunikasi akan efektif apabila guru dan peserta didik merasa senang dengan apa yang dikerjakan di kelas, di laboratorium atau di tempat lain pada saat proses pembelajaran terjadi.



Komunikasi akan efektif apabila terjadi hubungan yang baik diantara guru dan peserta didik. Saling menghargai, menghormati, dan santun dalam berkata dan bertutur kata merupakan salah satu faktor untuk menjalin hubungan yang baik diantara pelaku komunikasi (guru dan peserta didik). Menjalinkan hubungan yang baik akan mempengaruhi sikap bagi peserta didik. Diharapkan peserta didik akan senang dalam belajar, mencintai belajar, dan menghargai proses belajar sehingga tujuan dalam pembelajaran dapat tercapai.



Gambar 2 Peserta didik melakukan sebuah eksperimen (praktik)
(sumber: www.puerienobaik.wordpress.com)

3. FAKTOR-FAKTOR PENUNJANG KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN

1) Faktor Komunikator (Guru/pendidik)

Keefektifan komunikasi ditentukan oleh etos komunikator. Etos adalah nilai yang ada pada diri seorang komunikator. Etos dibangun oleh unsur kepercayaan (*credibility*) dan atraksi (*attractiveness*). Kredibilitas adalah seperangkat persepsi komunikan tentang sifat-sifat komunikator. Kredibilitas dimunculkan oleh komunikan ketika dia melihat komunikator.



Apabila seorang guru masuk ke kelas dengan pakaian kaos dan celana jeans sobek, kira-kira apa yang ada dalam pikiran peserta didik?. Kemungkinan besar peserta didik tidak mempercayai kalau orang tersebut sebagai seorang guru. Mungkin kita akan menyebutnya guru tersebut tidak kredibel (tidak dapat dipercaya).

Kredibilitas berada pada persepsi komunikan, sedangkan daya tarik (atraksi) sangat ditentukan pada diri komunikator. Komunikasi akan efektif apabila komunikator memiliki kemampuan untuk menarik komunikan sehingga mereka tunduk kepada pesan yang anda sampaikan. Kemampuan guru menyesuaikan diri dengan keadaan peserta didik dapat menentukan keberhasilan berkomunikasi. Keadaan yang dimaksud dapat berupa memahami kepentingan peserta didik, kebutuhannya, kecakapannya, pengalamannya, kemampuan berpikirnya, dan kesulitan-kesulitan yang dihadapi.

Penting bagi guru untuk membangun etos ini sehingga persepsi peserta didik kepada kita menjadi positif. Selain itu, daya tarik seorang guru harus menjadi modal dalam membangun komunikasi dengan peserta didik sebagai cara untuk mencapai tujuan pembelajaran.

2) Faktor Komunikan (Peserta Didik)

Sebelum menyampaikan pesan, komunikator terlebih dahulu harus memahami siapa komunikannya (*know your audiences*) karena komunikan terdiri dari orang-orang yang hidup, bekerja, dan bermain satu sama lain dalam jaringan lembaga sosial. Komunikan akan mempertimbangkan keuntungan pesan yang disampaikan komunikator pada dirinya. Kalau tidak menguntungkan, ia tidak akan memberikan tanggapan. Pada saat komunikan mengambil keputusan, ia sadar bahwa keputusannya itu harus sesuai dengan tujuan yang diinginkannya.

Dalam konteks pembelajaran, penting bagi guru untuk memahami karakteristik peserta didik. Antara lain:

- a) mengetahui kebutuhan peserta didik,
- b) kecakapan yang dimiliki peserta didik,
- c) pengalaman-pengalaman belajar dan pengalaman di luar kelas,
- d) kemampuan berpikir peserta didik, dan



e) kesulitan-kesulitan yang dihadapi peserta didik.

Untuk lebih jelas bagaimana cara memahami karakteristik peserta didik, silakan Anda baca modul pelatihan dengan topik Memahami Karakteristik Peserta Didik.

Agar komunikasi menjadi efektif, maka penting bagi komunikator (guru) memperhatikan aspek sebagai berikut: waktu yang tepat untuk suatu pesan (dalam pembelajaran biasanya dibuat dalam RPP dengan memperhatikan kompetensi dasar yang ingin dicapai); bahasa yang digunakan harus dapat dimengerti oleh peserta didik; sikap dan nilai yang ditampilkan harus dapat menumbuhkan kepercayaan peserta didik; memilah-milah jenis kelompok sasaran di mana komunikasi akan dilakukan.

3) Faktor Pesan (Muatan Pelajaran)

Pesan dibangun oleh dua faktor, yaitu: isi pesan (*the content of message*) dan bahasa (*symbol*). Supaya pesan mudah diterima dan dipahami oleh komunikan, maka pesan harus diorganisasikan dengan baik, setelah terorganisasi dengan baik pesan harus disesuaikan dengan cara berpikir, kebutuhan, dan kepentingan komunikan. Pesan juga ditentukan oleh tujuan berkomunikasi kita. Apabila tujuannya informasi, maka pesan harus dapat menyentuh pikiran komunikan dan meyakinkan komunikan sehingga sadar bahwa pesan yang diterima penting untuk diri komunikan. Sedangkan untuk tujuan persuasif, maka pesan harus menyentuh perasaan komunikan, sehingga komunikan merasa puas dengan pesan itu dan pada akhirnya berbuat sesuatu sesuai dengan apa yang komunikator anjurkan. Guru yang baik harus mampu mengelola pesan yang menarik yang tertuang dalam rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP)

Rakhmat (1989) memberikan lima tahapan dalam penyusunan pesan yang baik, yaitu: Tahap perhatian, tahap kebutuhan, tahap pemuasan, tahap visualisasi, dan tahap tindakan.

Tahap perhatian; Peserta didik (komunikan) secara sengaja dapat memperhatikan pesan karena ia berkeinginan untuk mendengarnya. Tetapi seorang guru (komunikator) harus berupaya membuat peserta didik



menaruh perhatian terhadap pesan, walaupun sebetulnya peserta didik lebih tertarik pada hal-hal lain.

Tahap kebutuhan; Guru (komunikator) harus bisa menimbulkan perasaan pada peserta didik (komunikan) bahwa pesan yang disampikannya itu penting bagi peserta didik, sehingga peserta didik membutuhkan pesan itu.

Tahap pemuasan; Pada tahap ini guru (komunikator) berusaha agar pesan yang disampaikan dipahami oleh peserta didik (komunikan), dengan kata lain bahwa peserta didik (komunikan) menyetujui terhadap gagasan-gagasan guru yang disampaikan.

Tahap visualisasi; Visualisasi berarti membayangkan pelaksanaan gagasan-gagasan pada waktu mendatang. Karena itu, gambaran yang disajikan harus menyenangkan bila gagasan-gagasan komunikator dapat dilaksanakan oleh komunikan. Proyeksi-proyeksi di masa datang digambarkan dengan cermat dan jelas untuk meyakinkan komunikan bahwa pesan yang disampaikan menjadi penting untuk diwujudkan.

Tahap tindakan; Tahap ini berfungsi untuk merumuskan tahapan-tahapan sebelumnya dalam bentuk sikap dan keyakinan tertentu untuk bertindak atau berbuat sesuatu.

4. FAKTOR-FAKTOR PENGHAMBAT KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN

Hambatan komunikasi adalah sesuatu yang dapat mempengaruhi kelancaran dalam proses komunikasi bahkan cenderung menghambat proses komunikasi. Hambatan dalam komunikasi dapat terjadi pada komunikator, komunikan, pesan, media, atau suasana ketika proses komunikasi berlangsung. Hambatan-hambatan komunikasi menurut Effendy (1989) dan Mulyana (2001), dapat berbentuk:

- a. Gangguan fisik; Biasanya berkaitan dengan situasi, tempat, dan suasana pada saat komunikasi berlangsung. Gangguan fisik lebih mengarah pada keadaan cuaca atau iklim yang tidak kondusif, suasana ribut, bising, tempat belajar yang tidak standar, dan sebagainya.



- b. Gangguan mekanik; Gangguan ini terjadi pada alat atau media yang kita gunakan dalam berkomunikasi. Suara yang terputus-putus akibat microphone yang jelak, atau gambar yang buram (banyak semut) karena TV yang rusak. Presentasi seorang guru menjadi terhambat karena tidak tersedia *in-focus*, padahal materi yang akan disampaikan semua berada pada *file* di komputer.
- c. Gangguan Semantik; Semantik adalah pengetahuan mengenai pengertian kata-kata yang sebenarnya. Lambang kata yang sama akan diartikan berbeda untuk orang-orang yang berlainan. Kata “cokot” berarti “ambil” untuk orang Sunda, sedangkan untuk orang Jawa berarti “makan”. Banyak kata-kata dalam konteks pembelajaran IPA yang maknanya dapat berbeda bila kita tidak memahami konteks yang menyertai dalam suatu proses pembelajaran.
- d. Gangguan budaya; Masin-masing kelompok sosial memiliki lambang-lambang tertentu untuk mengungkapkan sesuatu. Orang India untuk mengatakan setuju dengan cara menggelengkan kepala ke kiri-ke kanan, sedangkan orang Indonesia isyarat itu menunjukkan ketidaksetujuan. Demikain pula acungan jempol akan diartikan berbeda oleh kelompok sosial yang berbeda.
- e. Gangguan kepentingan; Komunikan hanya akan memperhatikan pesan yang dianggap ada hubungannya dengan kepentingan dia. Kepentingan membuat seseorang selektif dalam menanggapi suatu pesan. Pidato kampanye pemilihan kepala desa tidak akan didengar oleh pedagang teh botol, karena dia tidak berkepentinagn dengan isi pidato. Dia berkepentingan dengan jumlah pengunjung yang datang, karena dia berharap dagangannya laku terjual.
Peserta didik faktanya selektif juga terhadap pelajaran yang disampaikan oleh guru. Pada saat tertentu, peserta tidak akan memperhatikan apa yang dijelaskan oleh guru ketika dia menganggap penjelasan guru semakin tidak jelas, semakin bingung, bahkan semakin stress.
- f. Gangguan motivasi; Motivasi akan mendorong sesorang berbuat sesuatu yang sesuai dengan keinginan atau kebutuhan seseorang. Keinginan atau kebutuhan sesorang dari waktu ke waktu dan dari tempat ke tempat akan berbeda-beda. Oleh karena itu, komunikator akan kesulitan untuk



menentukan pesan mana yang efektif untuk orang-orang yang memiliki motivasi berlainan ini. Penting bagi guru untuk membuat strategi komunikasi dan strategi pembelajaran supaya motivasi belajar peserta didik terbangun sehingga penyampaian gagasan-gagasan atau konten pelajaran berlangsung sesuai tujuan.

- g. Gangguan prasangka; Prasangka merupakan suatu sikap dari seseorang yang mencurigai orang lain dengan membanding-bandingkan dirinya atau orang lain yang mengarah pada perasaan negatif. Prasangka tidak hanya akan menimbulkan ketidakpercayaan pada komunikan melainkan akan menimbulkan pula sikap antipati terhadap segala pesan yang disampaikan oleh komunikator. Kita tidak akan percaya ceramah mantan preman walaupun isi ceramahnya itu benar menurut ilmu keagamaan, sikap ini dipengaruhi oleh prasangka sebab kita menilai ceramahnya hanya untuk membungkus dosa-dosa yang pernah dilakukannya. Prasangka negatif akan membuat komunikasi menjadi tidak efektif. Dalam pembelajaran, guru harus mampu meminimalisir prasangka-prasangka negatif yang akan ditimbulkan dari peserta didik

Yusuf (2010) mengelompokkan hambatan-hambatan dalam pembelajaran sebagai berikut:

- a. Hambatan pada sumber. Sumber pada suatu proses komunikasi dapat dikatakan sebagai penggagas atau komunikator. Sumber bertindak sebagai manajer (pengelola). Ketidackakapan manajer dalam mengelola proses komunikasi akan menghambat keberhasilan komunikasi. Guru sebagai pemimpin pembelajaran tentu saja harus mampu mengelola komunikasi dengan baik. Perencanaan yang matang dan pelaksanaan yang efektif menjadi kunci keberhasilan dalam pembelajaran. Menyiapkan perangkat pembelajaran, menyiapkan media, mengemas konten pelajaran, serta penggunaan bahasa yang tepat merupakan tuntutan yang harus dimiliki oleh guru.
- b. Hambatan pada saluran (channel/media). Hambatan pada saluran lebih pada yang bersifat fisik. Hambatan pada saluran terjadi karena adanya ketidakberesan pada saluran komunikasi. Saluran merupakan alat



dimana pesan dapat sampai pada sasaran (komunikasikan atau peserta didik). Contoh hambatan ini misalnya aliran listrik mati ketika guru menyampaikan materi melalui komputer (LCD), kabel mic terputus-putus, tulisan tidak jelas, suara gaduh di ruangan, bahkan suara guru yang parau/serak (sehingga tidak jelas terdengar).

- c. Hambatan pada komunikasi/sasaran. Hambatan dalam proses pembelajaran dapat terjadi pada sasaran/komunikasikan. Dalam konteks pembelajaran hambatan pada sasaran komunikasi diantaranya: kemampuan dan atau kapasitas kecerdasan dari peserta didik; minat dan bakat; motivasi dan perhatian; sensasi dan persepsi; ingatan; dan kemampuan mentransfer pengetahuan serta berpikir kognitif.

5. TEKNIK KOMUNIKASI YANG EFEKTIF DENGAN PESERTA DIDIK

Strategi pada hakikatnya adalah perencanaan (*planning*) dan pengelolaan (*management*) untuk mencapai tujuan. Akan tetapi, untuk mencapai tujuan tersebut, strategi tidak berfungsi sebagai peta jalan yang hanya menunjukkan arah saja, melainkan harus menunjukkan bagaimana taktik operasionalnya (Effendi, 1993). Strategi biasanya sering dikaitkan dengan dunia militer. Dalam dunia militer strategi dalam peperangan adalah memenangkan perang, taktiknya adalah memenangkan pertempuran, adapun tekniknya bisa konfrontasi langsung (perang terbuka) atau gerilya. Demikian pula dalam kegiatan komunikasi, maka strategi komunikasi harus menunjukkan tujuan yang jelas melalui kegiatan-kegiatan operasional yang bergantung pada situasi dan kondisi yang disebut dengan teknik.

Dalam konteks pembelajaran, strategi komunikasi dirancang agar pembelajaran berjalan sesuai dengan tujuan. Pengelolaan dan perencanaan komponen-komponen yang terlibat dalam proses komunikasi adalah salah satu bentuk strategi komunikasi. Yusuf (2010) memberikan contoh kegiatan-kegiatan yang dapat dikategorikan ke dalam strategi komunikasi antara lain: persiapan, kegiatan penganggaran, kegiatan pelaksanaan, memberikan



motivasi pada sasaran, mempersiapkan peralatan, memilih media yang tepat, dan mempersiapkan pesan yang akan disampaikan.

Dalam uraian ini, yang termasuk ke dalam teknik komunikasi yang efektif dengan peserta didik mencakup kegiatan-kegiatan:

1) Membangun etos komunikator (guru)

Ada beberapa faktor yang mendukung timbulnya etos pada diri komunikator atau guru, yaitu:

- 1) Kesiapan (*preparedness*); Persiapan yang matang akan menentukan keberhasilan komunikasi. Penampilan dan materi pelajaran adalah contoh yang harus dipersiapkan dengan matang. Apabila guru tidak ingin ditertawakan atau dicemoohkan pada saat di kelas, maka siapkanlah materi pelajaran dengan matang yang dapat menarik perhatian dan minat khalayak. Selain itu, siapkan pula mental bahwa mendidik, mengajarkan ilmu, dan menjalin hubungan sosial yang baik dengan peserta didik perlu dilakukan secara terencana, terstruktur, dan pada akhirnya dapat diukur tingkat keberhasilan komunikasi dalam pembelajaran tersebut.
- 2) Kesungguhan (*seriousness*); Kepercayaan peserta didik pada guru akan timbul apabila seorang guru menunjukkan kesungguhan dalam menyampaikan materi. Kesungguhan bukan berarti tidak boleh menyisipkan unsur humor di dalamnya, akan tetapi unsur humor hanya sebagai penarik perhatian saja. Apabila humor yang berlebihan dilakukan, maka kemungkinan kewibawaan guru bias berkurang, dan peserta didik malah menjadi tidak sungkan lagi kepada guru.
- 3) Ketulusan (*sincerity*); Seorang guru harus membawakan kesan bahwa ia tulus menyampaikan materi pelajaran. Hindarilah kata-kata yang dapat mengarah kecurigaan kepada komunikator. Ketulusan juga dapat ditunjukkan dengan sikap komunikator dengan rasa empati.
- 4) Kepercayaan (*confidence*); Tidak ragu-ragu dan memiliki keyakinan untuk menghadapi segala situasi. Keyakinan dalam mengatasi segala situasi dapat membantu komunikator/guru menemukan kepercayaan diri.



- 5) Ketenangan (*poise*); Ketenangan yang ditunjukkan guru/komunikator akan menimbulkan kesan bahwa guru/komunikator sudah berpengalaman dalam menghadapi peserta didik dan menguasai persoalan yang dibahas.
- 6) Keramahan (*friendship*); Keramahan adalah bentuk ekspresi sikap etis (santun) dari komunikator/guru terhadap peserta didik/komunikan. Apabila guru menampilkan sikap ini, maka peserta didik cenderung akan menaruh simpati kepada guru. Hal ini penting bagi guru agar pesan (materi pelajaran) yang disampaikan dapat diterima dengan cermat oleh komunikan/peserta didik.
- 7) Kesederhanaan (*moderation*); Kesederhanaan bisa menunjukkan kemurnian sikap. Gaya bicara dan penampilan yang tidak dibuat-buat atau tidak meniru gaya orang lain dapat membangun percaya diri.

2) Memilih Materi (Isi Pesan) yang Sesuai

Untuk menentukan materi yang baik dan sesuai dengan tujuan komunikasi maka kita dapat memperhatikan hal-hal berikut ini.

- 1) Materi pesan harus sesuai dengan latar belakang pengetahuan komunikator; Materi yang paling baik adalah materi yang memberikan kemungkinan si komunikator lebih mengetahui daripada komunikan. Apabila saya/penulis (lulusan Ilmu Komunikasi) menerangkan “Hukum Relativitas Einstein” di depan guru-guru IPA, maka materi ini tidak akan baik, karena komunikan lebih tahu dari pada saya. Materi akan baik, jika saya menerangkan konsep dasar ilmu komunikasi di depan guru-guru, karena boleh jadi saya lebih tahu tentang ilmu komunikasi dibandingkan mereka, (walaupun belum tentu benar).
- 2) Materi pesan harus menarik minat komunikator; Materi yang enak dibicarakan tentu saja materi yang paling diminati sesuai dengan tujuan komunikator. Komunikasi akan efektif bila pesan yang disampaikan menyentuh emosi kita.
- 3) Materi pesan harus menarik minat komunikan; Kita berbicara untuk orang lain, kalau tidak ingin ditinggalkan (tidak dianggap) oleh pendengar (komunikan/peserta didik), maka kita harus berbicara



tentang sesuatu yang diminati dan dianggap menarik oleh komunikan. Hal-hal yang menarik akan berbeda dan berubah-ubah pada diri komunikan. Oleh karena itu, komunikator/guru harus mampu membangkitkan perhatian peserta didik yang berlatar belakang dan motif berbeda ketika mendengarkan uraian kita.

- 4) Materi pesan harus sesuai dengan pengetahuan komunikan; Tingkat penerimaan peserta didik SD akan berbeda dengan tingkat penerimaan peserta didik SMP dan SMA. Oleh karena itu muatan kurikulum sudah dibuat dengan memperhatikan aspek tersebut. Maka, guru harus memilih topik-topik yang sesuai dengan karakteristik peserta didik.

3) Menggunakan Bahasa yang Tepat

Menurut *Oxford Advanced Learner's Dictionary*, bahasa adalah sistem bunyi dan kata yang digunakan oleh manusia untuk mengungkapkan pikiran dan perasaannya (*the system of sounds and words used to express their thoughts and feelings*). Bahasa merupakan alat yang dimiliki bersama oleh suatu sistem sosial untuk mengungkapkan gagasan dan perasaan. Oleh karena itu bahasa hanya dapat dimengerti apabila ada kesepakatan bersama diantara anggota-anggota sistem sosial tersebut. Dari segi bentuknya, bahasa dibagi menjadi dua bagian, yaitu: Pertama bahasa verbal, dimana bahasa diungkapkan dalam bentuk kata-kata (kalimat) yang diucapkan atau ditulis; Kedua bahasa nonverbal, dimana bahasa diungkapkan dalam bentuk gerak-gerik tubuh, jarak, atau gambar.

Komunikasi akan efektif apabila guru mampu memilih kata-kata yang tepat dalam berbicara. Ada tiga cara untuk memilih kata-kata yang tepat, yaitu: kata-kata harus jelas, kata-kata harus tepat, dan kata-kata harus menarik. Untuk mendapatkan kata-kata yang jelas, tepat, dan menarik perhatikan hal-hal berikut ini:

- Gunakanlah kata-kata yang sederhana dan santun
- gunakanlah istilah yang spesifik
- hindari istilah-istilah yang bias



- berhemat dalam menggunakan kata-kata yang tidak penting diucapkan
- gunakan perulangan atau pernyataan kembali gagasan yang sama dengan kata yang berbeda
- hindari kata-kata yang bermakna ganda yang berbeda konteks
- gunakan bahasa sehari-hari untuk menganalogikan istilah-istilah dalam teori (istilah-istilah science)
- hindari kata-kata yang tidak sopan
- pilihlah kata-kata yang menyentuh komunikan
- gunakan tata bahasa yang benar, kosa kata yang dapat dipahami dan tepat pada perkembangan anak
- lakukan penekanan pada kata-kata kunci atau dengan mengulang penjelasan
- berbicara dengan tempo yang tepat, tidak menyampaikan hal-hal yang kabur
- dan gunakan perencanaan dan pemikiran logis sebagai dasar berbicara secara jelas di kelas

4) Membangun Iklim Komunikasi dengan Peserta Didik

Ada beberapa kemampuan komunikasi yang harus dimiliki oleh guru dalam proses pembelajaran sebagai upaya membangun iklim komunikasi yang positif dengan peserta didik, yaitu:

- a) Kemampuan guru mengembangkan sikap positif peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. Dengan cara menekankan kelebihan-kelebihan siswa bukan kelemahannya, menghindari kecenderungan untuk membandingkan peserta didik dengan peserta didik lain dan pemberian insentif yang tepat atas keberhasilan yang diraih peserta didik.
- b) Kemampuan guru untuk bersikap luwes dan terbuka dalam kegiatan pembelajaran. Bisa dilakukan dengan menunjukkan sikap terbuka terhadap pendapat siswa dan orang lain, sikap responsif, simpatik, menunjukkan sikap ramah, penuh pengertian dan sabar. Dengan terjalannya keterbukaan, masing-masing pihak merasa bebas bertindak, saling menjaga kejujuran dan saling berguna bagi pihak



lain sehingga merasakan adanya wahana tempat bertemunya kebutuhan mereka untuk dipenuhi secara bersama-sama

- c) Kemampuan guru untuk tampil secara bergairah dan bersungguh-sungguh dalam kegiatan pembelajaran. Dengan cara penyampaian materi di kelas yang menampilkan kesan tentang penguasaan materi yang menyenangkan. Karena sesuatu yang energik, antusias, dan bersemangat memiliki relevansi dengan hasil belajar. Perilaku guru yang seperti itu dalam proses belajar mengajar akan menjadi dinamis, mempertinggi komunikasi antar guru dengan peserta didik, menarik perhatian peserta didik dan menolong penerimaan materi pelajaran.
- a) Kemampuan guru untuk mengelola interaksi peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. Berhubungan dengan komunikasi antar peserta didik, usaha guru dalam menangani kesulitan peserta didik dan peserta didik yang mengganggu serta mempertahankan tingkah laku peserta didik yang baik. Agar semua peserta didik dapat berpartisipasi dan berinteraksi secara optimal, guru mengelola interaksi tidak hanya searah saja yaitu dari guru ke peserta didik atau dua arah dari guru ke peserta didik dan sebaliknya, melainkan diupayakan adanya interaksi multi arah yaitu dari guru ke peserta didik dan dari peserta didik ke peserta didik. (Chalicee, zipo. di <http://zhopio-chalicee.blogspot.co.id/2012/06/>).

Selain hal di atas, terdapat lima hal yang perlu diperhatikan guru dalam membangun iklim komunikasi yang positif dengan peserta didik, yaitu:

- a) *Respect*, sikap menghargai setiap individu yang menjadi sasaran pesan yang kita sampaikan. Jika kita harus mengkritik atau memarahi seseorang, lakukan dengan penuh respek terhadap harga diri dan kebanggaan seseorang. Pahami bahwa seorang pendidik harus bisa menghargai setiap siswa yang dihadapinya. Rasa hormat dan saling menghargai merupakan hukum yang pertama dalam berkomunikasi dengan orang lain. Ingatlah bahwa pada prinsipnya manusia ingin dihargai dan dianggap penting. Jika kita bahkan harus mengkritik atau memarahi seseorang, lakukan dengan penuh respek terhadap



harga diri dan kebanggaan seseorang. Jika kita membangun komunikasi dengan rasa dan sikap saling menghargai dan menghormati, maka kita dapat membangun kerjasama yang menghasilkan sinergi yang akan meningkatkan efektivitas kinerja kita baik sebagai individu maupun secara keseluruhan sebagai tim.

- b) *Empathy*, kemampuan menempatkan diri pada situasi atau kondisi yang dihadapi orang lain. Demikian halnya dengan bentuk komunikasi di dunia pendidikan. Kita perlu saling memahami dan mengerti keberadaan, perilaku, dan keinginan dari siswa. Rasa empati akan menimbulkan respek atau penghargaan, dan rasa respek akan membangun kepercayaan yang merupakan unsur utama dalam membangun sebuah suasana kondusif di dalam proses belajar-mengajar. Jadi sebelum kita membangun komunikasi atau mengirimkan pesan, kita perlu mengerti dan memahami dengan empati calon penerima pesan kita. Sehingga nantinya pesan kita akan dapat tersampaikan tanpa ada halangan psikologi atau penolakan dari penerima.
- c) *Audible*, dapat didengarkan atau dimengerti dengan baik, berarti pesan yang kita sampaikan bisa diterima dengan baik oleh penerima pesan.
- d) *Clarity*, kejelasan dari pesan itu sendiri sehingga tidak menimbulkan multi interpretasi atau berbagai penafsiran yang berlainan. *Clarity* dapat pula berarti keterbukaan dan transparansi.
- e) *Humble*, dengan menghargai orang lain, mau mendengar, menerima kritik, tidak sombong, dan tidak memandang rendah orang lain. (Hanifa, Lia. Di <http://dhinipedia.blogspot.co.id/2012/01/komunikasi-efektif-dalam-pendidikan.html>)

Komunikasi yang efektif dalam pembelajaran terjadi secara dua arah dan bersifat siklikal. Guru pada saat tertentu bertindak sebagai komunikator dan peserta didik sebagai komunikan, namun pada saat lain guru akan bertindak sebagai komunikan dan peserta didik akan bertindak sebagai komunikator. Sebagai pelaku komunikasi, guru hendaknya mampu mengelola kelas secara efektif supaya guru dan peserta didik berbagi peran dengan memiliki keterampilan mendengar yang baik.



Seorang pendengar yang baik akan mendapatkan daya tarik bagi orang lain untuk berkomunikasi. Pendengar yang baik akan mendengar secara aktif dan tidak sekedar menyerap informasi secara pasif. Mendengar aktif berarti memberi perhatian penuh pada pembicara, memfokuskan diri pada isi intelektual dan emosional dari pesan. Seorang guru dapat menggunakan strategi di bawah ini untuk berinteraksi dengan siswa dan melatih keterampilan siswa dalam mendengar aktif:

- a) Memberi perhatian cermat pada orang yang sedang berbicara, hal ini akan menunjukkan bahwa anda tertarik pada hal yang sedang dibicarakan, gunakan kontak mata, isyarat condong badan kepada orang yang sedang berbicara.
- b) Melakukan parafrasa, menyatakan kembali kalimat yang baru saja dikatakan orang lain dengan menggunakan kalimat sendiri.
- c) Mensintesiskan tema dan pola, meringkas tema utama dan perasaan pembicara yang disampaikan dalam percakapan panjang.
- d) Memberi umpan balik atau tanggapan dengan cara yang kompeten, dapat berupa tanggapan verbal atau nonverbal yang membuat pembicara mengerti pencapaian target sasaran pesan. (Mahmudin, di <https://mahmuddin.wordpress.com/2010/02/18/komunikasi-efektif-antara-guru-dengan-siswa>).
- e) Tidak memotong pembicaraan terlebih dahulu
- f) Menempatkan konteks yang sama antara pembicara dengan Anda sebagai pendengar, supaya muatan materi pesan dapat dimaknai secara bersama
- g) Memberikan respon yang positif pada peserta didik yang reaktif terhadap suatu materi pelajaran.
- h) Tidak terburu-buru menyalahkan apabila apa yang dibicarakan peserta didik tidak sesuai dengan konteks pembahasan pelajaran.

6. TEKNIK BERTANYA DALAM PEMBELAJARAN

Mengajukan pertanyaan merupakan salah satu kompetensi komunikasi secara individu yang harus dikuasai, terutama dalam kompetensi keterampilan mendengarkan (W.K. Hoy, 2011). Sedangkan menurut Kim



dan Kelloy, (1987) , mengajukan pertanyaan adalah salah satu teknik mengajar yang sering dilakukan oleh guru. Pendapat ini didukung oleh Callahan dan Clarke (1988) yang mengatakan bahwa pertanyaan adalah salah satu yang paling penting dari semua teknik mengajar.

Kita menggunakan pertanyaan selama pembelajaran antara lain untuk merangsang siswa berpikir, menilai kemajuan siswa, mengecek pemahaman siswa mengenai penjelasan yang telah diberikan guru, memotivasi siswa untuk tetap menaruh perhatian pada pelajaran, dan mengontrol siswa tetap fokus pada pelajaran. Cara siswa menjawab atau jawaban yang diharapkan dari siswa ditentukan oleh tingkat dan jenis pertanyaan yang diajukan oleh guru, apakah tingkat ingatan, pemahaman, analisis, atau evaluasi. Oleh karena itu, Anda sebaiknya memahami fungsi dan klasifikasi pertanyaan terlebih dahulu yang akan diuraikan pada kegiatan belajar ini.

1) Fungsi Pertanyaan

Pertanyaan dalam proses pembelajaran memiliki beberapa fungsi, yaitu:

- (a) mendorong minat dan motivasi siswa untuk berpartisipasi aktif dalam pembelajaran;
- (b) mengevaluasi persiapan siswa dan mengecek pemahaman siswa terhadap suatu tugas;
- (c) mendiagnosis kekuatan dan kelemahan siswa;
- (d) mereviu apa yang telah diajarkan;
- (e) mengarahkan siswa untuk menemukan kemungkinan-kemungkinan baru dalam menggali permasalahan;
- (f) merangsang siswa mencari bahan untuk data,
- (g) mengembangkan dan membangun konsep diri siswa secara individu (Carin dan Sund, 1971: ; Carin 1997: 97) .

Adapun Chemprecha (1979: 11) dalam Siswoyo (1997: 13) menyatakan bahwa tujuan utama bertanya di dalam kelas adalah untuk membantu siswa mengembangkan cara belajar melalui penemuan diri dan bukan menguji sejauh mana siswa telah menghafal pelajaran yang telah diberikan.



Dalam proses pembelajaran, di samping pertanyaan guru yang memegang peranan penting, juga harus diciptakan agar siswa dapat mengajukan pertanyaan. Untuk menciptakan suasana yang mendukung bagi siswa untuk bertanya, maka guru perlu membuat atau menciptakan kerangka pertanyaan. Tahap pertama dalam menciptakan kerangka pertanyaan adalah merangsang minat siswa dengan cara memberi siswa kesempatan untuk berhubungan langsung dengan benda-benda atau alat-alat yang merangsang rasa ingin tahu siswa.

Berdasarkan kontak dengan benda-benda, siswa dapat merespon pertanyaan guru dan menjawab sesuai dengan apa yang diharapkan oleh guru. Respon siswa dapat berupa penggunaan kata-kata untuk mendeskripsikan, menggambar atau membangun sesuatu, atau melakukan pengukuran, pertanyaan yang dapat diajukan termasuk ke dalam klasifikasi observasi. Dengan demikian pertanyaan yang diajukan oleh guru hendaknya tidak mengandalkan kemampuan verbal dalam bentuk pertanyaan lisan, namun harus didukung oleh situasi yang kondusif agar siswa termotivasi untuk menjawab maupun mengajukan pertanyaan. Situasi yang kondusif agar terjadi interaksi guru-siswa harus disiapkan guru, misalnya penyiapan alat peraga pembelajaran yang relevan dengan topik pelajaran dan sumber belajar (misalnya buku dan lembar kerja siswa).

2) Klasifikasi Pertanyaan

Pertanyaan yang diajukan oleh guru dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, ada yang dapat diklasifikasikan ke dalam pertanyaan divergen (menyebar) dan konvergen (memusat) atau sering disebut juga pertanyaan terbuka dan tertutup. Klasifikasi lainnya adalah klasifikasi berdasarkan taksonomi Bloom dan keterampilan proses. Sedangkan Dahar mengelompokkan pertanyaan ke dalam jenis pertanyaan: (1) faktual dan deskriptif (untuk memerikan); (2) pertanyaan membimbing; dan (3) pertanyaan tingkat tinggi. Carin mengelompokkan pertanyaan ke dalam pertanyaan tingkat rendah, tingkat menengah, dan tingkat tinggi.



a. Pertanyaan Konvergen dan Divergen

(1) Pertanyaan Konvergen

Pertanyaan konvergen disebut juga pertanyaan tertutup, yaitu pertanyaan yang tidak menuntut siswa untuk memberikan jawaban lebih dari satu (banyak alternatif). Pertanyaan ini dapat diajukan langsung untuk menarik perhatian siswa pada suatu objek, mempertajam ingatan siswa dan membantu menilai siswa pada kemampuan mengingat atau mengamati.



a

b

gambar reaksi kimia

(batu gamping dengan larutan HCl)

pada tb a: serbuk batu gamping

pada tb b: kepingan batu gamping

contoh pertanyaan konvergen

Zat apakah yang dimasukkan ke dalam tabung a dan b?

(tujuan: siswa mengamati zat yang dimasukkan ke dalam tb a dan b dan menyebutkan nama zat tersebut)

- Samakah zat yang dimasukkan ke dalam tabung a dan b?
- Menurut mu, batu gamping pada bentuk apa yang lebih cepat reaksinya dengan larutan HCl

(2) Pertanyaan Divergen

Pertanyaan divergen atau pertanyaan terbuka adalah jenis pertanyaan yang menuntut siswa untuk dapat memberikan jawaban yang terbuka (lebih dari satu jawaban). Pertanyaan divergen merangsang siswa untuk menjadi observer yang baik dan mengembangkan kemampuan mengorganisasi informasi/data dari peristiwa/objek yang dipresentasikan guru. Pertanyaan divergen dapat membimbing siswa mencari hubungan dan membuat hipotesis, serta menyimpulkan. Contoh pertanyaan divergen adalah seperti pada tabel 1.

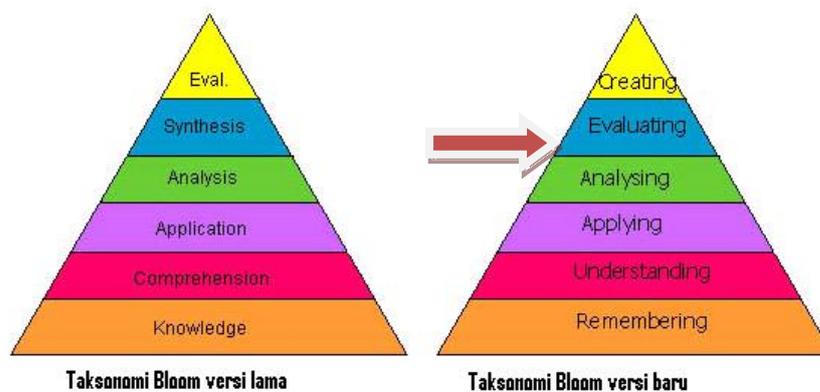


Tabel 1 Contoh Pertanyaan Divergen

Contoh Pertanyaan Divergen	Tujuan
 <p>Apa yang dapat kamu jelaskan dari gambar ini?</p>	Menggambarkan inferensi
<p>Bagaimana kamu dapat membuktikan bahwa konsentrasi akan mempengaruhi laju reaksi?</p>	Eksperimen
<p>Bagaimana kamu dapat memberikan informasi hasil percobaan tentang pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi?</p>	Organisasi data/eksperimen

b. Pertanyaan menurut Taksonomi Bloom

Anderson, *et.all* (2001) merevisi taksonomi tujuan pendidikan yang dikemukakan oleh Bloom (1956), yaitu sebagai berikut.



Gambar 3 Perubahan Taksonomi Bloom



sumber: http://www.odu.edu/educ/lischult/bloom_taxonomy.html

Berdasarkan taksonomi tujuan pendidikan menurut Bloom, maka pertanyaan dapat diklasifikasikan berdasarkan domain proses kognitif, yaitu ingatan, pemahaman, penerapan, analisis, evaluasi, dan menciptakan.

(1) Pertanyaan Ingatan (*remembering*)

Pertanyaan ingatan diajukan untuk mengungkap pengetahuan siswa mengenai fakta, kejadian, dan definisi. Guru mengajukan pertanyaan ingatan biasanya untuk mengetahui apakah siswa telah memperoleh sejumlah fakta yang dikehendaki atau tidak. Pertanyaan ingatan dapat berbentuk dua tipe, yaitu : (a) pertanyaan yang menuntut jawaban "ya atau tidak" dan (b) pertanyaan yang menuntut jawaban siswa dengan hasil mengingat. Pertanyaan yang sering diajukan dalam jenis ini diawali dengan kata apa, siapa, dimana, bilamana (kapan), atau definisikan. Berikut ini contoh pertanyaan ingatan:

- Apakah fungsi saklar pada rangkaian alat penguji elektrolit?
- Apakah pengertian unsur?
- Apakah lambang unsur hidrogen?

(2) Pertanyaan Pemahaman (*understanding*)

Pertanyaan pemahaman diajukan apabila guru meminta siswa untuk memahami sesuatu dengan cara mengorganisasikan informasi yang telah diperoleh, menyusun kembali kata-kata dengan menggunakan kalimat sendiri. Pertanyaan pemahaman dapat dibedakan ke dalam tiga tipe, yaitu:

- (a) pertanyaan yang meminta siswa memberikan penjelasan dengan menggunakan kata-kata sendiri, misalnya: *jelaskan apa yang dimaksud dengan senyawa?;*
- (b) pertanyaan yang meminta siswa menyatakan ide pokok suatu hal dengan menggunakan kata-kata sendiri, misalnya: *faktor-faktor apa yang harus diperhatikan ketika melakukan percobaan pengaruh konsentrasi larutan pada laju reaksi?;*



- (c) pertanyaan yang meminta siswa untuk membandingkan atau membedakan, misalnya: *bandingkan pada kondisi bagaimanakah perkaratan pada paku akan terjadi?*

(3) Pertanyaan Aplikasi (*applying*)

Pertanyaan aplikasi diajukan apabila guru ingin meminta siswa untuk dapat menggunakan informasi atau konsep yang telah dimiliki untuk menjelaskan atau memecahkan masalah pada situasi baru. Contoh pertanyaan aplikasi, misalnya:

- *Bagaimana caranya mendapatkan garam bersih dari garam yang sudah bercampur dengan pasir?*

(4) Pertanyaan Analisis (*analysing*)

Pertanyaan analisis diajukan apabila guru meminta siswa untuk dapat menemukan jawaban dengan cara: (a) mengidentifikasi motif-motif masalah yang ditampilkan, (b) mencari bukti-bukti atau kejadian-kejadian yang menunjang suatu kesimpulan, (c) menarik kesimpulan berdasarkan informasi yang ada atau membuat generalisasi berdasarkan informasi yang ada.

Contoh pertanyaan analisis misalnya :

Untuk membuat adonan roti, juru masak mencampur tepung, air, garam dan ragi. Sesudah dicampur adonan disimpan didalam wadah selama beberapa jam untuk proses fermentasi. Selama fermentasi terjadi perubahan kimia pada adonan. Ragi merupakan jamur bersel satu yang membantu mengubah amilum dan gula dalam tepung menjadi karbon dioksida dan alkohol.

- *Fermentasi menyebabkan adonan roti mengembang. Mengapa adonan mengembang?*

(5) Pertanyaan Evaluasi (*evaluating*)

Pertanyaan evaluasi diajukan apabila guru menghendaki siswa untuk dapat memberikan penilaian atau pendapat terhadap suatu isu yang ditampilkan. Pertanyaan evaluasi dapat diajukan untuk mengetahui



kemampuan siswa merancang, mempertimbangkan, dan mengkritik. Contoh pertanyaan yang bersifat evaluatif adalah sebagai berikut.

- *Dapatkan kamu memikirkan suatu cara untuk memecahkan masalah penjernihan air? (merancang)*

Apakah kesimpulan yang diperoleh oleh kelompok temanmu didasarkan pada bukti-bukti yang benar?

Sekelompok peserta didik akan menguji sifat asam dan basa berbagai bahan yang ada dirumahnya. Mereka membuat dahulu indikator alam untuk mengujinya. Data yang diperoleh dari berbagai tanaman tertera pada tabel.

Bahan indikator alam	Warna dalam larutan	
	Asam	Basa
Kembang sepatu	Merah	Hijau
Daun pandan	Hijau	Hijau
Kol ungu	Ungu	Kuning
Tomat	Merah	Merah

- Bahan indikator mana yang seharusnya dipilih mereka untuk menguji bahan-bahan yang ada dirumahnya itu?

(6) Pertanyaan Mencipta (*creating*)

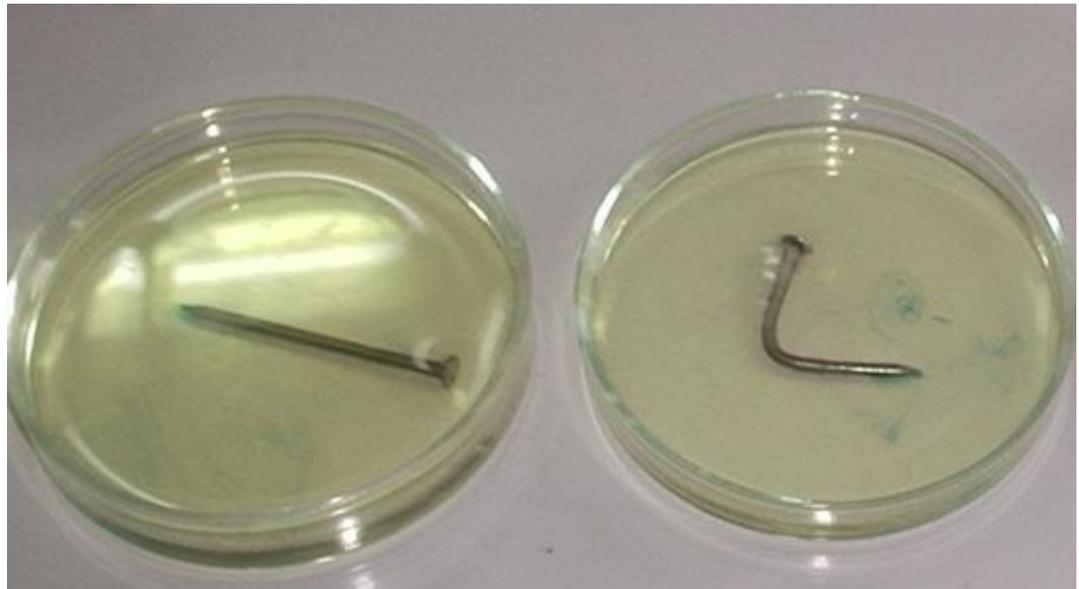
Pertanyaan mencipta diajukan guru untuk mendorong kreativitas siswa. Pertanyaan ini diajukan jika guru ingin mengetahui kemampuan siswa dalam menggabungkan beberapa bagian ke dalam suatu bentuk yang utuh/ sesuatu yang memiliki fungsi secara utuh atau menggorganisasikan bagian-bagian ke dalam suatu pola/struktur baru yang utuh. Pertanyaan mencipta dapat berupa suruhan membangun, merencanakan, memproduksi sesuatu. dan membangun hipotesis.

Contoh pertanyaan mencipta

Jika disediakan alat bahan seperti berikut:



cawan petri, air, agar-agar, paku, larutan indikator fenolftaein, dan indikator feroksil (larutan yang bersikan campuran $K_3[Fe(CN)_6]$, NaCl, dan fenolftaein dengan larutan agar-agar dalam air sebagai pelarutnya)



Perhatikan gambar di atas! Apabila paku dimasukkan ke pada larutan agar-agar dalam cawan petri, apakah yang akan terjadi pada paku?. menurut mu mengapa hal itu dapat terjadi? dapatkah kalian merancang suatu percobaan menggunakan alat dan bahan tersebut? apakah yang akan kalian selidiki?

c. Pertanyaan Keterampilan Proses IPA

Pertanyaan-pertanyaan yang termasuk klasifikasi keterampilan proses IPA ditujukan untuk mengembangkan kemampuan siswa untuk menemukan konsep melalui proses IPA yang mencakup: mengamati, membedakan, mengklasifikasi, memprediksi, menafsirkan, menerapkan konsep, merumus-kan hipotesis, merencanakan penelitian, membuat model, berkomunikasi, dan menyimpulkan. (Carin, 1997: 105).

Pertanyaan mengamati diajukan apabila guru meminta siswa untuk dapat menggunakan alat indera (penglihatan, pendengaran, penciuman, peraba, dan pengecap) atau alat ukur (misalnya penggaris, neraca) untuk menyatakan sifat suatu objek. *Pertanyaan mengklasifikasi* dapat diajukan



apabila guru meminta siswa untuk dapat menunjukkan kemampuan membedakan, mengkontraskan dan mencari persamaan-persamaan dari suatu objek/peristiwa.

Pertanyaan memprediksi, diajukan apabila guru meminta siswa untuk dapat memberikan dugaan berdasarkan data /informasi yang diperolehnya atau menggunakan pola yang ditemukan dari hasil pengamatan dan mengemukakan kemungkinan-kemungkinan yang terjadi pada kejadian atau peristiwa.

Pertanyaan menafsirkan diajukan apabila guru meminta siswa untuk dapat menghubungkan hasil-hasil pengamatan dan menemukan suatu pola dalam suatu seri pengamatan. Pertanyaan penerapan konsep diajukan apabila guru menginginkan siswa untuk dapat menggunakan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi.

Pertanyaan merumuskan hipotesis diajukan untuk melatih siswa agar mampu menghubungkan variabel-variabel. Pertanyaan merencanakan penelitian menuntut siswa untuk dapat menentukan alat, bahan, dan sumber yang digunakan dalam penelitian, menentukan variabel yang harus dibuat tetap dan yang dapat diubah-ubah, menentukan apa yang harus diamati, diukur, dan ditulis, menentukan cara dan langkah kerja, menentukan bagaimana hasil pengamatan untuk dibuat kesimpulan. Pertanyaan komunikasi diajukan untuk meminta siswa agar dapat mendeskripsikan hasil pengamatan, menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis, menggambarkan data dengan grafik, tabel, diagram dan cara membacanya.

Berikut ini contoh pertanyaan yang termasuk keterampilan proses IPA.

Tabel 2 Pertanyaan Klasifikasi Keterampilan Proses IPA

Keterampilan Proses IPA	Contoh Pertanyaan
Mengamati	Apakah yang kamu lihat bila magnet yang dipegang didekatkan pada magnet yang



	tergantung?
Mengklasifikasi	Dari benda-benda yang ada di sekitar kita, benda apa sajakah yang dapat ditarik oleh magnet?
Memprediksi	Perhatikan grafik jumlah penduduk ini (ditampilkan grafik pertambahan jumlah penduduk), berapa kira-kira jumlah penduduk pada tahun 2010?
Menginterpretasi	Perhatikan data hasil percobaan perpindahan panas pada berbagai jenis logam, apa yang menyebabkan perpindahan kecepatan perpindahan panas pada logam berbeda?
Menerapkan konsep	Apa yang dapat kamu sarankan pada pemasangan kaca jendela agar tidak mudah pecah pada musim panas ?
Merumuskan hipotesis	Apa yang akan terjadi apabila sebuah klip kertas dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air penuh?
Merancang eksperimen	Bagaimana kamu dapat menentukan pengaruh limbah deterjen terhadap kehidupan ikan?
Menyimpulkan	Apa yang dapat kamu simpulkan dari percobaan pengaruh limbah deterjen terhadap kehidupan ikan?

d. Klasifikasi Pertanyaan Berdasarkan Sifatnya

(1) Pertanyaan faktual dan deskriptif

Berdasarkan sifat pertanyaan, pertanyaan yang diajukan dapat bersifat memerikan/mendesripsikan, jenis pertanyaan yang diajukan menyatakan fakta atau meminta deskripsi. Contoh pertanyaan yang bersifat faktual adalah sebagai berikut.

Unsur apa yang paling banyak kelimpahannya di alam?

Gas apa dalam udara yang memiliki komposisi terbanyak?

Contoh pertanyaan deskriptif



Bagaimana cara pembuatan pupuk?

Apakah perbedaan campuran dan senyawa?

(2) Pertanyaan yang bersifat membimbing

Pertanyaan yang diajukan guru, sering termasuk kategori bersifat membimbing, pertanyaan ini diajukan apabila guru ingin meminta siswa memberikan jawaban yang lebih jelas. Pertanyaan yang diajukan dapat digolongkan ke dalam pertanyaan meminta penjelasan, meningkatkan kesadaran kritis siswa, dan mengalihkan respon siswa. Contoh pertanyaan-pertanyaan yang dapat diajukan, misalnya sebagai berikut.

Pertanyaan mencari penjelasan:

Apa sebenarnya yang kamu maksud dengan korosi?

Dapatkah kamu menjelaskan jawabanmu itu?

Dapatkah kamu mengubah kalimat pertanyaanmu?

Pertanyaan untuk meningkatkan kesadaran kritis siswa:

- *Apa alasanmu untuk berpikir demikian?*
- *Apa sebabnya kamu menduga demikian?*

Pertanyaan untuk mengalihkan respon:

- *Apakah kegunaan logam aluminium, Ani?*
- *Rini, setujukah kamu dengan jawaban Ani? Tati, dapatkah kamu menambahkan pada jawaban Ani?*

Pertanyaan-pertanyaan yang diajukan guru di samping diklasifikasikan seperti yang telah dipaparkan di atas dapat juga diklasifikasikan berdasarkan jenisnya yang digunakan pada waktu pembelajaran di kelas, yaitu , pertanyaan-pertanyaan:

(1) pendahuluan;

(2) pengembangan; dan

(3) rangkuman atau kesimpulan.

Pertanyaan pendahuluan diajukan guru pada awal pelajaran. Pertanyaan ini diajukan kepada siswa untuk : (1) mengetahui seberapa banyak pengetahuan yang telah dikuasai siswa tentang subjek bahasan yang akan diajarkan dan untuk menggunakan pengetahuan siswa sebagai batu loncatan untuk mengajarkan subjek bahasan kepada



mereka ; (2) membimbing siswa untuk memikirkan apa yang ingin mereka pelajari; (3) memunculkan minat dan keingintahuan siswa sehingga perhatian siswa terfokus; (4) mengulang apa yang telah diajarkan untuk menyegarkan ingatan siswa.

Pertanyaan pengembangan diajukan guru dalam kegiatan pokok pembelajaran. Pertanyaan ini sangat krusial diajukan ketika guru mengajarkan subjek bahasan baru. Ada beberapa tipe pertanyaan pengembangan, yaitu: (1) pertanyaan jeda dan (2) pertanyaan bimbingan. Pertanyaan jeda diajukan untuk menghentikan sementara penjelasan guru dan dirancang untuk membuat siswa aktif berpikir tentang apa yang telah dijelaskan guru. Sedangkan pertanyaan bimbingan diajukan guru untuk mengarahkan siswa, misalnya untuk melakukan pengamatan atau membaca suatu teks.

e. Teknik Mengajukan Pertanyaan

Di dalam proses pembelajaran, guru hendaknya berusaha melibatkan siswa secara aktif dalam kegiatan pembelajaran. Untuk meningkatkan partisipasi siswa ada dua teknik mengajukan pertanyaan yang dapat digunakan oleh guru, yaitu teknik pengarah ulang (redirecting) , teknik membimbing (probing), menuntun (prompting), dan teknik pemusatan (focussing).

(1) Teknik Pengarah Ulang

Teknik pengarah ulang dapat dilakukan guru apabila guru bertujuan ingin melibatkan banyak siswa dalam proses pembelajaran. Cara yang dapat dilakukan adalah mengajukan satu pertanyaan yang ditujukan kepada beberapa siswa.

Contoh:

Guru : Rezki, dapatkah kamu menjelaskan faktor-faktor yang dapat menyebabkan perubahan pada materi?

Rezki : Panas bu!

Guru : Yesi, dapatkah kamu menambahkan faktor lainnya?

Yesi : Udara bu!

Guru : Coba sebutkan lebih spesifik lagi, maksudmu Yesi?



Yesi : hm...

Guru : Coba Rudi, dapatkah kamu menolong Yesii?

Rudi : Mungkin maksudnya Oksigen bu!

Guru : Dapatkah kamu memberi contoh bagaimana pengaruh Oksigen terhadap perubahan materi?

(2) Teknik Menggali atau membimbing (*probing*)

Pertanyaan yang bersifat probing digunakan guru untuk menggali jawaban siswa agar lebih jelas. Teknik membimbing (*probing*) digunakan jika siswa dalam menjawab pertanyaan guru kurang lengkap dan siswa hanya menjawab sebagian-sebagian. Teknik membimbing memerlukan waktu dan kesabaran guru dalam mengajukan pertanyaan dan juga memerlukan keterampilan guru untuk dapat menggali jawaban siswa dengan mengajukan serangkaian pertanyaan yang sifatnya menggali dari seorang siswa dengan tujuan untuk meningkatkan respon siswa menuju kepada jawaban yang lebih benar dan lebih luas.

(3) Teknik Menuntun (*prompting*)

Teknik menuntun digunakan jika siswa tidak segera menemukan jawaban dari pertanyaan yang diajukan oleh guru. Ketika siswa gagal atau tidak biasa menjawab pertanyaan, maka guru dapat mengajukan pertanyaan berikut.

- a. *Apakah pertanyaan saya jelas atau kurang jelas?*
- b. *Apakah Anda menginginkan saya untuk memecahkan pertanyaan ke dalam beberapa bagian?*
- c. *Bagian mana pada pertanyaan yang saya ajukan yang anda tidak pahami?*
- d. *Apakah pertanyaan yang saya ajukan terlalu sulit bagi anda?*

Apabila siswa tidak berhasil menjawab pertanyaan guru, maka teknik menuntun dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya yaitu sebagai berikut:

- a. menyederhanakan pertanyaan;
- b. memecah pertanyaan ke dalam beberapa bagian pertanyaan yang dapat mengarahkan siswa secara perlahan-lahan ke pertanyaan awal;



- c. mengganti pertanyaan dengan kalimat lain tetapi maksudnya sama;
- d. memberikan pertanyaan yang jawabannya dapat memancing pikiran siswa untuk menemukan jawaban pertanyaan semula.

(4) Pemusatan (*focusing*)

Teknik mengajukan pertanyaan pemusatan dilakukan guru jika semula mengajukan pertanyaan yang lingkupnya luas dilanjutkan dengan mengubah pertanyaan yang lingkupnya lebih focus/khusus. Contohnya: meliputi jenis apa sajakah bahan bakar itu? Jika tidak ada siswa yang menjawab, ubah pertanyaan menjadi : bahan akar apakah yang digunakan sepeda motor?

f. Faktor-faktor yang Harus Diperhatikan dalam Mengajukan Pertanyaan

Pada saat Anda mengajukan pertanyaan, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut.

(1) Kejelasan Pertanyaan.

Anda hendaknya yakin bahwa pertanyaan yang diajukan jelas dan tahu apa jawaban yang diinginkan dari siswa sebelum pertanyaan diajukan.

(2) Pemberian Waktu Tunggu

Dalam mengajukan pertanyaan kepada siswa, Anda hendaknya tidak tergesa-gesa untuk mendapatkan jawaban siswa. Berikan siswa waktu untuk berpikir sebelum mengemukakan jawaban atas pertanyaan yang diajukan. Waktu yang diberikan oleh guru kepada siswa untuk menjawab disebut waktu tunggu. Carin dan Sund (1978) dalam Siswoyo (1997: 21) mendefinisikan waktu tunggu sebagai waktu yang dihitung sejak guru selesai mengajukan pertanyaan sampai menunjuk atau memberi kesempatan kepada siswa untuk menjawab pertanyaan tersebut. Waktu tunggu yang umum diberikan biasanya 3-5 detik.

(3) Siswa yang Dilibatkan



Pada saat mengajukan pertanyaan pertama, hendaknya Anda mengajukan pertanyaan kepada seluruh kelas untuk menjaga semua siswa selalu “*on task*” (ada pada suasana belajar). Namun apabila Anda ingin memperingatkan siswa yang kurang perhatian atau menarik siswa yang pemalu, Anda dapat menyebutkan nama siswa, misalnya: “Apakah yang dimaksud dengan besaran fisika ? ...(diam sebentar) Santi?”

(4) Jenis Pertanyaan yang Diajukan

Hindarkan pertanyaan tertutup yang merangsang siswa menjawab serempak. Jawaban serempak dapat membuat gaduh atau menyebabkan siswa tidak sopan dan memaksa Anda untuk mengulang pertanyaan untuk siswa tertentu. Ajukan jenis pertanyaan ingatan pada awal pertanyaan untuk meyakinkan apakah siswa sudah memiliki pengetahuan awal atau belum, baru kemudian disusul dengan pertanyaan pemahaman dan analisis atau pertanyaan evaluasi.

(5) Penyebaran Pertanyaan

Sebarkan pertanyaan secara merata kepada semua siswa, hindarkan timbulnya pemilihan siswa tertentu, yaitu siswa yang mendominasi kelas.

(6) Pemberian Tanggapan

Siswa yang memberikan jawaban benar harus diberikan tanggapan dengan memberikan kata pujian, misalnya dengan mengatakan bagus, itu jawaban benar, nah itu jawaban yang tepat dan sebagainya. Tanggapan terhadap jawaban benar dapat pula diberikan dengan bahasa tubuh, misalnya dengan anggukan kepala, tepukan pada punggung, atau senyuman disertai mengangkat ibu jari. Jawaban siswa yang tidak benar dapat diberi tanggapan secara diplomatis tanpa bermaksud menghukum, misalnya dengan mengatakan: itu pemikiran yang bagus Deni, tetapi bukan itu yang ibu maksud, siapa yang dapat membetulkan? Atau “ wah itu jawaban yang luar biasa, sayang bukan untuk pertanyaan ini, mungkin ibu kurang jelas mengatakannya, ibu ulang pertanyaannya dengan kalimat yang berbeda.



D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah Anda membaca dan mempelajari uraian mengenai Komunikasi yang Efektif dengan Peserta Didik dan Teknik Bertanya di atas, lakukan hal-hal di bawah ini untuk mempertajam pemahaman Anda dalam materi ini.

Kegiatan 1

Kegiatan ini dimaksudkan untuk memahami konsep dasar komunikasi. Siapkan masing-masing peserta satu lembar kertas HVS (boleh yang bekas). Kemudian ikuti langkah-langkah sesuai dalam petunjuk di bawah ini. Untuk sementara, Anda tidak diperkenankan dahulu bertanya mengenai petunjuk/langkah-langkah yang disampaikan oleh fasilitator (atau dalam modul ini).

Kegiatan yang Anda ini bersifat individual, jadi tidak diperkenankan melihat hasil kerja teman Anda, dan tidak diperkenankan melihat langkah-langkah yang kerja teman Anda. Silahkan ikuti langkah di bawah ini!

- Kertas yang sudah Anda pegang silahkan dilipat menjadi tiga bagian
- Kertas yang sudah dilipat tadi, silahkan dilipat lagi satu kali (horizontal atau vertikal)
- Setelah itu, sobeklah sedikit dari salah satu ujung kertas yang sudah dilipat tadi. Anda jangan menengok/melihat ke teman Anda
- Silahkan buka kertas yang sudah Anda lipat dan sobek tadi. Perhatikan hasil kerja teman Anda di kelas. Apakah sama hasilnya?

Setelah Anda melihat langkah-langkah tadi, dan hasil yang Anda lihat di kelompok/kelas, menurut Anda apa yang terjadi dan mengapa? Silahkan kemukakan pendapat dan pengalaman Anda, (Brain storming dan refleksi). Pendapat Anda boleh ditulis di kertas atau di plano yang sudah disediakan fasilitator. Jawaban yang Anda kemukakan kaitkan dengan topik bahasa dalam modul ini tentang komunikasi.



Kegiatan 2

Cermati gambar di bawah ini. Menurut Anda, apa yang “ganjil” dalam gambar/foto tersebut? Jelaskan dan hubungkan dengan salah satu topik bahasan yang ada di uraian materi di modul ini.



Kegiatan 3

Diskusikan dengan rekan Anda hal-hal di bawah ini:

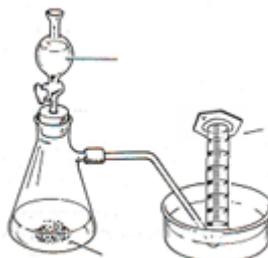
1. Berdasarkan pengalaman yang Anda alami, kesulitan-kesulitan apa saja yang Anda temukan pada saat proses pembelajaran berlangsung yang berkaitan dengan proses komunikasi. Kumpulkan sebanyak-banyaknya jawaban ini sebagai *brainstorming* dengan fasilitator pada saat pelatihan.
2. Dalam strategi komunikasi (perencanaan dan pengelolaan komunikasi) dalam pembelajaran, mengapa kita harus memahami karakteristik peserta didik? Jelaskan!
3. Jelaskan keterkaitan antara strategi pembelajaran dengan strategi komunikasi dalam pembelajaran



Kegiatan 4

Berdasarkan uraian pertanyaan konvergen dan divergen, cobalah tentukan pertanyaan-pertanyaan berikut apakah termasuk kategori pertanyaan konvergen atau divergen ! Berikan alasan Anda!

a. Menurutmu apa yang akan saya lakukan alat-alat berikut ini?



(..... , alasan)

b. Kesimpulan apa yang dapat kalian rumuskan dari data ini? (.....)

Alasan

c. Adakah faktor lain, selain luas permukaan zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi?

(..... , alasan)

Kegiatan 5

Untuk mengerjakan aktifitas pada kegiatan ini, siapkan satu RPP yang sudah ada. Kaji/lihat kembali RPP tersebut, apakah sudah mengintegrasikan/menerapkan teknik bertanya dalam pembelajaran tersebut. Setelah mempelajari uraian materi tentang klasifikasi pertanyaan menurut Bloom dan keterampilan proses IPA , berikan contoh pertanyaan sesuai klasifikasi tersebut dengan memilih satu topik pelajaran sesuai RPP yang akan Anda ajarkan.



E. Latihan

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Salah satu faktor penunjang keberhasilan komunikasi yang efektif adalah faktor etos (nilai-nilai) pada diri komunikator. Secara teoretis, hal-hal apa sajakah yang dapat membangun etos guru sebagai komunikator dalam pembelajaran?
 - a. Daya tarik dan kecerdasan
 - b. Kepercayaan dan latar belakang budaya
 - c. Kepercayaan dan daya tarik
 - d. Emosi dan intelektual
2. Dalam teori komunikasi ada istilah *know your audience*, sedangkan dalam teori pembelajaran ada istilah pahami karakteristik peserta didik. Supaya komunikasi berjalan dengan efektif, penting bagi komunikator (guru) memahami aspek-aspek dibawah ini, kecuali ...
 - a. Waktu yang tepat untuk suatu pesan
 - b. Bahasa yang digunakan harus dapat dimengerti oleh komunikan;
 - c. Sikap dan nilai yang ditampilkan harus dapat menumbuhkan kepercayaan bagi guru/komunikator;
 - d. Memilah-milah jenis kelompok sasaran di mana komunikasi akan dilakukan
3. Kemampuan seseorang untuk mengetahui apa yang dialami orang lain pada saat tertentu, dari sudut pandang dan perspektif orang lain disebut....
 - a. Empatik
 - b. Simpatik
 - c. Prasangka
 - d. Skill
4. Jika kita membangun komunikasi dengan rasa dan sikap saling menghargai dan menghormati, maka kita dapat membangun kerjasama yang menghasilkan sinergi yang akan meningkatkan efektivitas kinerja



kita baik sebagai individu maupun secara keseluruhan sebagai tim dalam pembelajaran. Sikap menghargai setiap individu yang menjadi sasaran pesan yang kita sampaikan disebut ...

- a. Emphaty
 - b. Clarity
 - c. Reactive
 - d. Respect
5. Bu Mawar mempersilahkan peserta didik untuk mepresentasikan hasil diskusi kelompok pada suatu topik pelajaran. Pada situasi ini Bu Mawar bertindak sebagai komunikan dan peserta didik sebagai komunikator. Sebagai komunikan, maka Bu Mawar harus menjadi pendengar yang baik dengan memperhatikan hal-hal di bawah ini, kecuali ...
- a. Memberi perhatian hanya pada orang yang sedang berbicara saja
 - b. Menempatkan konteks yang sama
 - c. Tidak memotong pembicaraan
 - d. Memberikan respon yang positif pada pembicara
6. Fungsi utama mengajukan pertanyaan kepada siswa dalam proses pembelajaran yaitu untuk
- a. memenuhi rasa ingin tahu siswa
 - b. mengetahui keinginan siswa
 - c. mengajak siswa untuk berpikir dan bernalar
 - d. menempatkan siswa sebagai subjek belajar
7. Ibu Rose sedang mengajar tentang cara memisahkan campuran dengan cara penyaringan, ia mengajukan pertanyaan : "*Apa yang kalian amati dari proses penyaringan ini?*" ; selanjutnya ia memberikan informasi lain. Berdasarkan kasus di atas, faktor apakah yang **tidak** diperhatikan oleh Ibu Rose saat mengajukan pertanyaan?
- a. Kesiapan siswa
 - b. Waktu tunggu



- c. Jenis pertanyaan
 - d. Cara mengajukan pertanyaan
8. Manakah dari pernyataan berikut yang perlu dihindari ketika guru mengajukan pertanyaan?
- a. mengarahkan pertanyaan ke semua siswa
 - b. mengajukan pertanyaan tertutup
 - c. mengulang-ulang pertanyaan
 - d. meminta siswa untuk memberikan jawaban yang cukup panjang
9. Berikut ini beberapa contoh pertanyaan :
- 1) Menurutmu apa yang akan terjadi apabila cuka dicampurkan dengan bubuk soda kue?
 - 2) Dari gambar contoh-contoh insekta ini, ciri-ciri apakah yang dapat kalian peroleh mengenai insekta?
 - 3) Apakah semua insekta memiliki sayap?
 - 4) Bagaimana pendapatmu tentang isi film Tsunami ini?
- Dari contoh pertanyaan di atas, pertanyaan nomor berapakah yang termasuk tipe pertanyaan klasifikasi Taksomi Bloom?
- a. Pertanyaan 1)
 - b. Pertanyaan 2)
 - c. Pertanyaan 3)
 - d. Pertanyaan 4)
10. Dari contoh pertanyaan no. 9 di atas, pertanyaan nomor berapakah yang termasuk tipe pertanyaan proses IPA?
- a. Pertanyaan 3) dan pertanyaan 4)
 - b. Pertanyaan 1) dan Pertanyaan 2)
 - c. Pertanyaan 1) dan Pertanyaan 3)
 - d. Pertanyaan 2) dan Pertanyaan 4)



F. Rangkuman

- 1) Komunikasi adalah proses penyampaian suatu pesan dalam bentuk lambang bermakna sebagai paduan pikiran dan perasaan berupa ide, informasi, kepercayaan, harapan, imbauan, dan sebagainya, yang dilakukan seseorang kepada orang lain, baik langsung secara tatap muka maupun tidak langsung melalui media, dengan tujuan mengubah sikap, pandangan, atau perilaku.
- 2) Komunikasi efektif (komunikasi yang efektif) adalah komunikasi yang dilakukan oleh seseorang kepada orang lain dimana respons atau efek yang terjadi pada komunikan (baik efek kognisi, efek afeksi, atau efek konasi) sesuai dengan tujuan komunikator. Secara sederhana komunikasi dikatakan efektif apabila pesan yang disampaikan oleh pengirim sama maknanya dengan pesan yang ditangkap dan dipahami oleh penerima.
- 3) Komunikasi dikatakan efektif apabila dalam proses komunikasi dapat terjadi: pemahaman, kesenangan, mempengaruhi sikap, hubungan sosial yang baik dan tindakan.
- 4) Faktor-faktor yang dapat menunjang dalam komunikasi efektif antara lain: a). faktor yang ada pada komunikator berupa kepercayaan dan daya tarik komunikator; b) faktor komunikan berupa kebutuhan peserta didik, kecakapan yang dimiliki peserta didik, pengalaman-pengalaman belajar dan pengalaman di luar kelas, kemampuan berpikir peserta didik, dan kesulitan-kesulitan yang dihadapi peserta didik; dan c) faktor pengelolaan pesan yang sesuai dengan tujuan komunikasi dan sasaran.
- 5) Faktor-faktor yang dapat menghambat komunikasi: gangguan fisik, gangguan mekanik, gangguan semantik, gangguan budaya, gangguan kepentingan, gangguan motivasi, dan gangguan prasangka.
- 6) Lima hal yang perlu diperhatikan guru dalam membangun iklim komunikasi yang positif dengan peserta didik, yaitu: *respect, empathy, audible, clarity, dan humble*.
- 7) Mengajukan pertanyaan merupakan salah satu kompetensi komunikasi yang harus dikuasai sebagai seorang individu, terlebih kita sebagai guru. Keterampilan mengajukan pertanyaan dalam pembelajaran



merupakan hal yang penting, karena dengan mengajukan pertanyaan, kita sebagai guru dapat berfungsi antara lain: (a) mendorong minat dan motivasi siswa untuk berpartisipasi aktif dalam pembelajaran; (b) mengevaluasi persiapan siswa dan mengecek pemahaman siswa terhadap suatu tugas; (c) mendiagnosis kekuatan dan kelemahan siswa; (d) mereviu apa yang telah diajarkan; (e) mengarahkan siswa untuk menemukan kemungkinan-kemungkinan baru dalam menggali permasalahan; (f) merangsang siswa mencari bahan untuk data, (g) mengembangkan dan membangun konsep diri siswa secara individu.

- 8) Pertanyaan dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, di antaranya adalah kategori pertanyaan konvergen-divergen, kategori taksonomi Bloom, kategori keterampilan proses ipa, dan kategori sifatnya, yaitu pertanyaan faktual, deskriptif, dan bersifat membimbing.
- 9) Dalam mengajukan pertanyaan, guru dapat menggunakan teknik pengarahannya ulang (*redirecting*), teknik membimbing (*probing*), menuntun (*prompting*), dan teknik pemusatan (*focussing*). Pada saat Anda mengajukan pertanyaan, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan. Faktor-faktor tersebut adalah kejelasan pertanyaan, pemberian waktu tunggu, siswa yang dilibatkan, jenis pertanyaan yang diajukan, penyebaran pertanyaan, dan pemberian tanggapan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Anda telah melaksanakan kegiatan pembelajaran tentang Komunikasi yang Efektif dengan Peserta Didik dan Teknik Bertanya, kemudian diakhiri dengan mengerjakan latihan soal. Pemahaman akan keterampilan tersebut bermanfaat bagi Anda dalam melaksanakan proses pembelajaran. Untuk memastikan bahwa Anda telah memahami materi pembelajaran tersebut, Anda dapat mengecek kebenaran jawaban Anda dengan kunci jawaban yang disediakan. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar tentang Komunikasi yang Efektif dengan Peserta Didik.



$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan:

- 90-100% = baik sekali
- 80-89% = baik
- 70-79% = cukup
- <70% = kurang

Apabila tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat melanjutkan pembelajaran berikutnya. Jika tingkat penguasaan masih di bawah 80%, Anda sebaiknya mengulangi materi pembelajaran Komunikasi yang Efektif dengan Peserta Didik, terutama bagian yang belum dikuasai.



KUNCI JAWABAN LATIHAN/TUGAS

KUNCI JAWABAN KEGIATAN PEMBELAJARAN: MEDIA PEMBELAJARAN

A. Latihan/Kasus/Tugas

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kunci	C	C	A	D	A	A	D	D	B	B



EVALUASI

1. Salah satu faktor penunjang keberhasilan komunikasi yang efektif adalah faktor etos (nilai-nilai) pada diri komunikator. Secara teoretis, hal-hal apa sajakah yang dapat membangun etos guru sebagai komunikator dalam pembelajaran?
 - A. Daya tarik dan kecerdasan
 - B. Kepercayaan dan latar belakang budaya
 - C. Kepercayaan dan daya tarik
 - D. Emosi dan intelektual
2. Dalam teori komunikasi ada istilah *know your audience*, sedangkan dalam teori pembelajaran ada istilah pahami karakteristik peserta didik. Supaya komunikasi berjalan dengan efektif, penting bagi komunikator (guru) memahami aspek-aspek dibawah ini, kecuali ...
 - A. Waktu yang tepat untuk suatu pesan
 - B. Bahasa yang digunakan harus dapat dimengerti oleh komunikan;
 - C. Sikap dan nilai yang ditampilkan harus dapat menumbuhkan kepercayaan bagi guru/komunikator;
 - D. Memilah-milah jenis kelompok sasaran di mana komunikasi akan dilakukan
3. Kemampuan seseorang untuk mengetahui apa yang dialami orang lain pada saat tertentu, dari sudut pandang dan perspektif orang lain disebut....
 - A. Empatik
 - B. Simpatik
 - C. Prasangka
 - D. Skill



4. Jika kita membangun komunikasi dengan rasa dan sikap saling menghargai dan menghormati, maka kita dapat membangun kerjasama yang menghasilkan sinergi yang akan meningkatkan efektivitas kinerja kita baik sebagai individu maupun secara keseluruhan sebagai tim dalam pembelajaran. Sikap menghargai setiap individu yang menjadi sasaran pesan yang kita sampaikan disebut ...
 - A. Emphaty
 - B. Clarity
 - C. Reactive
 - D. Respect

5. Bu Mawar mempersilahkan peserta didik untuk mepresentasikan hasil diskusi kelompok pada suatu topik pelajaran. Pada situasi ini Bu Mawar bertindak sebagai komunikan dan peserta didik sebagai komunikator. Sebagai komunikan, maka Bu Mawar harus menjadi pendengar yang baik dengan memperhatikan hal-hal di bawah ini, kecuali ...
 - A. Memberi perhatian hanya pada orang yang sedang berbicara saja
 - B. Menempatkan konteks yang sama
 - C. Tidak memotong pembicaraan
 - D. Memberikan respon yang positif pada pembicara

6. Fungsi utama mengajukan pertanyaan kepada siswa dalam proses pembelajaran yaitu untuk
 - A. memenuhi rasa ingin tahu siswa
 - B. mengetahui keinginan siswa
 - C. mengajak siswa untuk berpikir dan bernalar
 - D. menempatkan siswa sebagai subjek belajar

7. Ibu Rose sedang mengajar tentang cara memisahkan campuran dengan cara penyaringan. Ia mengajukan pertanyaan, "*Apa yang kalian amati dari proses penyaringan ini?*". Selanjutnya ia memberikan informasi lain.



- Berdasarkan kasus di atas, faktor apakah yang **tidak** diperhatikan oleh Ibu Rose saat mengajukan pertanyaan?
- Kesiapan siswa
 - Waktu tunggu
 - Jenis pertanyaan
 - Cara mengajukan pertanyaan
8. Manakah dari pernyataan berikut yang perlu dihindari ketika guru mengajukan pertanyaan?
- mengarahkan pertanyaan ke semua siswa
 - mengajukan pertanyaan tertutup
 - mengulang-ulang pertanyaan
 - d. meminta siswa untuk memberikan jawaban yang cukup panjang
9. Berikut ini beberapa contoh pertanyaan:
- Menurutmu apa yang akan terjadi apabila cuka dicampurkan dengan bubuk soda kue?
 - Dari gambar contoh-contoh insekta ini, ciri-ciri apakah yang dapat kalian peroleh mengenai insekta?
 - Apakah semua insekta memiliki sayap?
 - Bagaimana pendapatmu tentang isi film Tsunami ini?
- Dari contoh pertanyaan di atas, pertanyaan nomor berapakah yang termasuk tipe pertanyaan klasifikasi Taksomi Bloom?
- Pertanyaan 1)
 - Pertanyaan 2)
 - Pertanyaan 3)
 - Pertanyaan 4)
10. Dari contoh pertanyaan no. 9 di atas, pertanyaan nomor berapakah yang termasuk tipe pertanyaan proses IPA?



- A. Pertanyaan 3) dan pertanyaan 4)
- B. Pertanyaan 1) dan Pertanyaan 2)
- C. Pertanyaan 1) dan Pertanyaan 3)
- D. Pertanyaan 2) dan Pertanyaan 4)

PENUTUP

Modul Pedagogik Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi H yang berjudul Komunikasi yang Efektif dan Teknik Bertanya disiapkan untuk guru pada kegiatan Guru Pembelajar baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi pedagogik yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi H. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dsb. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan kegiatan Guru Pembelajar.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi H ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul.

Isi modul ini masih dalam penyempurnaan, masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Basset, Ronald E. dan Mary Jeanette Smythe. 1979. *Communication and Instruction*. New York: Harper and Row Publisher.
- Carin, Arthur A. 1997. *Teaching Modern Science Seventh Edition*. New Jersey: Merrill an imprint of Prentice Hall.
- Camp, William G. 2000. *Improving Your Teaching Through Effective Questioning Techniques*.
- Dahar, Ratna Wilis. 2003. *Aneka Wacana Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Effendy, Onong Uchjana, Prof., Drs., M.A. 2000. *Dinamika Komunikasi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- 1989. *Kamus Komunikasi*. Bandung: Mandar Maju.
- 1993. *Ilmu, Teori, dan Filsafat Komunikasi*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Gurnitowati, Endang Lestari, S.H., M.M. dan Maliki, M.A., Drs., M.Ed. 2001. *Komunikasi yang Efektif (Bahan Ajar Diklat Prajabatan Golongan III)*. LAN RI.
- Hogan, Kevin. 1997. *The Psychologi of Persuasion (Psikologi Persuasi- Terjemahan)*. Jakarta: Professional Books.
- Liliweri, Alo, Drs. 1991. *Memahami Peran Komunikasi Massa dalam Masyarakat*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Mulyana, Deddy, M.A., Ph.D. 2001. *Ilmu Komunikasi-Suatu Pengantar*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Rakhmat, Jalaluddin, Drs., M.Sc. 1989. *Psikologi Komunikasi*. Bandung: CV Remadja Karya.
- 2001. *Retorika Modern-Pendekatan Praktis*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Shutter, Robert. 1984. *Communicating: Concepts and Skill*. New York: CBS Collage Publishing.



- Siswoyo. 1997. *Penggunaan Teknik Bertanya Guru Untuk Meningkatkan Berpikir dan Konsepsi Siswa Tentang Pembiasan Cahaya Pada Sekolah dasar Negeri Bandung* (Tesis). Bandung: Program Pascasarjana Institut Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Bandung.
- Trowbridge, Leslie W, Bybee, Rodger W, dan Sund, Robert B. 1973. *Becoming a Secondary School Science Teacher third edition*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Tubb, Stewart L. dan Sylvia Moss. 2001. *Human Communication (Prinsip-prinsip Dasar- Terjemahan)*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Worth, Richard. 1998. *Communication Skilills*. New York: Fergusson Company.
- Yusuf, Pawit M. 2010. *Komunikasi Instruksional*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Zakiah, Kiki dan Muthiah Umar. 2006. *Komunikasi Instruksional dalam Pembelajaran Mahasiswa*. Dalam *Jurnal Mediator Vol 7 No 1 juni 2006*. Bandung: Fikom Unisba.

Sumber lain: Internet

- <http://gatot-uniwa.blogspot.co.id/2012/02/model-komunikasi-dalam-pendidikan.html>
(diakses tanggal 18 Januari 2016)
- <http://zhopio-chalicee.blogspot.co.id/2012/06/normal-0-false-false-false-en-us-x-none.html> (diakses tanggal 18 Januari 2016)
- <http://dhinipedia.blogspot.co.id/2012/01/komunikasi-efektif-dalam-pendidikan.html>
(diakses tanggal 18 Januari 2016)
- <https://mahmuddin.wordpress.com/2010/02/18/komunikasi-efektif-antara-guru-dengan-siswa/> (diakses tanggal 18 Januari 2016)

GLOSARIUM

Komunikasi	:	adalah proses penyampaian suatu pesan dalam bentuk lambang bermakna sebagai paduan pikiran dan perasaan berupa ide, informasi, kepercayaan, harapan, imbauan, dan sebagainya, yang dilakukan seseorang kepada orang lain, baik langsung secara tatap muka maupun tidak langsung melalui media, dengan tujuan mengubah sikap, pandangan, atau perilaku.
Komunikator/sumber	:	orang yang menyampaikan pesan berupa gagasan, pikiran, perasaan, atau informasi kepada orang lain.
Komunikatif/receiver	:	orang yang menerima pesan yang disampaikan oleh pengirim.
Pesan	:	adalah suatu materi yang dimiliki oleh sumber untuk dibagikan, disebarkan, atau disampaikan kepada orang lain. Dalam bentuknya pesan merupakan sebuah gagasan, pikiran, atau perasaan yang diterjemahkan pada simbol-simbol untuk menyatakan suatu maksud tertentu.
Efek	:	adalah perubahan-perubahan yang terjadi pada diri komunikan (penerima) setelah menerima pesan.
Umpan balik	:	adalah pesan yang ditransmisikan kembali oleh komunikan sebagai hasil menterjemahkan pesan yang diterima komunikan.
Komunikasi efektif (komunikasi yang efektif)	:	adalah komunikasi yang dilakukan oleh seseorang kepada orang lain dimana respons atau efek yang terjadi pada komunikan (baik efek kognisi, efek afeksi, atau efek konasi) sesuai dengan tujuan komunikator.
Etos komunikator	:	adalah nilai yang ada pada diri seorang komunikator yang dibangun oleh unsur kepercayaan (<i>credibility</i>) dan atraksi



(*attractiveness*).

Kredibilitas	:	adalah seperangkat persepsi komunikasi tentang sifat-sifat komunikator.
<i>Respect</i>	:	adalah sikap menghargai setiap individu yang menjadi sasaran pesan yang kita sampaikan.
<i>Empathy</i>	:	adalah kemampuan menempatkan diri pada situasi atau kondisi yang dihadapi orang lain.
Pertanyaan konvergen	:	disebut juga pertanyaan tertutup, yaitu pertanyaan yang tidak menuntut siswa untuk memberikan jawaban lebih dari satu (banyak alternatif).
Pertanyaan divergen atau pertanyaan terbuka	:	adalah jenis pertanyaan yang menuntut siswa untuk dapat memberikan jawaban yang terbuka (lebih dari satu jawaban).
Pertanyaan ingatan/remembering	:	adalah pertanyaan yang diajukan untuk mengungkap pengetahuan siswa mengenai fakta, kejadian, dan definisi.
Pertanyaan pemahaman/understanding	:	adalah pertanyaan yang diajukan apabila guru meminta siswa untuk memahami sesuatu dengan cara mengorganisasikan informasi yang telah diperoleh, menyusun kembali kata-kata dengan menggunakan kalimat sendiri.
Pertanyaan aplikasi/aplying	:	adalah pertanyaan yang diajukan apabila guru ingin meminta siswa untuk dapat menggunakan informasi atau konsep yang telah dimiliki untuk menjelaskan atau memecahkan masalah pada situasi baru.
Pertanyaan analisis/analyzing	:	adalah pertanyaan yang diajukan apabila guru meminta siswa untuk dapat menemukan jawaban dengan cara mengidentifikasi, mencari bukti, atau memberi kesimpulan.
Pertanyaan evaluasi	:	adalah pertanyaan yang diajukan apabila guru menghendaki siswa untuk dapat memberikan penilaian atau pendapat terhadap suatu isu yang ditampilkan.
Pertanyaan mencipta	:	adalah pertanyaan yang diajukan guru untuk mendorong kreativitas siswa.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

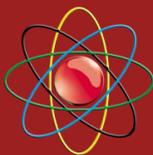
**MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI H

SISTEM IMUN, KONSEP BIOTEKNOLOGI, SERTA METABOLISME PROTEIN DAN LEMAK

Penulis:

Drs. Moh. Syarif, M.Si., dkk.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016**

MODUL GURU PEMBELAJAR

**MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI H

SISTEM IMUN, KONSEP BIOTEKNOLOGI, SERTA METABOLISME PROTEIN DAN LEMAK

Penulis:

Drs. Moh. Syarif, M.Si., dkk.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI H

SISTEM IMUN, KONSEP BIOTEKNOLOGI, SERTA METABOLISME PROTEIN DAN LEMAK

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

Drs. Moh. Syarif, M.Si.

022-4231191 syarifp4tkipa@gmail.com

Savina Melia, M.Si.

022-4231191 sv.melia77@gmail.com

Asep Agus Sulaeman

022-4231191 agus_p3g@yahoo.com

Penyunting

Dr. Dedi Herawadi

Penelaah

Dr. Riandi

Dr. Sri Anggraeni, M.Si.

Dr. Soni Suhandono

Dra. Tati Hermawati, M.Si.

Drs. Triastono Imam P., M.Pd.

Penata Letak

Octy Viali Zahara, S.Pd.

Copyright ©2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru paska UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.



Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau ke: p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, dan Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan kompetensi guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002





DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix

PENDAHULUAN		1
	A. Latar Belakang	1
	B. Tujuan	2
	C. Peta Kompetensi	2
	D. Ruang Lingkup	4
	E. Cara Penggunaan Modul	4

KEGIATAN PEMBELAJARAN		
I.	SISTEM IMUN PADA MANUSIA	7
	A. Tujuan	7
	B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	8
	C. Uraian Materi	8
	D. Aktivitas Pembelajaran	28
	E. Latihan/Kasus/Tugas	29
	F. Rangkuman	32
	G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	33
II.	KONSEP BIOTEKNOLOGI	35
	A. Tujuan	36
	B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	36
	C. Uraian Materi	36
	D. Aktivitas Pembelajaran	47
	E. Latihan/Kasus/Tugas	50
	F. Rangkuman	52
	G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	53



III.	METABOLISME LEMAK DAN PROTEIN	55
	A. Tujuan	55
	B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	55
	C. Uraian Materi	56
	D. Aktivitas Pembelajaran	70
	E. Latihan/Kasus/Tugas	71
	F. Rangkuman	73
	G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	73
	KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	75
	EVALUASI	77
	PENUTUP	81
	DAFTAR PUSTAKA	83
	GLOSARIUM	85



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 1.1	Beberapa karakteristik pasangan kromosom homolog	10
Tabel 2.1		
Tabel 2.2		
Tabel 2.3		
Tabel 2.4		



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1.1	Jenis-jenis imunoglobulin	12
Gambar 2.1	Daun kacang non transgenic dan transgenik	10
Gambar 2.2	Proses Inseminasi Buatan	11
Gambar 3.1	Jalur Metabolisme Lemak	59
Gambar 3.2	Reaksi-reaksi Kimia Metabolisme Gliserol	60
Gambar 3.3	Aktivasi Asam LEMak menjadi Asil KoA	60
Gambar 3.4	Oksidasi karbon β menjadi keton	61
Gambar 3.5	Jalur Metabolisme Asam Amino	61
Gambar 3.6	Siklus Urea	68

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru merupakan tenaga profesional yang bertugas merencanakan dan melaksanakan proses pembelajaran, menilai hasil pembelajaran, melakukan pembimbingan dan pelatihan. Untuk melaksanakan tugas tersebut, guru dituntut mempunyai empat kompetensi yang mumpuni, yaitu kompetensi pedagogik, profesional, sosial dan kepribadian. Agar kompetensi guru tetap terjaga dan meningkat. Guru mempunyai kewajiban untuk selalu memperbaharui dan meningkatkan kompetensinya melalui kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai esensi pembelajar seumur hidup. Untuk bahan belajar (*learning material*) guru, dikembangkan modul yang menuntut guru belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul yang berjudul “Sistem Imun pada Manusia, Konsep Bioteknologi, serta Metabolisme Lemak dan Protein” merupakan modul untuk kompetensi profesional guru pada kelompok kompetensi H. Materi pada modul dikembangkan berdasarkan kompetensi profesional guru pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007.

Setiap materi bahasan dikemas dalam kegiatan pembelajaran yang memuat tujuan, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, aktivitas pembelajaran, latihan/tugas, rangkuman, umpan balik dan tindak lanjut.

Di dalam modul kelompok kompetensi H ini, pada bagian pendahuluan diinformasikan tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru pembelajar setelah mengikuti kegiatan Guru Pembelajar. Peta kompetensi yang harus dikuasai guru pada kelompok kompetensi H, ruang lingkup, dan saran penggunaan modul. Setelah guru mempelajari modul ini diakhiri dengan evaluasi untuk pengujian diri.



B. Tujuan

Setelah guru belajar dengan modul ini diharapkan: Memahami materi kompetensi profesional meliputi Sistem Imun pada Manusia, Konsep Bioteknologi, serta Metabolisme Lemak dan Protein.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah guru belajar dengan modul ini adalah menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Kompetensi Guru Mata Pelajaran dan Indikator Pencapaian Kompetensi yang diharapkan tercapai melalui belajar dengan modul ini adalah:

Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mapel	Indikator Esensial/ Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<ol style="list-style-type: none">1. Menjelaskan pengertian sistem kekebalan tubuh.2. Menjelaskan jenis-jenis kekebalan tubuh pada manusia3. Menjelaskan mekanisme sistem kekebalan tubuh pada manusia4. Menjelaskan cara mempertahankan sistem kekebalan tubuh manusia5. Menjelaskan kelainan/gangguan pada sistem kekebalan tubuh manusia.
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel. 20.2 Menjelaskan penerapan hukum-hukum biologi dalam teknologi yang terkait dengan biologi terutama yang dapat	<ol style="list-style-type: none">1. Menjelaskan pengertian dan prinsip dasar bioteknologi2. Menjelaskan sejarah perkembangan bioteknologi3. Mendeskripsikan jenis-jenis bioteknologi4. Mendeskripsikan penerapan bioteknologi di berbagai bidang5. Menganalisis dampak positif dan negatif bioteknologi.



ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.	
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat katabolisme lemak 2. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat katabolisme protein 3. Menjelaskan peran proses katabolisme lemak 4. Menjelaskan peran proses katabolisme Protein 5. Menjelaskan tahapan proses katabolisme lemak 6. Menjelaskan tahapan proses katabolisme Protein 7. Membedakan proses katabolisme lemak dan protein 8. Mengaitkan proses katabolisme lemak, protein dan karbohidrat

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi H, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

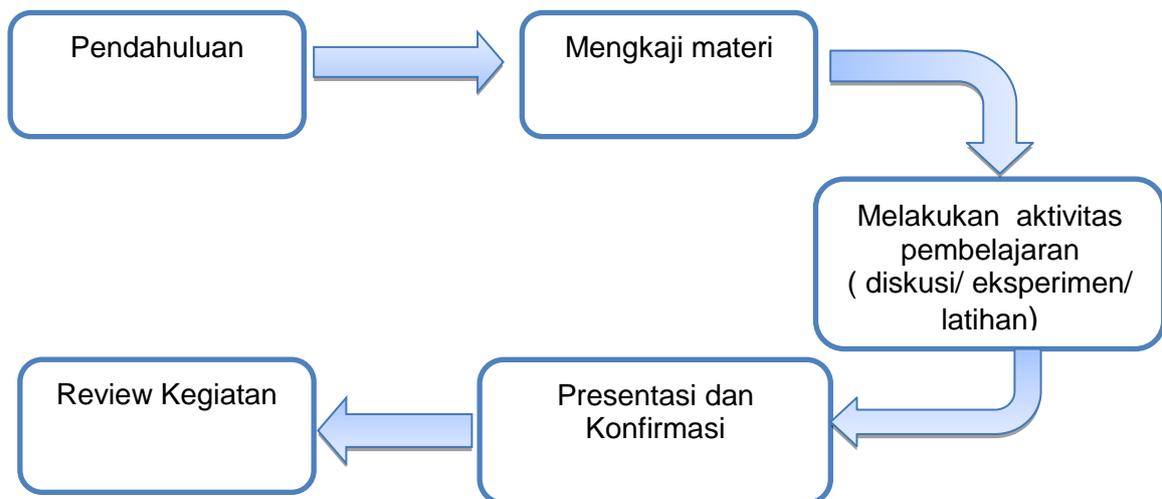
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Sistem Imun pada Manusia
2. Konsep Bioteknologi
3. Metabolisme Lemak dan Protein



E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian materi. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sbb.



Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari:

- latar belakang yang memuat gambaran materi
- tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- langkah-langkah penggunaan modul

2. Mengkaji materi

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta kegiatan Guru Pembelajar untuk mempelajari materi yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok



3. Melakukan aktivitas pembelajaran
Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/intruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan dsb.
Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan
4. Presentasi dan Konfirmasi
Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama
5. Review Kegiatan
Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: SISTEM IMUN PADA MANUSIA

Modul ini ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru untuk memahami topik sistem kekebalan tubuh pada manusia dan kesehatannya. Melalui pembahasan materi sistem kekebalan tubuh pada manusia dan kesehatannya, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran biologi di sekolah. Selain itu, materi ini juga aplikatif untuk guru sendiri sehingga mereka dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Di dalam bahan ajar ini dijelaskan tentang pengertian sistem kekebalan tubuh, jenis-jenis kekebalan tubuh, mekanisme sistem kekebalan tubuh, dan cara mempertahankan sistem kekebalan tubuh pada manusia serta kelainan pada sistem kekebalan tubuh manusia. Di dalam bahan ajar ini juga dilengkapi dengan evaluasi yang komprehensif sebagai sarana latihan bagi guru biologi, yang akan berguna juga dalam menghadapi uji kompetensi.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan peserta diklat dapat:

1. Memahami konsep pengertian sistem kekebalan tubuh
2. Mendeskripsikan jenis-jenis kekebalan tubuh pada manusia
3. Mendeskripsikan cara mempertahankan sistem kekebalan tubuh manusia
4. Memahami cara mempertahankan sistem kekebalan tubuh manusia
5. Mendeskripsikan kelainan/gangguan pada sistem kekebalan tubuh manusia.



B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menjelaskan pengertian sistem kekebalan tubuh.
2. Menjelaskan jenis-jenis kekebalan tubuh pada manusia
3. Menjelaskan mekanisme sistem kekebalan tubuh pada manusia
4. Menjelaskan cara mempertahankan sistem kekebalan tubuh manusia
5. Menjelaskan kelainan/gangguan pada sistem kekebalan tubuh manusia.

C. Uraian Materi

1. Mekanisme Pertahanan Tubuh

Tubuh mempunyai dua lapisan kekebalan, yaitu kekebalan nonspesifik dan kekebalan spesifik. Bakteri, virus, dan zat asing harus melalu sistem kekebalan nonspesifik terlebih dahulu. Jika kekebalan nonspesifik tidak mampu menghancurkannya, berikutnya zat penginfeksi tersebut akan menghadapi sistem kekebalan spesifik.

a. Kekebalan Nonspesifik (Bawaan)

Sistem kekebalan bawaan dimiliki oleh seseorang sejak lahir. Kekebalan bawaan bersifat nonspesifik, artinya sistem kekebalan ini selalu bersiap untuk menghadapi infeksi apapun yang masuk ke dalam tubuh. Mekanisme kekebalan ini efektif terhadap mikroorganisme tanpa terjadinya pengalaman kontak sebelumnya dengan organisme tersebut.

Kekebalan nonspesifik ada yang bersifat eksternal, ada pula yang bersifat internal. Kekebalan eksternal disebut juga sebagai perlindungan permukaan, karena melindungi di bagian luar tubuh. Kekebalan internal lebih bersifat perlindungan seluler dan kimiawi.

1) Kekebalan Eksternal

Kekebalan eksternal terdiri dari jaringan epitelium yang melindungi tubuh kita (kulit dan jaringan mukus) beserta sekresi yang dihasilkannya. Selain sebagai penghalang masuknya penyakit, epitelium tersebut menghasilkan zat-zat pelindung. Misalnya, hasil sekresi kulit bersifat asam sehingga beracun bagi bakteri. Air ludah (saliva) dan air mata juga dapat membunuh bakteri. Mukus (lendir) menjebak mikroorganisme sehingga tidak dapat masuk ke dalam saluran pencernaan dan pernapasan.



2) Kekebalan Internal

Kekebalan internal akan melawan bakteri, virus, atau zat-zat asing yang mampu melewati kekebalan eksternal. Kekebalan internal berupa rangsangan kimia dan melibatkan sel-sel fagositik, *sel natural killer*, protein anti mikroba yang melawan zat asing yang telah masuk dalam tubuh, serta peradangan (*inflamasi*) dan demam.

Sel-sel fagositik yang berperan dalam kekebalan internal antara lain neutrofil, makrofag, dan eosinofil. Neutrofil akan bersifat fagositik (memakan) jika bertemu dengan materi penginfeksi di dalam jaringan. Makrofag akan berlekatan dengan polisakarida di permukaan tubuh mikroba dan kemudian menelan mikroba tersebut. Eosinofil bertugas untuk menyerang parasit yang berukuran besar, misalnya cacing.

Sel natural killer menyerang sel parasit dengan cara mengeluarkan senyawa penghancur yang disebut *perforin*. Sel natural killer dapat melisis dan membunuh sel kanker serta virus sebelum sistem kekebalan adaptif diaktifkan. Protein antimikroba meningkatkan pertahanan tubuh dengan cara menyerang mikroorganisme secara langsung maupun dengan cara menghambat reproduksi mikroorganisme. Salah satu protein antimikroba yang penting untuk melindungi sel dari serangan virus adalah *interferon*.

Kekebalan internal lainnya adalah respons peradangan (inflamasi) dan demam. Peradangan dipicu oleh trauma fisik, panas yang berlebihan, infeksi bakteri, dan lain-lain. Peradangan bersifat lokal atau hanya muncul pada daerah terinfeksi sedangkan demam menyebar ke seluruh tubuh.

b. Kekebalan Spesifik (Adaptif)

Jika bakteri, virus, maupun zat asing berhasil melewati sistem kekebalan bawaan (nonspesifik), selanjutnya zat-zat asing tersebut akan dihadapi oleh sistem kekebalan adaptif. Kekebalan adaptif bersifat spesifik, artinya mekanisme pertahanannya bergantung pada pembentukan respons imun terhadap mikroorganisme tertentu yang memberi rangsangan.

Kekebalan adaptif dapat bersifat alamiah maupun buatan. Kekebalan adaptif alami pasif didapatkan oleh bayi dari ibunya dalam kandungan, sedangkan



kekebalan adaptif aktif didapatkan misalnya melalui infeksi (menderita penyakit terlebih dahulu). Kekebalan adaptif buatan pasif berupa transfer antibodi dari orang lain, sedangkan kekebalan adaptif buatan aktif diperoleh melalui imunisasi.

Berdasarkan sel yang terlibat dalam mekanismenya, kekebalan adaptif dibagi menjadi dua, yaitu kekebalan humoral dan kekebalan yang dimediasi sel (*cell-mediated immunity*).

1) Kekebalan Humoral (*antibody – mediated immunity*)

Unsur yang paling berperan dalam kekebalan humoral adalah antibodi yang dihasilkan oleh sel-sel B limfosit. Antibodi ditemukan dalam humor (cairan) tubuh, misalnya darah dan cairan limfa dan berfungsi mengikat bakteri dan racun bakteri, serta menandai virus untuk dihancurkan lebih lanjut oleh sel darah putih. Serangkaian respon terhadap pathogen ini disebut dengan respon kekebalan primer antara lain:

- a) Netralisasi yaitu antibody akan menetralkan suatu virus dengan cara melekat pada molekul yang harus digunakan oleh virus untuk menginfeksi sel inang. mekanisme ini akan menetralkan racun dari mikroorganisme sehingga akan mudah difagositosis oleh makrofag.
- b) Aglutinasi (penggumpalan) yaitu proses penggumpalan bakteri atau virus yang diperantarai oleh antibody yang akan bekerja menetralkan mikroorganisme tersebut. Terjadi karena setiap molekul antibody memiliki paling tidak dua tempat pengikatan antigen. Kompleks besar yang terbentuk melalui proses aglutinasi yang akan memudahkan fagositosis makrofag.
- c) Presipitasi (pengendapan) yaitu proses dimana molekul – molekul antigen yang terlarut dalam cairan tubuh akan diendapkan oleh antibody. Proses ini akan memudahkan proses pengeluaran dan pembuangan antigen oleh fagositosis.
- d) Fiksasi komplemen (aktivasi) yaitu mengaktifkan komplemen dengan adanya kompleks antigen – antibody. Apabila ada infeksi maka protein yang pertama dalam rangkaian protein komplemen akan diaktifkan, reaksi komplemen ini akan mengakibatkan lisisnya banyak jenis virus dan sel – sel pathogen.



2) Kekebalan yang Dimediasi Sel

Faktor terpenting dalam kekebalan ini adalah sel-sel hidup, yaitu sel-sel T limfosit. Sel-sel ini secara aktif melawan bakteri dan virus yang ada di dalam sel tubuh yang terinfeksi. Sel-sel ini juga dapat melawan protozoa, jamur, dan cacing parasit. Berdasarkan cara memperolehnya kekebalan tubuh digolongkan menjadi dua kelompok yaitu kekebalan aktif dan kekebalan pasif.

a) Kekebalan Aktif

Kekebalan aktif merupakan kekebalan yang dihasilkan oleh tubuh itu sendiri, Tubuh membentuk antibody sendiri karena infeksi antigen. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan buatan sebagai contoh secara alami melalui penyakit seperti halnya penyakit cacar dan secara langsung tubuh membentuk vaksinasi virus cacar dengan cara didalam tubuh penderita dikembangkan kekebalan humoral dan kekebalan seluler, setelah mengidap penyakit cacar penderita tidak akan terkena dua kali penyakit cacar. Sedangkan cara buatan dengan adanya vaksinasi (imunisasi) terhadap mikroorganisme tertentu dengan cara dimasukkan antigen yang telah dilemahkan atau telah mati kedalam tubuh.

b) Kekebalan Pasif

Kekebalan pasif merupakan kekebalan yang diperoleh setelah menerima antibody dari luar. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami yaitu dengan cara pemberian ASI (Air Susu Ibu) dan secara buatan melalui penyuntikkan antiserum yang mengandung antibody IgG atau immunoglobulin lainnya. Kekebalan pasif buatan ini hanya bertahan beberapa minggu saja karena immunoglobulin yang berasal dari tubuh akan diuraikan oleh tubuh orang tersebut.

c. Antigen dan Antibodi

1) Antigen

Antigen adalah suatu substansi kimia yang mampu merangsang sistem kekebalan (imun) untuk menimbulkan respons spesifik. Contoh antigen adalah bagian luar kapsul atau dinding sel bakteri. Antigen disebut juga *imunogen*.

Antigen memiliki dua ciri penting, yaitu sebagai berikut:

- Imunogenisitas, yaitu kemampuan untuk memicu perbanyakan antibody dan limfosit spesifik
- Reaktivitas, yaitu kemampuan untuk bereaksi dengan limfosit yang teraktivasi dan antibodii yang dilepaskan oleh reaksi kekebalan.



Selain antigen terdapat juga molekul yang disebut *hapten*. Hapten adalah substansi kimiawi sederhana atau sebuah bagian dari antigen yang tidak menimbulkan respons kekebalan, tetapi jika hapten berikatan dengan protein tubuh, sistem kekebalan tubuh akan mengenalinya sebagai substansi berbahaya.

2) Antibodi

Antibodi adalah protein yang dibentuk sebagai respon terhadap suatu antigen dan secara spesifik mengadakan reaksi dengan antigen tersebut. Antigen tidak dapat langsung menghancurkan antigen. Fungsi utama antigen adalah menonaktifkan dan menandai antigen untuk penghancuran lebih lanjut. Umumnya, jika antibodi bertemu dengan antigen akan terbentuk kompleks antigen-antibodi.

Antibodi disebut juga imunoglobulin. Levine dan Miller (1991: 785) menjelaskan bahwa terdapat lima kelompok imunoglobulin yakni IgM, IgA, IgG, IgD dan IgE.

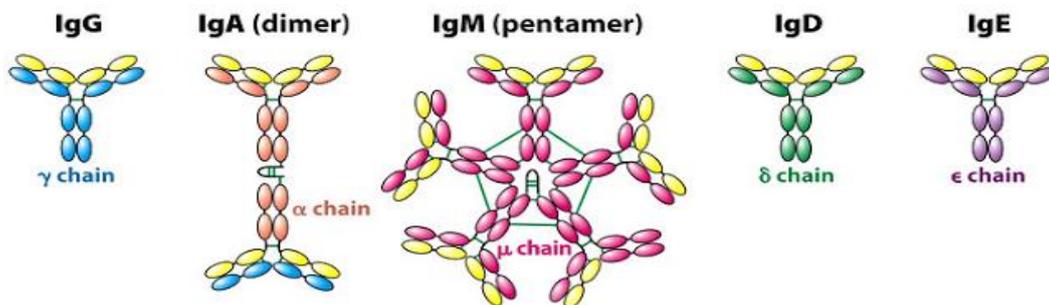


Figure 34.8
Biochemistry, Seventh Edition
© 2012 W. H. Freeman and Company

Gambar 1.1 Jenis-jenis Imunoglobulin

<http://softilmu.blogspot.co.id/2015/08/sistem-kekebalan-tubuh-manusia.html>

a) Jenis-jenis immunoglobulin

(1) Imunoglobulin G (IgG)

Imunoglobulin G (IgG) adalah satu-satunya imunoglobulin yang mampu melalui plasenta. IgG merupakan kekebalan pasif yang diberikan dari ibu kepada anaknya. IgG merupakan pertahanan utama terhadap infeksi untuk bayi pada minggu-minggu pertama kehidupannya yang diperkuat oleh IgG dari kolostrum.



(2) Imunoglobulin A (IgA)

Imunoglobulin A (IgA) merupakan salah satu imunoglobulin yang ditemukan dalam sekresi eksternal, misalnya pada mukosa saluran napas, intestinal, urin, genital, saliva, air mata, dan air susu ibu (ASI). Imunoglobulin A dapat menetralkan virus dan menghalangi penempelan pada sel epitelium.

(3) Imunoglobulin M (IgM)

Imunoglobulin M (IgM) ialah antibodi yang disintesis pertama kali dalam stimulus antigen. Sintesis IgM dilakukan oleh fetus saat intra-uterin. Oleh karena tidak dapat melewati plasenta, maka IgM bayi yang baru lahir merupakan tanda-tanda infeksi intra-uterin.

(4) Imunoglobulin D (IgD)

Imunoglobulin D pertama kali ditemukan sebagai protein mieloma. IgD selalu melekat pada permukaan luar sel limfosit B. IgD berfungsi sebagai reseptor antigen sel limfosit B dan penting bagi aktivasi sel B tersebut.

(5) Imunoglobulin E (IgE)

Imunoglobulin E (IgE) disekresikan oleh sel plasma di kulit, mukosa, serta tonsil. Jika bagian ujung IgE terpicu oleh antigen, akan menyebabkan sel melepaskan histamin yang menyebabkan peradangan dan reaksi alergi.

3) Respon Kekebalan Tubuh terhadap Antigen

Jika tubuh terpapar oleh suatu antigen, akan terjadi respons kekebalan. Perkenalan pertama dengan suatu antigen akan membangkitkan respons kekebalan primer. Jika setelah beberapa waktu, seseorang terkena antigen yang sama, maka akan muncul respons kekebalan sekunder.

a) Respon Kekebalan Primer

Setelah antigen masuk ke dalam tubuh, antibodi tidak segera terbentuk di dalam serum darah. Masa antara pemberian antigen dan dibentuknya antibodi disebut periode laten atau periode induksi. Lamanya periode laten sekitar 6-7 hari. Pada periode laten, antigen disampaikan pada sel-sel imunokompeten, yaitu sel B yang menghasilkan antibodi. Pada periode ini terjadi proliferasi dan diferensiasi sel B. Setelah periode laten, kemudian masuk pada periode biosintesis. Fase awal dari periode biosintesis adalah fase logaritmik yang ditandai oleh meningkatnya jumlah antibodi secara logaritmik didalam tubuh, diikuti fase



mantap, yaitu di mana kecepatan sintesis protein sama dengan kecepatan katabolismenya, dan diakhiri fase penurunan, yaitu dimana katabolisme antibodi lebih cepat daripada sintesisnya.

b) Respons Kekebalan Sekunder

Pertemuan kedua dengan antigen yang sama yang pernah diberikan sebelumnya akan mengembalikan respons imun sekunder. Ketika antigen ini terpapar pada tubuh, antibodi yang masih ada dalam serum akan menyusut, fase ini disebut fase negatif. Antigen dan antibodi dalam serum kemudian akan membentuk kompleks antigen-antibodi. Jika dosis antigen sedikit, respons kekebalan yang kuat tidak akan terjadi. Hal tersebut mungkin karena serum antigen tersebut telah digunakan untuk membentuk kompleks antigen-antibodi. Sebaliknya, jika dosis antigen cukup banyak, sel-sel B yang tersisa akan membentuk antibodi sehingga mucullah respons sekunder.

c) Perbedaan Respons Primer dan Respons Sekunder

Pada peristiwa stimulasi respons primer, sel-sel prekursor membelah diri dan mengadakan diferensiasi menjadi sel-sel pembentuk antibodi yang memproduksi IgM dan IgG. Selama proses ini terbentuk sel-sel memori yang jumlahnya masih terbatas. Menyusul respons sekunder, sel-sel yang sensitif terhadap antigen jumlahnya bertambah cepat sehingga sintesis antibodi meningkat.

Respons kekebalan sekunder yang muncul bersifat lebih cepat, lebih tahan lama, dan lebih efektif daripada respons sebelumnya. Hal itu disebabkan sistem kekebalan telah lebih siap terhadap antigen karena sel-sel memori bersiap melawan antigen. Sel-sel memori ini pada akhirnya akan menimbulkan memori imunologis.

2. Penyakit dan Kelainan pada Sistem Imun

a. Penyakit Autoimun

Penyakit autoimun adalah kelainan tubuh yang disebabkan oleh reaksi respon imun terhadap sel tubuh sendiri yang dianggap sebagai antigen, sehingga menyebabkan kerusakan organ tubuh. Biasanya antibodi yang menyerang diri sendiri ini bisa terbentuk karena adanya rangsangan virus sebelumnya, sehingga antibodi ikut beredar ke seluruh tubuh dan dapat memberikan kerusakan organ pada tubuh kita. Gangguan autoimun dapat mempengaruhi satu atau lebih organ



atau jaringan. Organ dan jaringan yang umumnya terkena oleh gangguan autoimun adalah sel darah merah, pembuluh darah, jaringan ikat, kelenjar endokrin seperti tiroid atau pankreas, otot, sendi, dan kulit.

Reaksi autoimun dapat dicetuskan oleh beberapa hal:

- 1) Senyawa yang ada di badan yang normalnya dibatasi di area tertentu (disembunyikan dari sistem kekebalan tubuh) dilepaskan ke dalam aliran darah. Misalnya, pukulan ke mata dapat membuat cairan di bola mata dilepaskan ke dalam aliran darah. Cairan merangsang sistem kekebalan tubuh untuk mengenali mata sebagai benda asing dan menyerangnya.
- 2) Senyawa normal di tubuh berubah. Misalnya oleh virus, obat, sinar matahari, atau radiasi. Bahan senyawa yang berubah mungkin kelihatannya asing bagi sistem kekebalan tubuh. Misalnya, virus bisa menulari dan mengubah sel. Sel yang ditulari oleh virus merangsang sistem kekebalan tubuh untuk menyerangnya.
- 3) Senyawa asing yang menyerupai senyawa badan alami mungkin memasuki tubuh. Sistem kekebalan tubuh dengan kurang hati-hati dapat menjadikan senyawa badan mirip seperti bahan asing sebagai sasaran. Misalnya, bakteri penyebab sakit kerongkongan mempunyai beberapa antigen yang mirip dengan sel jantung manusia. Jarang terjadi, sistem kekebalan tubuh dapat menyerang jantung manusia sesudah sakit kerongkongan (reaksi ini bagian dari deman reumatik).
- 4) Sel yang mengontrol produksi antibodi misalnya, limfosit B (salah satu sel darah putih) mungkin rusak dan menghasilkan antibodi abnormal yang menyerang beberapa sel badan.
- 5) Keturunan mungkin terlibat pada beberapa kekacauan autoimun. Pada orang yang rentan, satu pemicu seperti infeksi virus atau kerusakan jaringan, dapat membuat kekacauan berkembang. Faktor Hormonal juga mungkin dilibatkan, karena banyak kekacauan autoimun lebih sering terjadi pada wanita.

Contoh-contoh penyakit autoimun, diantaranya:

- 1) Hepatitis oleh virus hepatitis C
Penyakit hepatitis akibat serangan virus hepatitis C terjadi akibat antibodi menyerang tubuh sendiri. Antibodi tersebut semula dibuat sebagai respon tubuh terhadap paparan antigen antara lain virus, akan tetapi sekuen asam



amino dari protein virus mirip dengan sekuen protein dari jaringan tubuh, sehingga antibodi yang ada dapat merusak jaringan tubuh sendiri.

- 2) Graves'disease (gangguan autoimun yang mengarah ke kelenjar tiroid hiperaktif)

Penyakit graves timbul sebagai akibat dari produksi antibody yang merangsang tiroid. Mekanisme respon autoimun yang terjadi pada penyakit graves, melibatkan reaksi antibody yang disebut dengan *long acting thyroid stimulator* bereaksi dengan reseptor thyroid stimulating hormone yang terdapat pada permukaan kelenjar tiroid, sehingga meningkatkan produksi hormone tiroid yang berlebihan.

- 3) Myasthenia gravis (gangguan neuromuskuler yang melibatkan otot dan saraf)

Penyakit myasthenia gravis merupakan penyakit autoimun yang mengakibatkan kelemahan otot secara progresif. Hal ini disebabkan karena antibody menutupi reseptor asetilkolin dengan immunoglobulin dapat mencegah penerimaan impuls saraf, yang dalam keadaan normal disalurkan oleh molekul asetilkolin, sehingga menimbulkan kelemahan otot. Apabila otot yang diserang adalah otot diafragma. Maka diafragma tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat menyebabkan kegagalan pernafasan dan kematian.

- 4) Systemic lupus erythematosus/SLE (gangguan autoimun kronis, yang mempengaruhi kulit, sendi, ginjal, dan organ lainnya)

Penyakit lupus yang dalam bahasa kedokterannya dikenal sebagai systemic lupus erythematosus (SLE) adalah penyakit radang yang menyerang banyak sistem dalam tubuh, dengan perjalanan penyakit bisa akut atau kronis, dan disertai adanya antibodi yang menyerang tubuhnya sendiri. Penyakit ini terutama diderita oleh wanita muda dengan puncak kejadian pada usia 15-40 tahun (selama masa reproduktif) dengan perbandingan wanita dan laki-laki 5:1.

Penyebab dan mekanisme terjadinya SLE masih belum diketahui dengan jelas, akan tetapi pada beberapa penderita ditemukan antibodi yang spesifik terhadap beberapa komponen tubuhnya sendiri termasuk terhadap DNA, yang diduga dilepaskan pada saat penghancuran sel atau jaringan secara normal, terutama sel-sel kulit. Pada penderita yang secara genetik



menunjukkan predisposisi untuk penyakit SLE, dijumpai gangguan sistem regulasi sel T dan fungsi sel B yang dapat diinduksi oleh beberapa faktor. Selain faktor genetik yang abnormal, lingkungan juga berperan sebagai faktor pemicu bagi seseorang yang sebelumnya sudah memiliki gen abnormal. Sampai saat ini, jenis pemicunya masih belum jelas, namun diduga kontak sinar matahari, infeksi virus/bakteri, obat golongan sulfa, penghentian kehamilan, dan trauma psikis maupun fisik.

Gejala yang umum dijumpai adalah:

- a) Kulit yang mudah gosong akibat sinar matahari serta timbulnya gangguan pencernaan.
- b) Gejala umumnya penderita sering merasa lemah, kelelahan yang berlebihan, demam dan pegal-pegal. Gejala ini terutama didapatkan pada masa aktif, sedangkan pada masa remisi (nonaktif) menghilang.
- c) Pada kulit, akan muncul ruam merah yang membentang di kedua pipi, mirip kupu-kupu. Kadang disebut (butterfly rash). Namun ruam merah menyerupai cakram bisa muncul di kulit seluruh tubuh, menonjol dan kadang-kadang bersisik. Melihat banyaknya gejala penyakit ini, maka wanita yang sudah terserang dua atau lebih gejala saja, harus dicurigai mengidap Lupus.
- d) Anemia yang diakibatkan oleh sel-sel darah merah yang dihancurkan oleh penyakit lupus ini.
- e) Rambut yang sering rontok dan rasa lelah yang berlebihan.
- f) Sistem imun kadang merespons secara berlebihan atau hipereaktif terhadap suatu benda asing sehingga antigen yang masuk ini disebut alergen dan bisa menimbulkan gejala seperti bengkak, mata berair, pilek alergi, bahkan bisa menimbulkan reaksi alergi hebat yang mengancam jiwa yang disebut anafilaksis. Berbagai macam reaksi alergi yang ditimbulkan antara lain adalah asma, eksim, pilek alergi, batuk alergi, alergi makanan, alergi obat dan alergi terhadap toksin.
- g) Jumlah antibodi bisa diukur secara tak langsung dengan jumlah CD4 (Sel *Cluster of Differentiation 4* (limfosit CD4, Pembantu Sel-T) adalah jenis sel darah putih yang membantu tubuh melawan infeksi). Jika jumlahnya kurang maka dicurigai seseorang mempunyai penyakit immunocompromized dimana daya tahan tubuhnya sangat rendah, hal ini



bisa terjadi pada orang yang terkena HIV/AIDS, dan non HIV (pengguna kortikosteroid lama, individu yang terkena kanker, penyakit kronik seperti gagal ginjal, gagal jantung, diabetes, dan lain-lain).

5) Reumatoid arthritis (radang sendi)

Rheumatoid arthritis merupakan kelainan sendi yang disebabkan oleh reaksi kompleks imun antara IgM, IgG, dan komplemen pada persendian. Respon inflamasi yang disertai permeabilitas vaskuler menimbulkan pembengkakan sendi dan sakit bila eksudat bertambah banyak. Senyawa enzimatik yang dilepas oleh neutrofil segera memecah kolagen dan tulang rawan sendi yang menimbulkan destruksi permukaan sendi sehingga mengganggu fungsi normal sendi. Akibat inflamasi yang berulang dapat terjadi penimbunan fibrin dan penggantian tulang rawan oleh jaringan ikat, sehingga sendi sulit digerakkan.

6) Multiple sclerosis (gangguan autoimun yang mempengaruhi otak dan sistem saraf pusat tulang belakang)

Penyakit multiple sclerosis merupakan salah satu contoh reaksi autoimun dimana sel T dan makrofag dapat merusak sel-sel saraf. Penyebab penyakit ini belum diketahui secara pasti, akan tetapi secara epidemiologi diduga bahwa beberapa jenis mikroorganisme patogen terlibat dalam proses perjalanan penyakit. Infeksi virus Epstein-Barr seringkali disebut sebagai penyebab utamanya.

Gejala penyakit ini sangat beragam mulai dari kelelahan yang kronis sampai kelumpuhan (paralysis). Perkembangan penyakit ini sangat lambat dan dapat berlangsung selama bertahun-tahun. Belum ditemukan obat untuk mengatasi kondisi penderita, akan tetapi pemberian interferon dan beberapa obat untuk memperbaiki system imunitas dapat memperlambat keparahan penyakit.

7) Diabetes mellitus tipe I

Penyakit autoimun lainnya yaitu diabetes mellitus yang tergantung pada insulin (insulin dependent diabetes mellitus). Melalui mekanisme reaksi yang sama, respon imun seluler dapat merusak sel-sel pancreas yang mensekresi insulin. Kerusakan sel pancreas dapat mengakibatkan penyakit diabetes yang selalu tergantung pada insulin.



8) Varisela

Varisela adalah infeksi virus akut yang ditandai dengan adanya vesikel pada kulit yang sangat menular. Penyakit ini disebut juga *chicken pox*, cacar air, atau varisela zoster. Varisela disebabkan oleh Herpesvirus varicellae atau Human (alpha) herpes virus-3 (HHV3). Penyakit ini menyerang semua usia, kekebalan varisela berlangsung seumur hidup setelah seseorang terkena penyakit ini satu kali.

Varisela ditularkan melalui kontak langsung (cairan vesikel) dan droplet. Penularan melalui kontak serumah sangat tinggi, penularan lainnya adalah pada saat pasien mengalami viremia (adanya virus di dalam darah), penyakit ini bisa ditularkan melalui plasenta dan transfusi darah. Disebutkan bahwa tingkat penularannya lebih tinggi daripada parotitis (radang kelenjar parotis/gondongan) tetapi lebih rendah bila dibandingkan dengan penularan campak.

Masa inkubasi varisela sekitar 11-21 hari, dengan rata-rata 13-17 hari. Dua minggu setelah infeksi akan timbul demam, malaise, anoreksia, dan nyeri kepala. Pada penderita dengan daya tahan tubuh yang baik akan muncul gejala ringan dan sembuh sendiri (*self limited*). Pasien dapat diberi antihistamin atau anti gatal, antivirus asiklovir atau vidarabin, antibiotik bila ada indikasi infeksi bakteri dan multivitamin.

9) Campak

Campak adalah suatu penyakit akut yang menular disebabkan oleh morbili virus. Campak disebut juga rubeola, morbili, atau measles. Penyakit ini ditandai dengan gejala awal demam, batuk, pilek, dan konjungtivitis yang kemudian diikuti dengan bercak kemerahan pada kulit (*rash*). Campak biasanya menyerang anak-anak dengan derajat ringan sampai sampai sedang. Penyakit ini dapat meninggalkan gejala sisa kerusakan neurologis akibat peradangan otak (ensefalitis).

Penyakit campak disebabkan oleh virus campak, dari family Paramyxovirus, genus Morbilivirus. Virus ini adalah virus RNA yang dikenal hanya mempunyai satu antigen. Struktur virus ini mirip dengan virus penyebab parotitis epidemis dan parainfluenza. Setelah timbulnya ruam kulit, virus aktif



dapat ditemukan pada secret nasofaring, darah, dan air kencing dalam waktu sekitar 34 jam pada suhu kamar.

Virus campak mudah menularkan penyakit. Virulensinya sangat tinggi terutama pada anak yang rentan dengan kontak keluarga, sehingga hamper 90% anak rentan akan tertular. Campak ditularkan melalui droplet di udara oleh penderita sejak 1 hari sebelum timbulnya gejala klinis sampai 4 hari sesudah munculnya ruam. Masa inkubasinya anantara 10-12 hari.

Ibu yang pernah menderita campak menurunkan kekebalannya kepada janin yang dikandungnya melalui plasenta, dan kekebalan ini bisa bertahan sampai bayinya berusia 4-6 bulan. Bayi usia 9 bulan diharapkan membentuk antibodinya sendiri secara aktif setelah menerima vaksinasi campak. Pemberian imunisasi ini merupakan pencegahan yang paling efektif dan memberikan kekebalan selama 14 tahun.. Vaksin campak berasal dari virus hidup yang dilemahkan.

b. Immunodefisiensi

Imunodefisiensi atau imunokompromais adalah fungsi sistem imun yang menurun atau tidak berfungsi dengan baik. Fungsi masing-masing komponen sistem imun humoral maupun selular atau keduanya dapat terganggu baik oleh sebab *congenital* maupun sebab yang didapat. Keadaan imunodefisiensi dapat terjadi disebabkan oleh berbagai hal, antara lain akibat infeksi (AIDS, virus mononucleosis, rubella, dan campak), penggunaan obat (steroid, penyinaran, kemoterapi, imunosupresi, serum anti-limfosit), neoplasma dan penyakit hematologik (limfoma/hodkin, leukemia, mieloma, neutropenia, anemia aplastik, anemia sel sabit), penyakit metabolik (enteropati dengan kehilangan protein, sindrom nefrotik, diabetes mellitus, malnutrisi), trauma dan tindakan bedah (luka bakar, spienektomi, anestesi), lupus eritematosus sistemik, dan hepatitis kronis.

Berbagai mikroorganisme (kuman, virus, parasit, jamur) yang ada di lingkungan maupun yang sudah ada dalam tubuh penderita, yang dalam keadaan normal tidak patogenik atau memiliki patogenesis rendah, dalam keadaan imunodefisiensi dapat menjadi invasif dan menimbulkan berbagai penyakit. Oleh karena itu, penderita yang imunodefisiensi mempunyai risiko yang lebih tinggi



terhadap infeksi yang berasal dari tubuh sendiri maupun secara nasokomial dibanding dengan yang tidak imunodefisiensi.

Secara garis besar imunodefisiensi dibagi dalam dua golongan yaitu imunodefisiensi congenital (Primer) dan imunodefisiensi sekunder (*acquired immune deficiencies*).

1) Imunodefisiensi Kongenital

Imunodefisiensi kongenital atau imunodefisiensi primer pada umumnya disebabkan oleh kelainan respon imun bawaan yang dapat berupa kelainan dari sistem fagosit dan komplemen atau kelainan dalam diferensiasi fungsi limfosit.

Penyakit dimana terjadi kelainan pada fungsi pembunuh dari sel darah putih:

2) Penyakit granulomatosa kronis

Penyakit granulomatosa kronis kebanyakan menyerang anak laki-laki dan terjadi akibat kelainan pada sel-sel darah putih yang menyebabkan terganggunya kemampuan mereka untuk membunuh bakteri dan jamur tertentu. Penyebabnya, sel darah putih tidak menghasilkan hidrogen peroksida, superoksida dan zat kimia lainnya yang membantu melawan infeksi.

Gejala biasanya muncul pada masa kanak-kanak awal, tetapi bisa juga baru timbul pada usia belasan tahun. Infeksi kronis terjadi pada kulit, paru-paru, kelenjar getah bening, mulut, hidung dan usus. Di sekitar anus, di dalam tulang dan otak bisa terjadi abses. Kelenjar getah bening cenderung membesar dan mengering. Hati dan limpa membesar. Pertumbuhan anak menjadi lambat.

Pengobatannya dengan memberikan antibiotik bisa membantu mencegah terjadinya infeksi. Suntikan gamma interferon setiap minggu bisa menurunkan kejadian infeksi. Pada beberapa kasus, pencangkokan sumsum tulang berhasil menyembuhkan penyakit ini.

Penyakit dimana terdapat kadar antibodi yang rendah.

3) X-linked agammaglobulinemia

Agammaglobulinemia X-linked (*agammaglobulinemia Bruton*) hanya menyerang anak laki-laki dan merupakan akibat dari penurunan jumlah atau



tidak adanya limfosit B serta sangat rendahnya kadar antibodi karena terdapat kelainan pada kromosom X.

Bayi akan menderita infeksi paru-paru, sinus dan tulang, biasanya karena bakteri (misalnya *Hemophilus* dan *Streptococcus*) dan bisa terjadi infeksi virus yang tidak biasa di otak. Tetapi infeksi biasanya baru terjadi setelah usia 6 bulan karena sebelumnya bayi memiliki antibodi perlindungan di dalam darahnya yang berasal dari ibunya.

Jika tidak mendapatkan vaksinasi polio, anak-anak bisa menderita polio. Mereka juga bisa menderita artritis. Suntikan atau infus immunoglobulin diberikan selama hidup penderita agar penderita memiliki antibodi sehingga bisa membantu mencegah infeksi. Jika terjadi infeksi bakteri diberikan antibiotik.

Anak laki-laki penderita agammaglobulinemia X-linked banyak yang menderita infeksi sinus dan paru-paru menahun dan cenderung menderita kanker.

4) Kekurangan antibodi selektif, misalnya kekurangan IgA

Pada penyakit ini, kadar antibodi total adalah normal, tetapi terdapat kekurangan antibodi jenis tertentu. Yang paling sering terjadi adalah kekurangan IgA. Kadang kekurangan IgA sifatnya diturunkan, tetapi penyakit ini lebih sering terjadi tanpa penyebab yang jelas. Penyakit ini juga bisa timbul akibat pemakaian fenitoin (obat anti kejang).

Sebagian besar penderita kekurangan IgA tidak mengalami gangguan atau hanya mengalami gangguan ringan, tetapi penderita lainnya bisa mengalami infeksi pernafasan menahun dan alergi. Jika diberikan transfusi darah, plasma atau immunoglobulin yang mengandung IgA, beberapa penderita menghasilkan antibodi anti-IgA, yang bisa menyebabkan reaksi alergi yang hebat ketika mereka menerima plasma atau immunoglobulin berikutnya. Biasanya tidak ada pengobatan untuk kekurangan IgA. Antibiotik diberikan pada mereka yang mengalami infeksi berulang.

5) Common variable immunodeficiency

Imunodefisiensi yang berubah-ubah terjadi pada pria dan wanita pada usia berapapun, tetapi biasanya baru muncul pada usia 10-20 tahun. Penyakit ini



terjadi akibat sangat rendahnya kadar antibodi meskipun jumlah limfosit-B nya normal. Pada beberapa penderita limfosit T berfungsi secara normal, sedangkan pada penderita lainnya tidak. Sering terjadi penyakit autoimun, seperti penyakit Addison, tiroiditis dan arhritis reumathoid. Biasanya terjadi diare dan makanan pada saluran pencernaan tidak diserap dengan baik. Suntikan atau infus immunoglobulin diberikan selama hidup penderita. Jika terjadi infeksi diberikan antibiotik.

Kelainan pada limfosit T

6) DiGeorge syndrome

DiGeorge syndrome terjadi akibat adanya kelainan pada perkembangan janin. Keadaan ini tidak diturunkan dan bisa menyerang anak laki-laki maupun anak perempuan. Anak-anak tidak memiliki kelenjar thymus, yang merupakan kelenjar yang penting untuk perkembangan limfosit T yang normal. Tanpa limfosit T, penderita tidak dapat melawan infeksi dengan baik. Setelah lahir, akan terjadi infeksi berulang. Beratnya gangguan kekebalan sangat bervariasi. Kadang kelainannya bersifat parsial dan fungsi limfosit T akan membaik dengan sendirinya.

Anak-anak memiliki kelainan jantung dan gambaran wajah yang tidak biasa (telinganya lebih rendah, tulang rahangnya kecil dan menonjol serta jarak antara kedua matanya lebih lebar). Penderita juga tidak memiliki kelenjar paratiroid, sehingga kadar kalium darahnya rendah dan segera setelah lahir seringkali mengalami kejang.

Jika keadaannya sangat berat, dilakukan pencangkokan sumsum tulang. Bisa juga dilakukan pencangkokan kelenjar thymus dari janin atau bayi baru lahir (janin yang mengalami keguguran). Kadang kelainan jantungnya lebih berat daripada kelainan kekebalan sehingga perlu dilakukan pembedahan jantung untuk mencegah gagal jantung yang berat dan kematian, juga dilakukan tindakan untuk mengatasi rendahnya kadar kalsium dalam darah.

7) Kandidiasis mukokutaneus kronis

Kandidiasi mukokutaneus kronis terjadi akibat buruknya fungsi sel darah putih, yang menyebabkan terjadinya infeksi jamur *Candida* yang menetap pada bayi atau dewasa muda. Jamur ini bisa menyebabkan infeksi mulut (*thrush*), infeksi pada kulit kepala, kulit, dan kuku.



Penyakit ini agak lebih sering ditemukan pada anak perempuan dan beratnya bervariasi. Beberapa penderita mengalami hepatitis dan penyakit paru-paru menahun. Penderita lainnya memiliki kelainan endokrin (seperti hipoparatiroidisme). Infeksi internal oleh *Candida* jarang terjadi.

Biasanya infeksi bisa diobati dengan obat anti-jamur nistatin atau klotrimazol. Infeksi yang lebih berat memerlukan obat anti-jamur yang lebih kuat (misalnya ketokonazol per-oral atau amfoterisin B intravena). Kadang dilakukan pencangkokan sumsum tulang.

Kelainan pada limfosit T dan limfosit B

8) Wiskott-aldrich syndrome

Sindrom Wiskott-Aldrich hanya menyerang anak laki-laki dan menyebabkan eksim, penurunan jumlah trombosit serta kekurangan limfosit T dan limfosit B yang menyebabkan terjadinya infeksi berulang. Akibat rendahnya jumlah trombosit, maka gejala pertamanya bisa berupa kelainan perdarahan (misalnya diare berdarah). Kekurangan limfosit T dan limfosit B menyebabkan anak rentan terhadap infeksi bakteri, virus dan jamur. Sering terjadi infeksi saluran pernafasan.

Anak yang bertahan sampai usia 10 tahun, kemungkinan akan menderita kanker (misalnya limfoma dan leukemia). Pengangkatan limpa seringkali bisa mengatasi masalah perdarahan, karena penderita memiliki jumlah trombosit yang sedikit dan trombosit dihancurkan di dalam limpa. Antibiotik dan infus imunoglobulin bisa membantu penderita, tetapi pengobatan terbaik adalah dengan pencangkokan sumsum tulang.

9) Ataksia telangiektasia

Ataksia-telangiektasia adalah suatu penyakit keturunan yang menyerang sistem kekebalan dan sistem saraf. Kelainan pada serebelum (bagian otak yang mengendalikan koordinasi) menyebabkan pergerakan yang tidak terkoordinasi (ataksia). Kelainan pergerakan biasanya timbul ketika anak sudah mulai berjalan, tetapi bisa juga baru muncul pada usia 4 tahun. Anak tidak dapat berbicara dengan jelas, otot-ototnya lemah dan kadang terjadi keterbelakangan mental.

Telangiektasi adalah suatu keadaan dimana terjadi pelebaran kapiler (pembuluh darah yang sangat kecil) di kulit dan mata. Telangiektasi terjadi



pada usia 1-6 tahun, biasanya paling jelas terlihat di mata, telinga, bagian pinggir hidung dan lengan. Sering terjadi pneumonia, infeksi bronkus dan infeksi sinus yang bisa menyebabkan kelainan paru-paru menahun. Kelainan pada sistem endokrin bisa menyebabkan ukuran buah zakar yang kecil, kemandulan dan diabetes.

Banyak anak-anak yang menderita kanker, terutama leukemia, kanker otak dan kanker lambung. Antibiotik dan suntikan atau infus immunoglobulin bisa membantu mencegah infeksi tetapi tidak dapat mengatasi kelainan saraf. Ataksia-telangiectasia biasanya berkembang menjadi kelemahan otot yang semakin memburuk, kelumpuhan, demensia, dan kematian.

10) Immunodefisiensi Sekunder (Acquired immune deficiency)

Imunodefisiensi sekunder ini disebabkan oleh berbagai faktor antara lain infeksi virus yang dapat merusak sel limfosit, malnutrisi, penggunaan obat-obat sitotoksik dan kortikosteroid, serta akibat penyakit kanker seperti penyakit Hodgkin, leukemia, mieloma, limfositik kronik, dan lain-lain.

Contoh imunodefisiensi sekunder:

11) Penyakit Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS)

AIDS disebabkan oleh infeksi Human Immunodeficiency Virus (HIV). Diketahui terdapat dua jenis virus HIV, yaitu HIV 1 dan HIV 2. Kelainan sistem imun penderita AIDS ditandai dengan penurunan jumlah dan fungsi sel limfosit T-penolong (Th), peningkatan jumlah sel limfoid yang prematur dan peningkatan aktifitas sel T-penekan (Ts). Selain itu juga dijumpai adanya gangguan fagosit, dimana sel monosit dan makrofag tidak bisa berfungsi dengan baik. Seseorang yang terjangkit HIV dapat tetap tidak memperlihatkan gejala (asimptomatik) selama 8 tahun atau lebih selama infeksi sebagian besar terbatas pada makrofag. Ketika virus mulai menyerang sel T helper, kondisi akan memburuk biasanya selama 2 sampai 5 tahun jika tidak diobati. Individu didiagnosis mengidap AIDS bila jumlah sel T menurun kurang dari 200 sel/ μ L, atau ketika terjadi infeksi oportunitis, kanker, atau demensia AIDS.

Gejala mirip flu, termasuk demam ringan, nyeri badan, menggigil, dapat muncul beberapa minggu sampai beberapa bulan setelah infeksi. Gejala



menghilang setelah respons imun awal menurunkan jumlah partikel virus, walaupun virus tetap dapat bertahan pada sel-sel lain yang terinfeksi.

Selama periode laten, orang yang terinfeksi HIV mungkin tidak memperlihatkan gejala, atau pada sebagian kasus mengalami limfadenofati (pembengkakan kelenjar getah bening) persisten. Antara 2-10 tahun setelah infeksi HIV, sebagian besar pasien mulai mengalami berbagai infeksi oportunistik, bila tidak ditangani. Penyakit-penyakit ini mengisyaratkan munculnya AIDS dan berupa infeksi ragi pada vagina atau mulut, dan berbagai infeksi virus misalnya varisela zoster (cacar air dan cacar ular), sitomegalovirus, atau herpes simpleks persisten. Wanita dapat menderita ragi kronik atau penyakit radang panggul.

Setelah terbentuk AIDS, sering terjadi infeksi saluran napas, oleh organisme oportunistik *Pneumocystis carinii*. Dapat timbul tuberkulosis yang resisten bermacam-macam obat karena pasien AIDS tidak mampu melakukan respons imun yang efektif untuk melawan bakteri, walaupun dibantu antibiotik. Pasien AIDS yang mengalami tuberkulosis biasanya mengalami perjalanan penyakit yang cepat memburuk yang menyebabkan kematian dalam beberapa bulan. Penyakit biasanya cepat menyebar ke luar paru termasuk otak dan tulang.

Gejala pada susunan saraf pusat adalah sakit kepala, defek motorik, kejang, perubahan kepribadian, dan demensia. Pasien dapat menjadi buta dan akhirnya koma. Banyak dari gejala tersebut timbul karena infeksi bakteri dan virus oportunistik pada SSP, yang menyebabkan peradangan otak. HIV juga dapat secara langsung merusak sel-sel otak.

Diare dan berkurangnya lemak tubuh sering terjadi pada pasien AIDS. Diare terjadi akibat infeksi pada protozoa. Infeksi jamur (thrush) di mulut dan esophagus menyebabkan nyeri hebat sewaktu menelan dan mengunyah, dan ikut berperan menyebabkan berkurangnya lemak dan gangguan pertumbuhan.

Berbagai kanker muncul pada pasien AIDS akibat tidak adanya respons imun selular terhadap sel-sel neoplastik. Kanker yang sebenarnya jarang dijumpai, sarcoma kaposi sering terjadi pada pasien AIDS. Sarkoma kaposi adalah kanker sistem vaskular yang ditandai oleh lesi kulit berwarna merah



Sebagian besar individu pengidap sarkoma kaposi terinfeksi melalui hubungan homoseks. Hasil riset terkini menunjukkan bahwa ko-infeksi disertai virus herpes yang unik, human herpesvirus 8, memicu munculnya sarkoma kaposi.

Menurut WHO ada beberapa gejala dan tanda mayor, minor, dan tanda lainnya antara lain:

- 1) Tanda mayor
 - a) Kehilangan berat badan (BB) > 10%
 - b) Diare kronik > 1 bulan
 - c) Demam > 1 bulan
- 2) Tanda minor
 - a) Batuk menetap > 1 bulan
 - b) Dermatitis pruritis (gatal)
 - c) Herpes zoster berulang
 - d) Kandidiasis orofaring
 - e) Herpes simpleks yang meluas dan berat
 - f) Limfadenopati yang meluas
- 3) Tanda lainnya
 - a. Sarkoma Kaposi yang meluas
 - b. Meningitis kriptokokoal

Penularan HIV

HIV ditularkan dari orang ke orang lain melalui pertukaran cairan tubuh (darah, semen, cairan vagina, air susu bagi ibu yang positif terjangkit). Urin dan isi saluran cerna tidak dianggap sebagai sumber penularan kecuali apabila jelas tampak mengandung darah. Air mata, air liur dan keringat mungkin mengandung virus, tetapi jumlahnya diperkirakan terlalu rendah untuk menimbulkan infeksi.

Selain melalui cairan tubuh, HIV ditularkan melalui :(1). Ibu hamil/menyususi (ASI); (2). Jarum suntik; (3). Transfusi darah; dan (4). Hubungan seksual.

Pengobatan pada penderita HIV/AIDS

- 1) Pengobatan suportif
- 2) Diet sehat dan gaya hidup bebas stress, pendidikan untuk menghindari konsumsi alkohol, merokok, obat-obatan terlarang.



- 3) Terapi retrovirus sangat aktif (*highly active retroviral therapy*, HAART) meliputi pemberian obat antivirus (azidothymidine/AZT) untuk anti kanker, dideoxynosine (DDI) pengurang toksik).

Pencegahan penyakit AIDS meliputi:

- 1) Menghindari hubungan seksual dengan penderita AIDS atau tersangka penderita AIDS.
- 2) Mencegah hubungan seksual dengan pasangan yang berganti-ganti atau dengan orang yang mempunyai banyak pasangan.
- 3) Menghindari hubungan seksual dengan pecandu narkoba obat suntik.
- 4) Melarang orang-orang yang termasuk ke dalam kelompok beresiko tinggi untuk melakukan donor darah.
- 5) Memberikan transfusi darah hanya untuk pasien yang benar-benar memerlukan.
- 6) Memastikan sterilitas alat suntik.

D. Aktivitas Pembelajaran

Sistem Kekebalan Tubuh pada Manusia

Tujuan: Mengidentifikasi konsep-konsep sistem kekebalan tubuh manusia

Alat dan Bahan: Modul

Langkah Kerja:

1. Baca modul tentang sistem kekebalan tubuh pada manusia
2. Diskusikan dalam kelompok
3. Jawab pertanyaan yang ada dengan tepat !

Bahan untuk didiskusikan:

- 1) Membuat peta konsep sistem kekebalan tubuh manusia
- 2) Sebutkan komponen-komponen apa saja yang terlibat dalam sistem imunitas manusia dan jelaskan masing-masing fungsinya.
- 3) Buatlah bagan/skema proses bekerjanya sistem imunitas manusia (bagan/skema)



- 4) Buatlah bagan/skema bagaimana interferon (antivirus alami) bekerja melawan virus
- 5) Jelaskan cara virus HIV melumpuhkan sistem pertahanan tubuh manusia.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Garis pertahanan pertama pada system pertahanan tubuh nonspesifik adalah...
 - A. kulit dan membran mukosa
 - B. kulit dan sel fagosit
 - C. protein anti mikroba dan membrane mukosa
 - D. limfosit dan antibody

2. Sistem kekebalan tubuh nonspesifik internal sangat tergantung pada...
 - A. sel limfosit B
 - B. limfosit T
 - C. antibody
 - D. sel fagosit

3. Sekelompok antimikroba yang terdiri atas 21 protein serum dan termasuk ke dalam pertahanan nonspesifik dikenal dengan nama...
 - A. system kekebalan
 - B. system komplemen
 - C. interferon
 - D. antigen

4. Molekul asing yang mendatangkan suatu respon spesifik dari sitem kekebalan tubuh disebut...
 - A. pirogen
 - B. limfosit T penolong
 - C. limfosit B
 - D. antigen



5. Perkembangan limfosit T terjadi di sumsum tulang, sedangkan pematangannya terjadi di...
 - A. sumsum tulang
 - B. pembuluh darah
 - C. kelenjar timus
 - D. sel induk

6. Jenis limfosit T yang berfungsi menghancurkan sel yang telah terinfeksi adalah...
 - A. Limfosit T penolong
 - B. Limfosit T sitotoksik
 - C. Limfosit T supresor
 - D. Limfosit T memori

7. Respon kekebalan yang bukan termasuk mekanisme pembersihan antigen oleh antibody...
 - A. kekebalan seluler
 - B. kekebalan humoral
 - C. kekebalan buatan
 - D. kekebalan pasif

8. Masing-masing limfosit yang berinteraksi dengan antigen akan berdiferensiasi menjadi...
 - A. sel efektor dan sel fagosit
 - B. sel efektor dan sel memori
 - C. sel B dan sel T
 - D. sel memori dan sel fagosit

9. Pemberian vaksin merupakan upaya membentuk kekebalan...
 - A. aktif alami
 - B. pasif alami
 - C. aktif buatan
 - D. pasif buatan



10. Respon berlebihan terhadap suatu antigen yang masuk ke dalam tubuh disebut...
 - A. alergi
 - B. autoimunitas
 - C. hipersensitif
 - D. myasthenia gravis

11. Autoimunitas yang ditandai dengan diserangnya kelenjar adrenalin oleh antibody adalah...
 - A. myasthenia gravis
 - B. Addison's disease
 - C. alergi
 - D. diabetes mellitus

12. Antibodi monoclonal adalah anti bodi yang...
 - A. dihasilkan oleh klon sel-sel hibridoma
 - B. dihasilkan dari darah hewan yang diimunisasi
 - C. dapat mengenali semua jenis antigen
 - D. memberi kekebalan terhadap virus influenza

13. Produksi antibody monoclonal yang merupakan hasil pemanfaatan salah satu cabang bioteknologi, yaitu....
 - A. teknologi enzim
 - B. teknologi hibridoma
 - C. teknologi DNA rekombinan
 - D. teknologi reproduksi

14. Vaksinasi dapat diberikan per oral, misalnya vaksin untuk mencegah penyakit:
 - A. cacar
 - B. rabies
 - C. tuberculosis
 - D. polio



15. Autoimunitas mengakibatkan beberapa penyakit di bawah ini, kecuali...
- Diabetes mellitus
 - Myasthenia
 - Addison's disease
 - AIDS

F. Rangkuman

Sistem imun adalah sistem pertahanan yang ada pada tubuh manusia yang berfungsi untuk menjaga manusia dari benda-benda yang asing bagi tubuh manusia. Imunitas sendiri adalah ketahanan tubuh kita atau resistensi tubuh kita terhadap suatu penyakit. Fungsi sistem imun terdiri dari tiga, yaitu: 1). Pertahanan, 2). Homeostasi tubuh dan 3). Peremajaan

Berdasarkan responnya terhadap suatu jenis penyakit, sistem imun dibagi menjadi 2 macam, yaitu Sistem Imun Non-Spesifik dan Sistem Imun Spesifik

- non-spesifik adalah sistem imun yang melawan penyakit dengan cara yang sama kepada semua jenis penyakit. Sistem imun ini bekerja dengan cepat dan selalu siap jika tubuh di datangkan suatu penyakit. Sistem imun non-spesifik punya 4 jenis pertahanan: a). Pertahanan Fisik/Mekanis, b). Pertahanan Biokimia, c). Pertahanan Humoral, dan d). Pertahanan Selular
- Spesifik/Adaptif adalah sistem imun yang membutuhkan pajanan atau bisa disebut harus mengenal dahulu jenis mikroba yang akan ditangani. Sistem imun ini bekerja secara spesifik karena respon terhadap setiap jenis mikroba berbeda. Sistem imun ini dibagi menjadi dua yaitu: a). Sistem Imun Spesifik Humoral, dan b). Sistem Imun Spesifik Selular

Mekanisme Respon Imun akan melewati tiga lapis pertahanan sistem imun. Pertahanan lapis pertama berisi sistem imun non-spesifik terutama fisik/mekanis, biokimia, dan humoral. Pertahanan ini akan mencegah masuknya mikroba masuk ke dalam tubuh. Pertahanan lapis kedua berisi sistem imun non-spesifik khususnya yang selular. Pertahanan selular ini nantinya akan mencegah mikroba yang berhasil masuk ke dalam tubuh dengan menghancurkannya. Pertahanan ketiga adalah sistem imun spesifik. Ini akan menangani mikroba yang masih belum ditangani oleh sistem imun non-spesifik.



Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem imun, yaitu: 1). Usia, 2). Jenis kelamin dan 3). Lingkungan

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Belajar pada Modul berikutnya yaitu Kegiatan Pembelajaran 2, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali Kegiatan Belajar ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: KONSEP BIOTEKNOLOGI

Pada masa kini, bioteknologi berkembang dengan pesat. Hal ini terjadi seiring dengan meningkatnya populasi manusia. Dengan meningkatnya populasi manusia otomatis menyebabkan kebutuhan tempat tinggal meningkat. Hal ini menyebabkan areal pertanian berkurang karena digunakan sebagai tempat tinggal. Pada akhirnya produksi pangan tidak seimbang dengan peningkatan populasi manusia. Untuk mengatasi hal tersebut, manusia harus menemukan suatu cara untuk menghasilkan produk pangan yang melimpah dalam kondisi lahan yang semakin berkurang. Salah satu caranya adalah dengan menerapkan bioteknologi.

Bioteknologi menjanjikan penemuan dramatis di abad ke dua puluh satu. Tumbuhan dan hewan dapat dimanipulasi dengan optimal secara genetis untuk memproduksi senyawa-senyawa yang berguna. Contohnya adalah sapi transgenik yang dapat menghasilkan antibodi dalam susu dan tanaman kentang transgenik yang menghasilkan vaksin dalam kentang. Sebuah revolusi hijau baru dengan bantuan bioteknologi sedang berlangsung untuk meningkatkan produksi tanaman pangan. Tanaman dikembangkan untuk menghasilkan pupuk nitrogen sendiri dan pestisida. Selain itu juga dikembangkan pula tanaman yang resisten terhadap herbisida dan meningkatkan hasil panen. Beras, bahan makanan utama bagi sepertiga penduduk dunia, mempunyai kandungan vitamin A yang sedikit. Dengan teknologi rekombinasi gen, diciptakan strain baru yakni padi emas yang kaya akan vitamin A. Hal ini memberikan harapan untuk mengurangi kebutaan karena kekurangan vitamin A pada populasi dunia.

Karena menyangkut peranannya yang begitu luas dalam kehidupan sehari-hari, maka bioteknologi sangatlah penting untuk dipelajari di sekolah dan diharapkan dapat diterapkan dalam menunjang kehidupan sehari-hari.



A. Tujuan

1. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran Biologi.
2. Menjelaskan penerapan hukum-hukum biologi dalam teknologi yang terkait dengan biologi terutama yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. Menjelaskan pengertian dan prinsip dasar bioteknologi
2. Menjelaskan sejarah perkembangan bioteknologi
3. Mendeskripsikan jenis-jenis bioteknologi
4. Mendeskripsikan penerapan bioteknologi di berbagai bidang
5. Menganalisis dampak positif dan negatif bioteknologi.

C. Uraian Materi

1. Pengertian Bioteknologi

Bioteknologi berasal dari kata *bio* (hidup), *tekno* (teknologi), dan *logos* (ilmu) yang secara harfiah berarti ilmu yang mempelajari penerapan prinsip-prinsip biologi. Pada dasarnya, bioteknologi adalah ilmu tentang pemanfaatan makhluk hidup (mikroorganisme, hewan dan tumbuhan) atau bagian makhluk hidup untuk membuat produk atau menyederhanakan proses. Menurut Bull (1982) melalui OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*), bioteknologi sebagai upaya penerapan prinsip ilmiah dan rekayasa pengolahan bahan oleh agen biologi untuk menyediakan barang dan jasa. Adapun Shiva (1994) menyatakan bioteknologi sebagai teknologi pemanfaatan organisme yang bertujuan untuk menghasilkan bahan atau jasa. Kesimpulan dari pengertian-pengertian di atas tersebut bahwa bioteknologi adalah aplikasi berbagai teknik yang menggunakan organisme hidup atau bagiannya untuk menghasilkan produk barang dan/atau jasa yang berguna bagi manusia. Ilmu-ilmu pendukung dalam bioteknologi diantaranya adalah mikrobiologi, biokimia, genetika, biologi sel, teknik kimia, dan enzimologi.



2. Prinsip Dasar Bioteknologi

Berdasarkan pengertian bioteknologi di atas, maka terdapat 4 prinsip dasar bioteknologi, yaitu:

- a) penggunaan agen biologi
- b) menggunakan metode tertentu
- c) dihasilkannya suatu produk turunan
- d) melibatkan banyak disiplin ilmu.

3. Sejarah Perkembangan Bioteknologi

Bioteknologi secara sederhana sudah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Sebagai contoh di bidang teknologi pangan adalah pembuatan bir, roti, maupun keju yang sudah dikenal sejak abad ke-19 adapula pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas-varietas baru di bidang pertanian, serta pemuliaan dan reproduksi hewan. Di bidang medis, penerapan bioteknologi di masa lalu dibuktikan antara lain dengan penemuan vaksin, antibiotik, dan insulin walaupun masih dalam jumlah yang terbatas. Perubahan signifikan terjadi setelah penemuan bioreaktor oleh Louis Pasteur. Dengan alat ini, produksi antibiotik maupun vaksin dapat dilakukan secara masal. Pada tahun 1857 Louis Pasteur mengadakan penelitian. Dalam penelitiannya Louis Pasteur berhasil membuktikan bahwa proses fermentasi merupakan hasil kerja mikroorganisme. Akhirnya atas jasanya Louis Pasteur disebut sebagai “Bapak Bioteknologi Dunia”. Pada akhir tahun 1970-an, bioteknologi mulai dikenal sebagai salah satu revolusi teknologi yang sangat menjanjikan di abad ke 20 ini. Pentingnya bioteknologi secara strategis dan potensinya untuk kontribusi dalam bidang pertanian, pangan, kesehatan, sumberdaya alam dan lingkungan mulai menjadi kenyataan yang semakin berkembang.

Pada masa ini, bioteknologi berkembang sangat pesat terutama di negara negara maju. Kemajuan ini ditandai dengan ditemukannya berbagai macam teknologi misalnya rekayasa genetika, kultur jaringan, rekombinan DNA, pengembangbiakan sel induk, kloning, dan lain-lain. Teknologi ini memungkinkan kita untuk memperoleh penyembuhan penyakit-penyakit genetik maupun kronis yang belum dapat disembuhkan seperti kanker ataupun AIDS.



Penelitian di bidang pengembangan sel induk juga memungkinkan para penderita stroke ataupun penyakit lain yang mengakibatkan kehilangan atau kerusakan pada jaringan tubuh dapat sembuh seperti sediakala. Penerapan bioteknologi di masa ini juga dapat dijumpai pada pelestarian lingkungan hidup akibat pengaruh polusi. Sebagai contoh, pada penguraian minyak bumi yang tertumpah ke laut oleh bakteri, dan penguraian zat-zat yang bersifat toksik (racun) di sungai atau laut dengan menggunakan bakteri jenis baru. Kemajuan di bidang bioteknologi tak lepas dari berbagai kontroversi yang melingkupi perkembangan teknologinya. Lama kelamaan bioteknologi semakin berkembang dan maju sehingga menuntun kearah bioteknologi yang lebih modern seolah memanjakan manusia karena apapun yang dikehendakinya dapat segera terwujud.

Periode perkembangan bioteknologi dari masa ke masa:

a) Periode bioteknologi tradisional (sebelum abad ke-15 M)

Dalam periode ini telah ada teknologi pembuatan minuman bir dan anggur menggunakan ragi (6000 SM), mengembangkan roti dengan ragi (4000 SM), dan pemanfaatan ganggang sebagai sumber makanan yang dilakukan oleh bangsa aztek (1500 SM).

b) Periode bioteknologi ilmiah (abad ke-15 sampai ke-20 M)

Periode ini ditandai dengan adanya beberapa peristiwa berikut ini:

- Tahun 1670: usaha penambangan biji tembaga dengan bantuan mikroba di Rio Tinto, Spanyol.
- Tahun 1686: penemuan mikroskop oleh Antony van Leeuwenhoek yang juga menjadi manusia pertama yang dapat melihat mikroba.
- Tahun 1870: Louis Pasteur menemukan adanya mikroba dalam makanan dan minuman.
- Tahun 1890: alkohol dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor.
- Tahun 1897: penemuan enzim dari ekstrak ragi yang dapat mengubah gula menjadi alkohol oleh Edward Buchner.
- Tahun 1912: pengolahan limbah dengan menggunakan mikroba.
- Tahun 1915: produksi aseton, butanol, dan gliserol dengan menggunakan bakteri.
- Tahun 1928: penemuan zat antibiotik penisilin oleh Alexander Fleming



- Tahun 1994: produksi besar-besaran penisilin
 - Tahun 1953: penemuan struktur asam deoksiribo nukleat (ADN) oleh Crick dan Watson.
- c) Periode bioteknologi modern (abad ke-20 M sampai sekarang)
- Periode ini diawali dengan penemuan teknik rekayasa genetik pada tahun 1970-an. Era rekayasa genetik dimulai dengan penemuan enzim endonuklease restriksi oleh Dussoix dan Boyer. Dengan adanya enzim tersebut memungkinkan kita dapat memotong DNA pada posisi tertentu, mengisolasi gen dari suatu organisme, dan menyisipkan potongan DNA lain (dikenal dengan teknik DNA rekombinan).

Setelah penemuan enzim endonuklease restriksi, dilanjutkan dengan program bahan bakar alkohol dari brazil, teknologi hibridoma yang menghasilkan antibodi monoklonal (1976), diberikannya izin untuk memasarkan produk jamur yang dapat dikonsumsi manusia kepada Rank Hovis Mc. Dougall (1980). Peran teknologi rekayasa genetik pada era ini semakin terasa dengan diizinkannya penggunaan insulin hasil percobaan rekayasa genetik untuk pengobatan penyakit diabetes di Amerika Serikat pada tahun 1982. Insulin buatan tersebut diproduksi oleh perusahaan *Eli Lilly and Company*. Hingga saat ini, penelitian dan penemuan yang berhubungan dengan rekayasa genetik terus dilakukan.

4. Jenis-jenis Bioteknologi

Menurut perkembangannya, secara umum bioteknologi dibagi menjadi dua jenis:

a. Bioteknologi sederhana

Bioteknologi konvensional menerapkan biologi, biokimia, atau rekayasa masih dalam tingkat yang terbatas. Bioteknologi konvensional menggunakan jasad hidup secara utuh. Bioteknologi konvensional atau sederhana, sebagian besar didominasi oleh produk makanan. Beberapa contoh produk bioteknologi konvensional diantaranya: tempe, tauco, kecap, oncom, yoghurt, keju, mentega, dan asinan.



b. Bioteknologi modern

Bioteknologi modern telah menggunakan teknik rekayasa tingkat tinggi dan terarah sehingga hasilnya dapat dikendalikan dengan baik. Teknik yang sering digunakan adalah dengan melakukan manipulasi genetik pada suatu jasad hidup secara terarah sehingga diperoleh hasil sesuai dengan yang diinginkan. Dalam prosesnya, bioteknologi modern dapat berlangsung hingga merubah susunan gen (mutasi gen) yang disebut dengan rekayasa genetika. Beberapa contoh produk bioteknologi modern diantaranya: insulin manusia, vaksin, antibodi monoklonal, dan hormon pertumbuhan.

5. Penerapan Bioteknologi di Berbagai Bidang

a. Bioteknologi dalam bidang pertanian

Di bidang pertanian, bioteknologi telah berperan dalam menghasilkan tanaman tahan hama, bahan pangan dengan kandungan gizi lebih tinggi, dan tanaman yang menghasilkan obat atau senyawa yang bermanfaat.

Bioteknologi seperti transgenik dalam bidang pertanian pada dasarnya telah mulai dikembangkan, namun penolakan-penolakan dari berbagai pihak menyebabkan teknologi ini tidak pesat perkembangannya. Tanaman-tanaman pertanian yang telah berhasil meningkatkan produksi dan kualitas melalui transgenik antara lain kapas, jagung, dan lain-lain.

Tanaman transgenik (*Genetically Modified Plants*) adalah tanaman yang telah disisipi atau memiliki gen asing dari spesies tanaman yang berbeda atau makhluk hidup lainnya. Penggabungan gen asing ini bertujuan untuk mendapatkan tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan, misalnya pembuatan tanaman yang tahan suhu tinggi, suhu rendah, kekeringan, resisten terhadap organisme pengganggu tanaman, serta kuantitas dan kualitas yang lebih tinggi dari tanaman alami. Sebagian besar rekayasa atau modifikasi sifat tanaman dilakukan untuk mengatasi kebutuhan pangan penduduk dunia yang semakin meningkat dan juga permasalahan kekurangan gizi manusia sehingga pembuatan tanaman transgenik juga menjadi bagian dari pemuliaan tanaman.

Hadirnya tanaman transgenik menimbulkan kontroversi masyarakat dunia karena sebagian masyarakat khawatir apabila tanaman tersebut akan mengganggu



keseimbangan lingkungan (ekologi), membahayakan kesehatan manusia, dan mempengaruhi perekonomian global.



Gambar 2.1 Daun kacang non-transgenik (atas) dan transgenik yang tahan serangan hama (bawah) (sumber: <http://id.wikipedia.org/w/index.php>)

b. Bioteknologi dalam bidang peternakan dan perikanan

Penggunaan bioteknologi guna meningkatkan produksi peternakan meliputi : 1) teknologi produksi, seperti inseminasi buatan, embrio transfer, kriopreservasi embrio, fertilisasi in vitro, sexing sperma maupun embrio, cloning dan splitting. 2) rekayasa genetika, seperti genome maps, masker assisted selection, transgenik, identifikasi genetik, konservasi molekuler, 3) peningkatan efisiensi dan kualitas pakan, seperti manipulasi mikroba rumen, dan 4) bioteknologi yang berkaitan dengan bidang veteriner (Gordon, 1994; Niemann dan Kues, 2000).



Gambar 2.2 Proses inseminasi buatan (sumber: <http://babyblue87.files.wordpress.com/2008/11/image092.jpg>)

Teknologi reproduksi yang telah banyak dikembangkan adalah a) transfer embrio berupa teknik *Multiple Ovulation and Embryo Transfer* (MOET). Teknik ini telah diaplikasikan secara luas di Eropa, Jepang, Amerika dan Australia dalam dua dasawarsa terakhir untuk menghasilkan anak (embrio) yang banyak dalam satu kali siklus reproduksi. b) kloning telah dimulai sejak 1980an pada domba. Saat ini pembelahan embrio secara fisik (*splitting*) mampu menghasilkan kembar identik



pada domba, sapi, babi dan kuda. c) produksi embrio secara *in vitro*; teknologi *In vitro Maturation* (IVM), *In Vitro Fertilisation* (IVF), *In Vitro Culture* (IVC), telah berkembang dengan pesat. Kelinci, mencit, manusia, sapi, babi dan domba telah berhasil dilahirkan melalui fertilisasi *in vitro* (Hafes, 1993).

Di Indonesia, transfer embrio mulai dilakukan pada tahun 1987. Dengan teknik ini seekor sapi betina, mampu menghasilkan 20-30 ekor anak sapi pertahun. Penelitian terakhir membuktikan bahwa, menciptakan jenis ternak unggul sudah bukan masalah lagi. Dengan teknologi transgenik, yakni dengan jalan mengisolasi gen unggul, memanipulasi, dan kemudian memindahkan gen tersebut dari satu organisme ke organisme lain, maka ternak unggul yang diinginkan dapat diperoleh. Babi transgenik, di Princeton Amerika Serikat kini sudah berhasil memproduksi hemoglobin manusia sebanyak 10 – 15 % dari total hemoglobin manusia, bahkan laporan terakhir mencatat adanya peningkatan persentasi hemoglobin manusia yang dapat dihasilkan oleh babi transgenik ini.

Penelitian bioteknologi dalam bidang perikanan, di utamakan pada tiga kelompok, yaitu: akuakultur, pemanfaatan produksi alam, dan prosesing bahan makanan yang bernilai ekonomi tinggi. Pengembangan bioteknologi dibidang akuakultur meliputi seleksi, hibridasi, rekayasa kromosom, dan pendekatan biologi molekuler seperti transgenik sangat dibutuhkan untuk menyediakan benih dan induk ikan.

Pada akuakultur, program peningkatan sistem kekebalan ikan telah dilakukan dengan menggunakan vaksin, imunostimulan, probiotik, dan bioremediasi. Vaksin dapat memacu produksi antibiotik spesifik dan hanya efektif untuk mencegah satu patogen tertentu. Imunostimulan merupakan teknik meningkatkan kekebalan yang non spesifik, misalnya *lipopolysaccharide* dan *B-glucan* yang telah diterapkan untuk ikan dan udang di Indonesia. Probiotik diaplikasikan pada pakan atau dalam lingkungan perairan budidaya sebagai penyeimbang mikroba dalam pencernaan dan lingkungan perairan.

Pada tahun 1980 penelitian transgenik pada ikan telah dimulai dengan mengintroduksi gen tertentu kepada organisme hidup lainnya serta mengamati fungsinya secara *in vitro*. Dalam teknik ini, gen asing hasil isolasi diinjeksi secara makro ke dalam telur untuk memproduksi galur ikan yang mengandung gen asing tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan ikan transgenik, yaitu:



1) isolasi gen (*clone DNA*) yang akan diinjeksi pada telur, 2) identifikasi gen pada anak ikan yang telah mendapatkan injeksi gen asing tadi, dan 3) keragaman dari turunan ikan yang diinjeksi gen asing tersebut.

c. Bioteknologi dalam bidang kesehatan dan pengobatan

Penerapan bioteknologi di bidang kesehatan, antara lain dalam pembuatan:

1) Antibiotik

Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroba (bakteri atau jamur), yang dapat menghambat atau membasmi bakteri. Isolasi antibiotik dari mikroorganisme dilakukan secara langsung dan sederhana. Namun, seiring dengan perkembangan jaman, antibiotik kini telah dibuat secara semi sintetik maupun sintetik. Contoh: antibiotic penisilin, streptomisin.

2) Vaksin

Vaksin merupakan mikroorganisme yang telah dilemahkan atau toksinnya dimatikan sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan imunitas. Secara konvensional, pelemahan kuman dilakukan dengan pemanasan atau pemberian bahan kimia. Dengan bioteknologi modern, dilakukan fusi atau transplantasi gen. Contoh: vaksin Hepatitis B, malaria, cacar, dan polio. Selain pada manusia, vaksin juga digunakan untuk melindungi ternak (ayam, sapi dsb) dari serangan berbagai penyakit menular.

3) Insulin

Dahulu, hormon *insulin* yang digunakan pada penderita *Diabetes Mellitus* diekstraksi dari insulin babi atau sapi yang kurang kompatibel dengan tubuh manusia. Insulin pertama kali diproduksi dari kelenjar babi atau sapi secara tradisional. yang masih sederhana dan dalam jumlah terbatas. Saat ini insulin secara massal dihasilkan melalui rekayasa genetika dengan menggunakan enzim dan bakteri. Dampak negatif dari pemberian Insulin secara tradisional dalam jangka waktu yang lama memberikan efek samping berupa gangguan pada mata dan ginjal. Saat ini, produksi insulin akhirnya berkembang ke teknologi modern melalui proses manipulasi genetik dengan menggunakan suplementasi dari kelenjar pankreas manusia.



d. Teknologi Antibodi Monoklonal

Teknologi antibodi monoklonal yaitu teknologi menggunakan sel-sel sistem imunitas yang membuat protein yang disebut antibodi. Sistem kekebalan kita tersusun dari sejumlah tipe sel yang bekerja sama untuk melokalisir dan menghancurkan substansi yang dapat memasuki tubuh kita. Tiap tipe sel mempunyai tugas khusus. Beberapa dari sel tersebut dapat membedakan dari sel tubuh sendiri (*self*) dan sel-sel asing (*non self*). Salah satu dari sel tersebut adalah sel limfosit B yang mampu menanggapi masuknya substansi asing dengan spesivitas yang luar biasa. *Limfosit B (sel B)* adalah jenis *sel* darah putih yang membuat antibodi dan merupakan bagian penting dari respon kekebalan. Langkah pembuatan teknologi monoklonal:

- 1) Langkah pertama adalah dengan menginjeksikan antigen ke dalam tubuh tikus/kelinci percobaan, kemudian limpanya dipisahkan.
- 2) Sel-sel pembentuk antibodi pada limpa dilebur (fusi) dengan sel-sel mieloma (sel kanker)
- 3) Sekitar 1% dari sel limpa adalah sel plasma yang menghasilkan antibodi, sedangkan 10% sel hibridoma akhir terdiri dari sel-sel yang menghasilkan antibodi
- 4) Setiap hibridoma hanya dapat menghasilkan satu antibodi
- 5) Teknik seleksi kemudian dikembangkan untuk mengidentifikasi sel tersebut, kemudian dilakukan pengembangan atau pengklonan berikutnya
- 6) Klona yang diperoleh dari hibridoma berupa antibodi monoklonal. Antibodi monoklonal dapat disimpan beku, kemudian dapat diinjeksikan ke dalam tubuh hewan atau dibiakkan dalam suatu kultur untuk menghasilkan antibodi dalam jumlah yang besar.

Kegunaan antibodi monoklonal cukup beragam. Para ilmuwan berharap dapat menggunakan antibodi monoklonal dalam pengobatan kanker. Beberapa jenis sel kanker membuat antigen yang berbeda dengan protein yang dibuat oleh sel-sel sehat. Dengan teknologi yang ada, dapat dibuat antibodi monoklonal yang hanya menyerang protein dan menyerang sel-sel tanpa mempengaruhi sel-sel yang sehat.



e. Bioteknologi dalam bidang industri dan lingkungan

Penerapan bioteknologi di bidang industri dan lingkungan, antara lain dalam hal:

- 1) Fungi Biokontrol Sebagai Penghasil Enzim-Enzim Hidrolitik Penting Untuk Berbagai Proses Industri Ramah Lingkungan

Berbagai fungi biokontrol, terutama dari genus *Trichoderma*, merupakan penghasil enzim hidrolitik ekstraseluler (disekresi ke luar sel). Sebagai contoh, *Trichoderma reesei* adalah produsen enzim selulase dan xilanase terkenal, dan enzim-enzim ini telah lama dikomersialisasi oleh perusahaan-perusahaan besar seperti Novozyme dan Genencor International.

- 2) Bioremediasi Pencemaran Logam Berat

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Mikroalga contohnya *Spirulina* sp., merupakan salah satu jenis alga yang ini mempunyai kemampuan yang tinggi untuk mengikat ion-ion logam dari larutan dan mengadsorpsi logam berat karena di dalam alga terdapat gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam.

- 3) *Bioleaching*

Bioleaching merupakan aktivitas mikroba untuk melarutkan logam berat dari senyawa yang mengikatnya dalam bentuk ion bebas. Sebagai contoh, bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* mampu memisahkan tembaga dari bijihnya melalui reaksi kimia sehingga melepaskan logam tembaga (Cu) dari batuan.

- 4) Bioteknologi Bahan Bakar Alternatif

Diantaranya, upaya menghasilkan etanol dari hasil fermentasi berbagai bentuk limbah biomassa (biowaste). Produksi etanol di banyak negara menggunakan tanaman pertanian sebagai bahan bakunya, misalnya di Amerika Serikat menggunakan jagung dan di Brazil menggunakan sagu.

6. Dampak Positif dan Negatif Bioteknologi

Menjelang akhir abad ke-20 sebagian besar masyarakat dunia menanti bioteknologi dengan penuh harapan untuk memecahkan berbagai masalah umat



manusia di bumi. Namun sebagian masyarakat memandang bahwa memasuki era bioteknologi sama saja memasuki hutan belantara ketidakpastian tentang dampak yang akan terjadi kemudian hari. Perkembangan bioteknologi sekarang ini akan menimbulkan dampak serius pada dimensi etika dan budaya. Rekayasa genetika menimbulkan masalah-masalah etika serius yang berhubungan dengan pengubahan, manipulasi, penetapan paten dan kepemilikan bentuk-bentuk kehidupan. Berbagai perkembangan di bidang kesehatan juga akan membawa implikasi mendalam pada nilai-nilai budaya. Infrastruktur teknologi dan desakan ekonomi akibat bioteknologi membawa dampak besar pada struktur sosial ekonomi serta pada nilai-nilai budaya, sementara masyarakat luas tidak mendapat informasi dan diasingkan dari pengambilan keputusan tentang arah, batas-batas tujuan dan dampak bioteknologi.

Semua organisme yang ada di bumi telah melampaui proses evolusi selama jutaan tahun akibat keberadaan mereka kini telah mencapai suatu posisi keseimbangan yang optimal. Interaksi antara suatu organisme dengan lingkungannya baik lingkungan biotik maupun abiotik telah mempunyai bentuk khas masing-masing keanekaragaman jenis hubungan ini mempengaruhi bentuk ekosistem kita di bumi. Jadi jelaslah terlihat adanya keterkaitan antara masing-masing organisme musnah, keseimbangan sistem akan terganggu dampak yang akan ditimbulkan bioteknologi dalam sistem ekologi antara lain terjadinya pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida yang berlebihan sehingga penambahan atau pengurangan komponen-komponen ekosistem bukan merupakan hal yang dianggap ringan.

Contoh dampak pemasukan organisme baru ke lingkungan alami adalah pemanfaatan gen anti beku yang terdapat pada suatu jenis ikan yang dapat ditransfer ke ikan yang tidak tahan suhu dingin. Akibatnya yang biasa tidak didapati pada musim dingin sekarang dapat sangat leluasa berkembang biak dan menempati perairan yang dingin. Jadi akibat adanya kejadian ini dapat menimbulkan pemusnahan suatu spesies ikan tertentu, sehingga keseimbangan ekosistem terganggu.

Bioteknologi membawa keuntungan (dampak positif) dalam kehidupan kita sekarang antara lain:

- a. Peningkatan hasil pertanian



- b. Peningkatan gizi produk makanan dan minuman
- c. Mengatasi polusi lingkungan
- d. Melestarikan hewan dan tumbuhan melalui kultur jaringan
- e. Memproduksi obat-obatan dengan cara rekayasa genetika.

Selain membawa dampak positif bagi kehidupan, namun dalam proses maupun hasil bioteknologi membawa dampak negatif, diantaranya:

- a. Pencemaran lingkungan
- b. Produk gen asing
- c. Ekosistem terganggu
- d. Dampak buruk terhadap kesehatan
- e. Masalah etika dan moral
- f. Sistem perekonomian terganggu.

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep bioteknologi, Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan eksperimen, Anda dapat mencobanya mulai dari persiapan alat bahan, melakukan percobaan dan membuat laporannya. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah.

Lembar Kerja 1.

PEMANFAATAN MIKROBA SEBAGAI DEKOMPOSER DALAM PEMBUATAN PUPUK ORGANIK

Pada eksperimen ini anda akan mengetahui manfaat mikroba sebagai dekomposer dalam pembuatan pupuk organik.



Alat dan Bahan

Alat-alat	Bahan
Timbangan	Jerami (potong kecil-kecil)
Cangkul/Sekop	Kotoran ternak (2000gr)/Sisa Sayuran atau makanan
Termohigrometer	CaCO ₃ (secukupnya) Bekatul (secukupnya) Arang sekam (secukupnya) Air (secukupnya/20ml) EM4 (5ml) Gula pasir (5mg) Kompos jadi Karung Sarung tangan Kardus bekas

Langkah kegiatan

1. Pahami keranjang takakura yang akan digunakan.



2. Siapkan keranjang plastic berpori, lapisi bagian dalam dengan kardus bekas, bagian bawah disangga dengan batu bata (biar terjadi sirkulasi). Semprot bagian dalam dan luar kardus dengan starter cair (EM4).



3. Siapkan 2 bantal arang sekam dengan cara memasukkan sekam ke dalam kantong kain yang berpori. Semprot bagian dalam dan luar kardus dengan starter cair (EM4).
4. Siapkan kompos jadi yang mau dijadikan starter (kira-kira ketebalan 5cm).
5. Campurkan sampah dan bahan-bahan lain yang digunakan.
6. Susun yang sudah disiapkan di atas sesuai dengan gambar.
7. Monitor perubahan yang terjadi (suhu, kelembaban, pH serta perubahan fisik) dan hentikan proses pembuatan pupuk sama halnya dengan yang dilakukan pada pembuat cara pertama.
8. Hentikan proses pembuatan pupuk organik tersebut pada saat campuran sudah tidak terlalu panas (biasanya adalah 4 hari). Deteksi hal tersebut dengan cara memasukkan tangan/jari ke dalam campuran. Jika masih terlalu panas maka proses dekomposisi belum selesai.
9. Catat perubahan yang terjadi.
10. Jika pupuk sudah didapatkan aplikasikan untuk digunakan dalam menanam sayuran atau yang lain. Bedakan bagaimana hasil yang didapatkan.

Kolom Pengamatan

No	Jenis Sampah	Perubahan pH			Perubahan suhu			Perubahan Kelembaban			Perubahan fisik
		yang terjadi pada hari ke									
		0	2	4	0	2	4	0	2	4	
1	Kontrol (tanpa mikroba)										
2	Perlakuan (mikroba)										

Bahan Diskusi

- a. Jelaskan peran masing-masing bahan yang digunakan.
- b. Berdasarkan data yang sudah Anda dapatkan apakah ada perbedaan pada masing-masing perlakuan. Mengapa demikian?
- c. Jelaskan apa peran detail dari mikroba yang Anda gunakan?



E. Latihan/Kasus/Tugas

Soal Pilihan Ganda

1. Alasan penggunaan mikroorganisme dalam bioteknologi adalah sebagai berikut, kecuali....
 - A. tidak membutuhkan keahlian khusus
 - B. mudah dibiakkan
 - C. tidak bergantung iklim dan cuaca
 - D. memproses bahan baku cepat
2. Ciri khusus dari bioteknologi modern adalah....
 - A. tekniknya baru ditemukan
 - B. memerlukan alat yang mahal
 - C. adanya rekayasa genetika
 - D. agen biologi yang digunakan bersifat alami
3. Mengapa hingga kini proses dan produk bioteknologi konvensional masih tetap digunakan?
 - A. biayanya murah
 - B. memerlukan alat yang mahal
 - C. memerlukan keahlian khusus
 - D. produk yang dihasilkan lebih terarah
4. Manakah diantara pilihan di bawah ini yang bukan termasuk ke dalam produk bioteknologi?
 - A. oncom
 - B. kecap
 - C. roti
 - D. dodol
5. Nata de coco merupakan produk bioteknologi sederhana yang terbuat dari....
 - A. sari nanas
 - B. susu



- C. air kelapa
D. santan kelapa
6. Hubungan yang paling tepat antara bahan makanan, jenis mikroorganisme, dan produk yang dihasilkan dalam penerapan bioteknologi pengembangan bahan pangan terdapat pada nomor ...

Bahan	Diproses oleh Mikroorganisme	Menjadi
A. Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>	Tempe
B. Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>	Nata de coco
C. Kedelai	<i>Rhizopus oligosporus</i>	Kecap
D. Ubi	<i>Saccharomyces elipsoides</i>	Anggur/Wine

7. Salah satu produk bioteknologi yang terbuat dari bahan susu dengan menggunakan mikroorganisme *Penicillium roquiforti* adalah....
- A. Yoghurt
B. nata de coco
C. mentega
D. keju
8. Bahan dasar pembuatan angkak adalah....
- A. padi
B. beras merah
C. tepung terigu
D. kedelai
9. Implikasi bioteknologi bagi kehidupan manusia umumnya bermanfaat dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Tetapi dampak negatif yang mungkin timbul adalah hilangnya plasma nutfah yang akan menyebabkan ...
- A. punahnya organisme langka
B. keanekaragaman hayati menurun



- C. berkurangnya bibit unggul
 - D. hilangnya daya dukung lingkungan
10. Pemanfaatan aplikasi bioteknologi untuk pemenuhan kebutuhan pangan sudah mulai beralih ke pemanfaatan PST (Protein Sel Tunggal) karena memiliki kelebihan berikut, kecuali ...
- A. pertumbuhannya cukup tinggi
 - B. sumber energinya cukup banyak
 - C. nilai ekonomi tinggi
 - D. mudah pemeliharaannya.

F. Rangkuman

Bioteknologi merupakan suatu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang pemanfaatan makhluk hidup sehingga dapat menghasilkan barang atau jasa untuk kepentingan hidup manusia. Selain itu, bioteknologi juga berarti penggunaan biokimia, mikrobiologi dan rekayasa kimia secara terpadu dengan tujuan memperoleh penerapan teknologi di bidang industri, kesehatan dan pertanian dari kapasitas mikroba, sel atau jaringan sebagai kultur.

Berdasarkan proses dan peralatan yang digunakan, bioteknologi dapat dibedakan atas bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

1. Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional merupakan praktik bioteknologi yang dilakukan dengan cara dan peralatan yang sederhana, tanpa melakukan rekayasa genetika. Contoh produk bioteknologi konvensional diantaranya: tempe, tauco, kecap, oncom, yoghurt, keju, mentega, dan asinan.

2. Bioteknologi Modern

Bioteknologi modern merupakan praktik bioteknologi yang diperkaya dengan teknik rekayasa genetika. Dengan teknik tersebut, manusia dapat mengontrol produk yang dihasilkan sesuai keinginannya. Contohnya, dihasilkannya tanaman tahan hama dan penyakit, buah-buahan bersifat tahan lama dan ternak yang mampu menghasilkan susu dalam jumlah yang lebih banyak.



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silahkan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan Pembelajaran ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: METABOLISME PROTEIN DAN LEMAK

Lemak dan protein juga dapat digunakan sebagai sumber energi bagi tubuh. Seperti proses metabolisme karbohidrat, metabolisme protein juga melalui beberapa tahapan reaksi sehingga akhirnya masuk ke dalam katabolisme karbohidrat. Oleh karena itu, dalam pembelajaran ini akan didiskusikan pengetahuan tentang metabolisme lemak dan protein, serta kaitannya dengan metabolisme karbohidrat. Materi dalam pembelajaran ini disusun untuk membimbing guru dalam mencapai kompetensi sesuai dengan silabus diklat yang telah ditetapkan.

A. Tujuan

Kegiatan pembelajaran ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan guru tentang topik metabolisme lemak dan protein. Lebih rinci lagi, kegiatan pembelajaran ini membekali pengetahuan kepada guru tentang faktor-faktor yang terlibat dan yang mempengaruhi proses katabolisme lemak dan protein, perannya, tahapan proses katabolisme lemak dan protein, serta keberkaitannya dengan proses katabolisme karbohidrat.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Setelah melakukan pembelajaran ini guru mampu:

1. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat katabolisme lemak
2. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat katabolisme protein
3. Menjelaskan peran proses katabolisme lemak
4. Menjelaskan peran proses katabolisme Protein
5. Menjelaskan tahapan proses katabolisme lemak
6. Menjelaskan tahapan proses katabolisme Protein
7. Membedakan proses katabolisme lemak dan protein
8. Mengaitkan proses katabolisme lemak, protein dan karbohidrat



C. Uraian Materi

1. Metabolisme Lemak

Lemak adalah kelompok senyawa heterogen yang berkaitan, baik secara aktual maupun potensial dengan asam lemak. Lemak mempunyai sifat umum yang relatif tidak larut dalam air dan larut dalam pelarut non polar seperti eter, kloroform dan benzena. Dalam tubuh, lemak berfungsi sebagai sumber energi yang efisien secara langsung dan secara potensial bila disimpan dalam jaringan adiposa. Lemak berfungsi sebagai penyekat panas dalam jaringan subkutan dan sekeliling organ-organ tertentu, dan lipin non polar bekerja sebagai penyekat listrik yang memungkinkan perambatan cepat gelombang depolarisasi sepanjang syaraf bermialin.

Klasifikasi lemak terdiri dari: lemak sederhana, lemak campuran dan lemak turunan (*derived lemak*). Lemak sederhana adalah ester asam lemak dengan berbagai alkohol. Lemak sederhana terdiri dari lemak dan lilin. Lemak merupakan ester asam lemak dengan gliserol. Lemak dalam tingkat cairan dikenal sebagai minyak oli. Lilin (*waxes*) adalah ester asam lemak dengan alkohol monohidrat yang mempunyai berat molekul lebih besar. Lemak campuran adalah ester asam lemak yang mengandung gugus tambahan selain alkohol dan asam lemak. Lemak campuran terdiri dari fosfolemak, glikolemak dan lemak campuran lain. Fosfolemak merupakan lemak yang mengandung residu asam fosfat sebagai tambahan asam lemak dan alkohol.

Fosfolemak juga memiliki basa yang mengandung nitrogen dan pengganti (*substituen*) lain. Pada banyak fosfolemak, misalnya gliserofosfolemak, alkoholnya adalah gliserol, tetapi pada yang lain, misalnya sfingofosfolemak, alkoholnya adalah sfingosin. Glikolemak adalah campuran asam lemak dengan karbohidrat yang mengandung nitrogen tetapi tidak mengandung asam fosfat. Lemak campuran lain seperti sulfolemak dan aminolemak. Lipoprotein juga dapat ditempatkan dalam katagori ini. Lemak turunan adalah zat yang diturunkan dari golongan-golongan diatas dengan hidrolisis. Ini termasuk asam lemak (jenuh dan tidak jenuh), gliserol, steroid, alkohol disamping gliserol dan sterol, aldehida lemak dan benda keton. Gliserida (asil-gliserol), kolesterol dan ester kolesterol dinamakan lemak netral karena tidak bermuatan.



a. Sintesis Lemak

Biosintesis asam lemak dari asetil koenzim A terjadi di hampir semua bagian tubuh hewan, terutama dalam jaringan hati, jaringan lemak dan kelenjar susu. Biosintesis ini berlangsung melalui mekanisme yang dalam beberapa hal berbeda dengan oksidasi asam lemak. Secara keseluruhan biosintesis asam lemak terbagi menjadi tiga tahap utama.

1. Tahap pertama pembentukan malonil koenzim A dari asetil koenzim A.
2. Tahap kedua adalah pemanjangan rantai asam lemak sampai terbentuknya asam palmitat secara kontinu dengan tiap kali penambahan malonil koenzim A dan pelepasan CO_2 .
3. Tahap ketiga adalah pemanjangan rantai asam palmitat secara bertahap bergantung pada keadaan dan komposisi faktor penunjang reaksi di dalam sel.

b. Jalur-jalur Metabolisme Lemak

Lemak yang kita peroleh sebagai sumber energi utamanya adalah dari lemak netral, yaitu trigliserid (ester antara gliserol dengan 3 asam lemak). Secara ringkas, hasil dari pencernaan lemak adalah asam lemak dan gliserol, selain itu ada juga yang masih berupa monogliserid. Karena larut dalam air, gliserol masuk sirkulasi portal (vena porta) menuju hati.

Sebagian besar asam lemak dan monogliserida tidak larut dalam air ke dalam sel epitel usus (enterosit) dalam bentuk emulsi. Di dalam sel ini asam lemak dan monogliserida segera dibentuk menjadi trigliserida (lemak) dan berkumpul berbentuk gelembung yang disebut kilomikron. Selanjutnya, kilomikron ditransportasikan melalui pembuluh limfe dan bermuara pada vena kava, sehingga bersatu dengan sirkulasi darah. Kilomikron ini kemudian ditransportasikan menuju hati dan jaringan adiposa.

Di dalam sel-sel hati dan jaringan adiposa, kilomikron segera dipecah menjadi asam-asam lemak dan gliserol. Selanjutnya asam-asam lemak dan gliserol tersebut, dibentuk kembali menjadi simpanan trigliserida. Proses pembentukan trigliserida ini dinamakan esterifikasi. Sewaktu-waktu jika kita membutuhkan energi dari lemak, trigliserida dipecah menjadi asam lemak dan gliserol, untuk

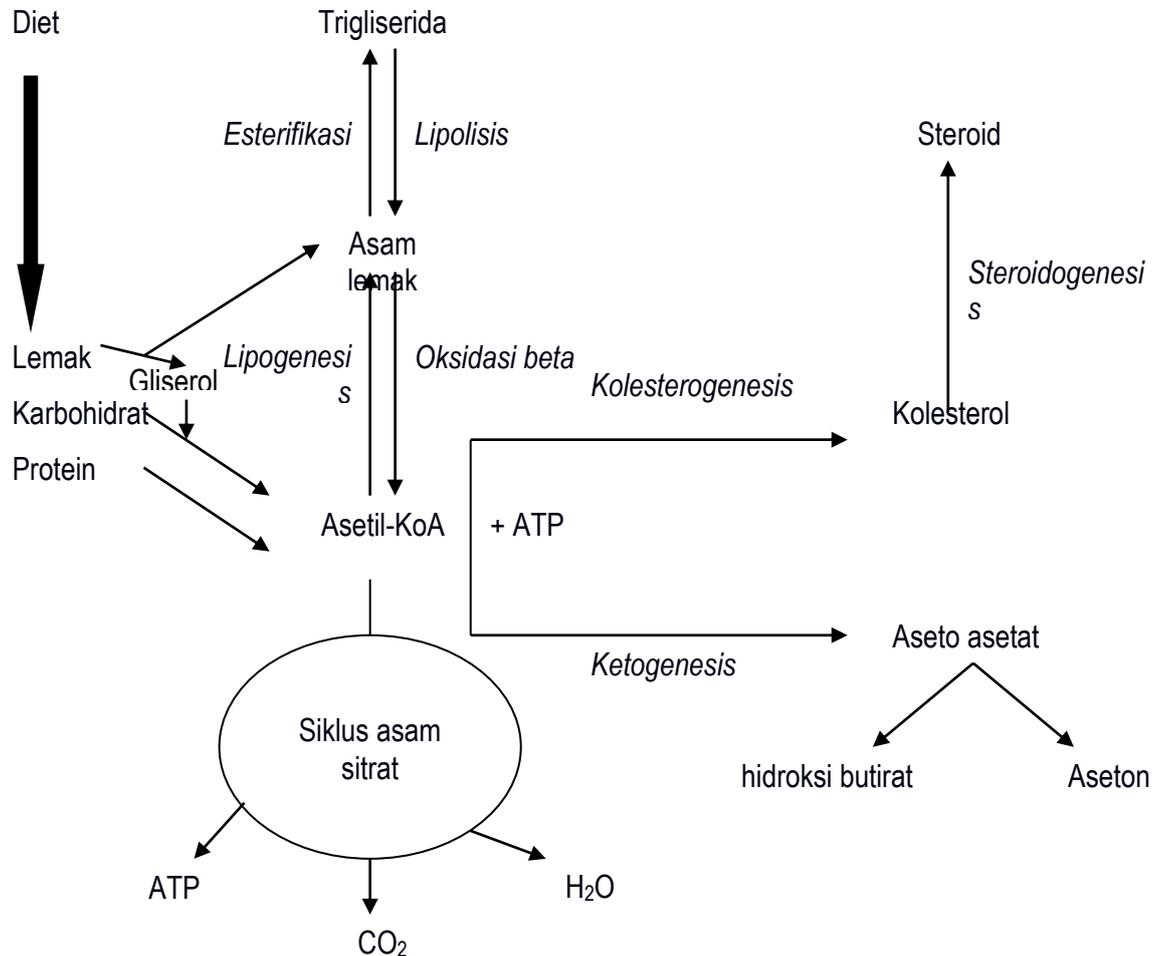


ditransportasikan menuju sel-sel untuk dioksidasi menjadi energi. Proses pemecahan lemak jaringan ini dinamakan lipolisis. Asam lemak tersebut ditransportasikan oleh albumin ke jaringan yang memerlukan dan disebut sebagai asam lemak bebas (*free fatty acid/FFA*).

Secara ringkas, hasil akhir pemecahan lemak dari makanan adalah asam lemak dan gliserol. Jika sumber energi dari karbohidrat telah mencukupi, maka asam lemak mengalami esterifikasi yaitu membentuk ester dengan gliserol menjadi trigliserida sebagai cadangan energi jangka panjang. Jika sewaktu-waktu tak tersedia sumber energi dari karbohidrat barulah asam lemak dioksidasi, baik asam lemak dari diet maupun jika harus memecah cadangan trigliserida jaringan. Proses pemecahan trigliserida ini dinamakan lipolisis.

Proses oksidasi asam lemak dinamakan oksidasi beta dan menghasilkan asetil KoA. Selanjutnya asetil KoA akan masuk ke dalam siklus asam sitrat sehingga dihasilkan energi. Di sisi lain, jika kebutuhan energi sudah mencukupi, asetil KoA dapat mengalami lipogenesis menjadi asam lemak dan selanjutnya dapat disimpan sebagai trigliserida.

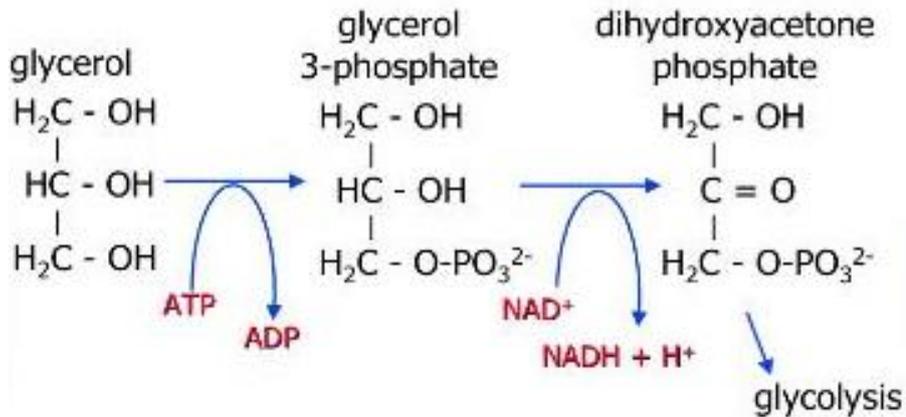
Beberapa lemak non gliserida disintesis dari asetil KoA. Asetil KoA mengalami kolesterologenesis menjadi kolesterol. Selanjutnya, kolesterol mengalami steroidogenesis membentuk steroid.



Gambar 3.1 Jalur Metabolisme Lemak

1) Metabolisme gliserol

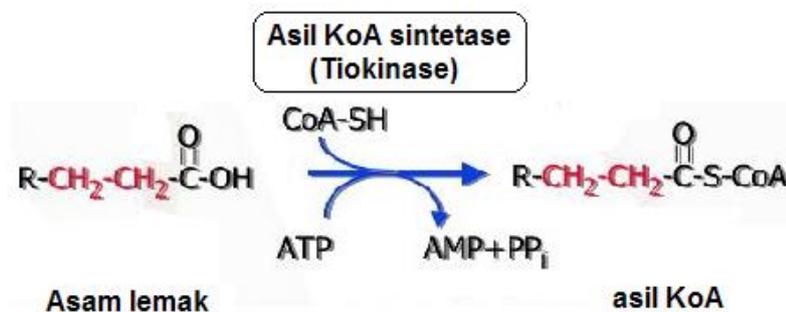
Gliserol sebagai hasil hidrolisis lemak (trigliserida) dapat menjadi sumber energi. Gliserol ini selanjutnya masuk ke dalam jalur metabolisme karbohidrat yaitu glikolisis. Pada tahap awal, gliserol mendapatkan 1 gugus fosfat dari ATP membentuk gliserol 3-fosfat. Selanjutnya senyawa ini masuk ke dalam rantai respirasi membentuk dihidroksi aseton fosfat, suatu produk antara dalam jalur glikolisis.



Gambar 3.2 Reaksi-Reaksi Kimia Metabolisme Gliserol

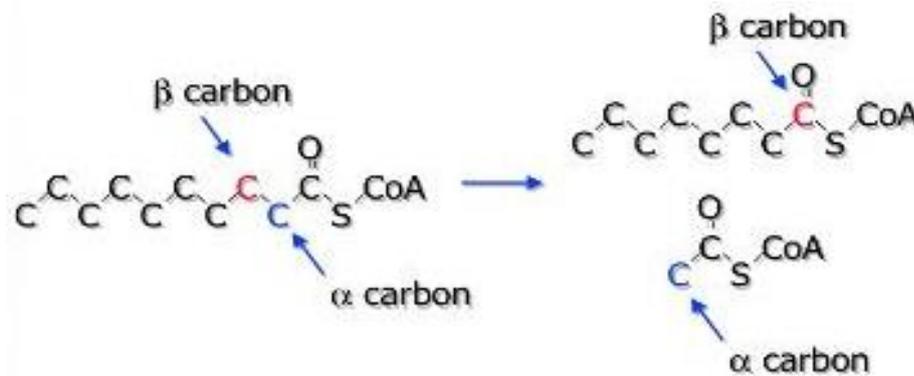
2) Oksidasi asam lemak (oksidasi beta)

Untuk memperoleh energi, asam lemak dapat dioksidasi dalam proses yang dinamakan oksidasi beta. Sebelum dikatabolisir dalam oksidasi beta, asam lemak harus diaktifkan terlebih dahulu menjadi asil-KoA. Dengan adanya ATP dan Koenzim A, asam lemak diaktifkan dengan dikatalisir oleh enzim asil-KoA sintetase (Tiokinase).



Gambar 3.3. Aktivasi Asam Lemak Menjadi Asil KoA

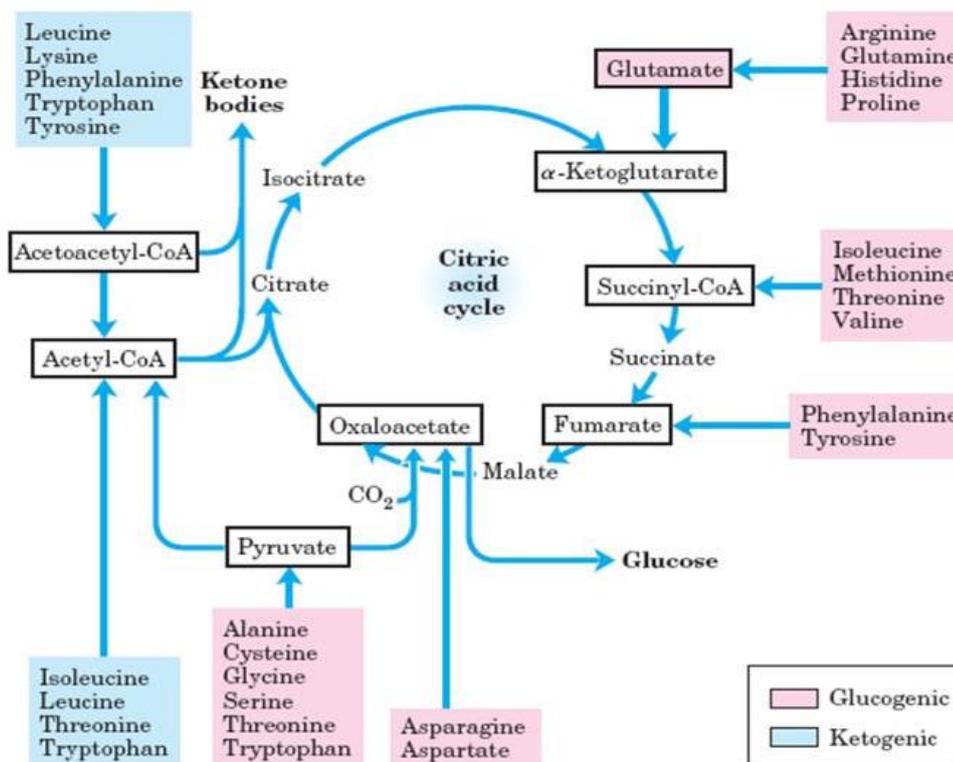
Dalam oksidasi beta, asam lemak masuk ke dalam rangkaian siklus dengan 5 tahapan proses dan pada setiap proses, diangkat 2 atom C dengan hasil akhir berupa asetil KoA. Selanjutnya asetil KoA masuk ke dalam siklus asam sitrat. Dalam proses oksidasi ini, karbon β asam lemak dioksidasi menjadi keton.



Gambar 3.4 Oksidasi karbon β menjadi keton

2. Metabolisme protein

Protein dicerna menjadi asam-asam amino. Selanjutnya asam-asam amino tersebut masuk ke jalur metabolisme menjadi piruvat, asetil KoA, atau langsung masuk ke jalur siklus Krebs.



Gambar 3.5 Jalur Metabolisme Asam Amino

Fungsi protein meliputi: (1) struktur penting untuk jaringan urat daging, tenunan pengikat, kolagen, rambut, bulu, kuku dan bagian tanduk serta paruh, (2) sebagai komponen protein darah, albumin dan globulin yang dapat



membantu mempertahankan sifat homeostatis dan mengatur tekanan osmosis, (3) terlibat dalam proses pembekuan darah sebagai komponen fibrinogen, tromboplastin, (4) membawa oksigen ke sel dalam bentuk sebagai hemoglobin, (5) Sebagai komponen lipoprotein yang berfungsi mentransportasi vitamin yang larut dalam lemak dan metabolit lemak yang lain, (6) sebagai komponen enzim yang bertugas mempercepat reaksi kimia dalam sistem metabolisme dan (7) sebagai nukleoprotein, glikoprotein dan vitellin.

Protein merupakan gabungan asam-asam amino dengan cara ikatan peptida, yaitu suatu ikatan antara gugus amino (NH_2) dari suatu asam dengan gugus karboksil dari asam yang lain, dengan membebaskan satu molekul air (H_2O). Protein disusun oleh 22 macam asam amino, tetapi dari ke 22 macam asam amino tersebut yang berfungsi sebagai penyusun utama protein sebanyak 20 macam. Dari 20 macam asam amino tersebut ternyata ada sebagian yang dapat disintesis dalam tubuh ternak, sedang sebagian lainnya tidak dapat disintesis dalam tubuh unggas sehingga harus didapatkan dari pakan.

Asam amino yang harus ada atau harus didapatkan dari pakan disebut asam amino esensial dalam pakan (*dietary essential amino acid* atau *indispensible amino acid*). Asam amino yang termasuk dalam kelompok ini adalah metionin, arginin, treonin, triptofan, histidin, isoleusin, leusin, lisin, valin dan fenilalanin. Asam amino yang dapat disintesis dalam tubuh disebut asam amino non esensial dalam pakan, tetapi apabila esensial untuk metabolisme maka disebut pula sebagai asam amino esensial metabolik (*metabolic essential amino acid* atau *dispensable amino acid*). Asam amino yang termasuk kelompok ini adalah : alanin, asam aspartat, asam glutamat, glutamin, hidroksiprolin, glisin, prolin dan serin.

Disamping itu ada pengelompokan asam amino setengah esensial (*semi essential amino acid* atau *semi dispensable amino acid*) karena asam amino ini hanya dapat disintesis dalam tubuh dalam jumlah yang terbatas dari substrat tertentu. Asam amino yang termasuk dalam kelompok ini adalah tirosin, sistin dan hidroksilis. Beberapa hasil sintesa asam amino dibawah ini merupakan gambaran terjadinya penguraian dan pembentukan asam amino non esensial.



a. Pencernaan dan Penyerapan Protein

Pencernaan pada unggas dimulai dari paruh dan diakhiri pada kloaka. Sementara pencernaan pada non unggas dimulai dari mulut sampai anus. Setelah makanan melewati paruh akan disimpan sementara dalam tembolok, kemudian makanan akan menuju bagian proventrikulus yang akan mengalami proses pencernaan hidrolisis/enzimatis. Sementara pada non unggas, makanan yang masuk langsung menuju lambung. Pencernaan tersebut dimulai dengan kontraksi otot (proventrikulus pada unggas atau lambung pada non unggas) yang akan mengaduk-aduk makanan dan mencampurkannya dengan getah lambung yang terdiri dari HCl dan pepsinogen (enzim yang tidak aktif).

Pepsinogen apabila bereaksi dengan HCl akan berubah menjadi pepsin (enzim aktif). HCl dan pepsin akan memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti polipeptida, protease, pepton dan peptida. Aktivitas optimum pepsin dijumpai pada pH sekitar 2,0. Apabila makanan sudah berubah menjadi khim (bubur usus dengan warna kekuningan dan bersifat asam) maka akan didorong masuk ke ventrikulus pada unggas atau langsung masuk usus halus pada non unggas. Keasaman (pH) ventrikulus berkisar antara 2,0 sampai dengan 3,5. Dalam ventrikulus, kimus akan mengalami proses pencernaan mekanis dengan cara penggilasan dan pencampuran oleh kontraksi otot-otot ventrikulus. Setelah itu, kimus kemudian didorong ke dalam usus halus. Usus halus terdiri dari duodenum, jejunum dan ileum. Kimus kemudian akan bercampur dengan empedu yang dihasilkan oleh sel hati. Fungsi empedu adalah untuk menetralkan kimus yang bersifat asam dan menciptakan pH yang baik (sekitar 6 sampai dengan 8) untuk kerja enzim pankreas dan enzim usus.

Pankreas menghasilkan endopeptidase berupa enzim tripsinogen dan kimotripsinogen. Enzim tripsinogen apabila bereaksi dengan enterokinase akan berubah menjadi tripsin. Setelah terbentuk, tripsin akan membantu meneruskan aktivasi tripsinogen, dan tripsin sendiri mengaktifkan kimotripsinogen menjadi kimotripsin. Berbagai endopeptidase yaitu, pepsin, tripsin dan kimotripsin akan memecah ikatan-ikatan di dekat asam amino tertentu. Kerja sama enzim ini diperlukan dalam proses fragmentasi molekul protein. Pepsin hanya memecah ikatan yang dekat dengan fenilalanin, triptofan, metionin, leusin atau tirosin. Tripsin hanya memecah ikatan yang dekat dengan arginin atau lisin dan



kimotripsin akan memecah ikatan yang dekat dengan asam amino aromatik, atau metionin. Eksopeptidase yang terdiri dari karboksipeptidase dan aminopeptidase yang disekresikan oleh pankreas dan usus halus akan bekerja pada ikatan peptida terminal, dan memisahkan asam amino satu demi satu. Karboksipeptidase memecah asam amino terminal dengan gugus karboksil bebas sedangkan aminopeptidase memisahkan asam amino terminal dengan gugus amino (NH_2) bebas. Produk akhir dari pencernaan protein adalah asam amino dan peptida. Lebih dari 60 persen protein dicerna dalam duodenum sisanya dicerna dalam jejunum dan ileum. Makanan yang tidak dicerna akan didorong memasuki usus besar.

Penyerapan dimulai dengan membesarnya usus karena adanya kimus, otot yang teregang bereaksi karena kontraksi. Beberapa kontraksi menyebabkan kontraksi lokal, disebut segmentasi, yang membantu dalam mencampurkan kimus. Kontraksi lain yang disebut peristalsis lebih menyerupai gelombang. Satu lapisan otot dinding usus berkontraksi sepanjang beberapa sentimeter dan diikuti dengan lapisan lainnya. Kontraksi demikian ini menggerakkan makanan melalui jarak pendek. Mukosa usus terdiri dari lapisan otot licin, jaringan ikat dan akhirnya epitel kolumnar sederhana dekat lumen. Pada epitel pelapis tersebut terdapat banyak sel goblet yang menghasilkan lendir dan sekresinya membantu melicinkan makanan dan melindungi lapisan usus terhadap kelecetan dan luka-luka karena zat-zat kimia. Pada mukosa terdapat banyak vilus (jonjot) kecil berbentuk jejari tempat terdapat pembuluh darah dan pembuluh limfa kecil. Lipatan sirkular dalam mukosa usus, vilus dan mikrovilus membentuk suatu permukaan yang sangat luas untuk absorpsi (penyerapan).

Pada dasar vilus terdapat bagian yang berbentuk tabung yang disebut kriptas Lieberkuhn. Pembelahan mitotik sel-sel epitel pada dasar kriptas akan terus menerus menghasilkan sel baru yang pindah keluar melalui vilus dan terlepas. Dalam perjalanan keluar, sel-sel itu berubah menjadi sel-sel goblet yang menghasilkan lendir dan sel-sel absorpsi. Lapisan epitel ini akan menyerap air dan zat-zat makanan. Eksopeptidase usus terdapat juga pada permukaan membran sel absorpsi dari vilus dan sel-sel yang sama ini juga merupakan tempat absorpsi asam amino. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa asam-asam amino L-isomer lebih siap diabsorpsi dibandingkan dengan asam-



asam amino D-isomer. Perbedaan ini ditandai dengan tingkat absorpsi diantara asam-asam amino itu sendiri. Tingkat absorpsi pada 18 L-asam amino tergantung pada berat molekul, tetapi asam amino dengan ujung rantai non polar seperti metionin, valin, dan leusin lebih siap diabsorpsi dibandingkan dengan asam amino dengan rantai polar. Dijumpai juga bahwa L-metionin dan L-histidin diabsorpsi lebih cepat dibandingkan dengan D-isomer.

Transport asam amino dari lumen usus halus ke sel mukosa melalui proses aktif dengan menggunakan gradien konsentrasi. Mekanisme transport membutuhkan energi khusus untuk bentuk L dari asam amino. Bentuk D dari asam amino lebih lambat diserap dibandingkan dengan bentuk L. Tiga mekanisme transport dideteksi dalam mukosa intestinal. Sistem pertama khusus untuk monoamino-monokarboksilat atau asam amino netral, sistem kedua untuk arginin, lisin dan asam amino basic seperti sistin, dan sistem ketiga untuk dikarboksilat atau asam amino acidic.

Secara umum asam-asam amino setelah diserap oleh usus akan masuk ke dalam pembuluh darah, yang merupakan percabangan dari vena portal. Vena portal membawa asam-asam amino tersebut menuju sinusoid hati, dimana akan terjadi kontak dengan sel-sel epitel hati. Darah yang berasal dari sinusoid hati kemudian melintas menuju ke sirkulasi umum melalui vena-vena sentral dari hati menuju ke vena hepatic, yang kemudian masuk ke vena kava kaudal.

b. Siklus Metabolisme Energi dari Protein

Metabolisme protein tidak secara langsung terlibat dalam memproduksi energi. Tetapi metabolisme protein terlibat dalam produksi enzim, hormon, komponen struktural, dan protein darah dari sel-sel badan dan jaringan. Metabolisme energi yang berasal dari protein didahului dengan degradasi protein menjadi asam-asam amino. Kemudian asam-asam amino dilepas gugus aminonya melalui deaminasi oksidatif di sel-sel hati. Hasil deaminasi akan masuk dalam siklus Krebs guna pembentukan energi, atau melalui piruvat dan asetil koenzim A sebelum masuk siklus Krebs.

Kerangka karbon dari asam-asam amino alanin, sistein, sistin, glisin, treonin, serin dan hidrosiprolin diubah menjadi piruvat. Pembentukan piruvat dari glisin dapat terjadi dengan konversi menjadi serin yang dikatalisis oleh enzim serin



hidroksimetiltransferase. Reaksi alanin transaminase dan serin dehidratase, keduanya memerlukan piridoksal fosfat sebagai koenzim. Reaksi serin dehidratase berlangsung melalui pembuangan H_2O dari serin, membentuk suatu asam amino tidak jenuh. Kemudian disusun kembali menjadi asam α -amino yang terhidrolisis spontan menjadi piruvat dan amonia.

Jalan katabolik utama dari sistin adalah konversi menjadi sistein yang dikatalisis oleh enzim sistin reduktase. Setelah itu akan bergabung dengan katabolisme sistein. Sistein dikatabolisme melalui dua jalan katabolisme utama yaitu jalan oksidasi langsung (sistein sulfinat) dan jalan transaminasi (3-merkaptopiruvat). Kedua jalan tersebut memerlukan enzim transaminase.

Treonin dibelah menjadi asetaldehida dan glisin oleh treonin aldolase. Kemudian asetaldehida membentuk asetil koenzim A, sementara glisin sudah dibicarakan diatas. Tiga dari lima karbon 4-hidroksi-L-prolin dikonversi menjadi piruvat, dua sisanya membentuk glikosilat. Kemudian tahap akhir reaksi melibatkan aldolase yang memecah hidroksiprolin menjadi piruvat dan glioksilat.

Semua asam amino yang membentuk piruvat dapat dikonversi menjadi asetil koenzim A. Disamping itu ada lima asam amino yang membentuk asetil koenzim A tanpa membentuk piruvat lebih dahulu. Asam-asam amino tersebut adalah fenilalanin, tirosin, triptofan, lisin dan leusin. Fenilalanin mula-mula dikonversi menjadi tirosin oleh fenilalanin hidroksilase. Lima reaksi enzimatik berurutan mengkonversi tirosin menjadi fumarat dan asetoasetat, yaitu (1) transaminasi menjadi p-hidroksifenilpiruvat, (2) oksidasi dan migrasi sekaligus dari rantai samping 3-karbon dan dekarboksilasi yang membentuk homogentisat, (3) oksidasi homogentisat menjadi maleilasetoasetat, (4) isomerisasi maleilasetoasetat menjadi fumarilasetofumarat dan (5) hidrolisis fumarilasetoasetat menjadi fumarat dan osetoasetat. Asetoasetat selanjutnya dapat mengalami pembelahan tiolitik menjadi asetat dan asetil koenzim A.

L-lisin dikonversi menjadi α -aminoadipat dan α -ketoadipat. L-lisin pertama kali berkondensasi dengan α -ketoglutarat yang memecah air dan membentuk basa Schiff. Kemudian direduksi menjadi sakaropin oleh dehidrogenase dan kemudian dioksidasi oleh dehidrogenase kedua. Penambahan air membentuk L-glutamat dan L- α -aminoadipat- δ -semialdehida. Katabolisme lebih lanjut dari α -



aminoadipat memerlukan transaminasi menjadi α -ketoadipat, yang mungkin diikuti oleh dekarboksilasi oksidatif menjadi glutaril-KoA.

Triptofan oksigenase (triptofan pirolase) mengkatalisis pembelahan cincin dengan inkorporasi 2 atom oksigen yang membentuk N-formilkinurenin. Oksigenasenya adalah metaloprotein besiforfinin. Pengeluaran gugus formil dari N-formilkinurenin secara hidrolitik dikatalisis oleh kinurenin formilase yang menghasilkan kinurenin. Kemudian dideaminasi dengan transaminase gugus amino rantai samping ke ketoglutarat. Metabolisme lebih lanjut dari kinurenin melibatkan konversi menjadi 3-hidroksikinurenin. Kinurenin dan hidroksikinurenin dikonversi menjadi hidroksiantranilat oleh enzim kinureninase suatu enzim piridoksal fosfat. Leusin sebelum diubah menjadi asetil koenzim A diubah dahulu menjadi asetoasetat, sama dengan perubahan tirosin.

Suksinil koenzim A merupakan hasil akhir amfibolik dari katabolisme metionin, isoleusin dan valin yang hanya sebagian rangka dikonversi. Empat per lima karbon valin, tiga per lima karbon metionin dan setengah karbon isoleusin membentuk suksinil koenzim A. L-metionin berkondensasi dengan ATP membentuk S-adenosilmetionin atau "metionin aktif". Pengeluaran gugus metil membentuk S-adenosil-homosistein. Hidrolisis ikatan S-Peserta menghasilkan L-homosistein dan adenosin. Homosistein selanjutnya berkondensasi dengan serin, membentuk sistationin. Pembelahan hidrolitik sistationin membentuk L-homoserin dan sistein. Kedua reaksi ini oleh karenanya juga terlibat dalam biosintesis sistein dan serin. Homoserin dikonversi menjadi α -ketobutirat oleh homoserin deaminase. Konversi α -ketobutirat menjadi propionil-KoA selanjutnya terjadi dengan cara biasa untuk dekarboksilasi oksidatif asam α -keto membentuk derivat asil KoA.

Sebagaimana diharapkan dari kemiripan strukturnya, katabolisme L-valin dan L-isoleusin pada awalnya memerlukan reaksi yang sama. Jalan ini kemudian memisah dan masing-masing rangka asam amino mengikuti jalan unik menjadi zat antara amfibolik. Kerangka karbon dari asam-asam amino glutamin, glutamat, arginin, histidin, dan prolin memasuki siklus Krebs melalui α -ketoglutarat. Katabolisme glutamin dan glutamat berlangsung dengan bantuan enzim glutaminase dan transaminase.

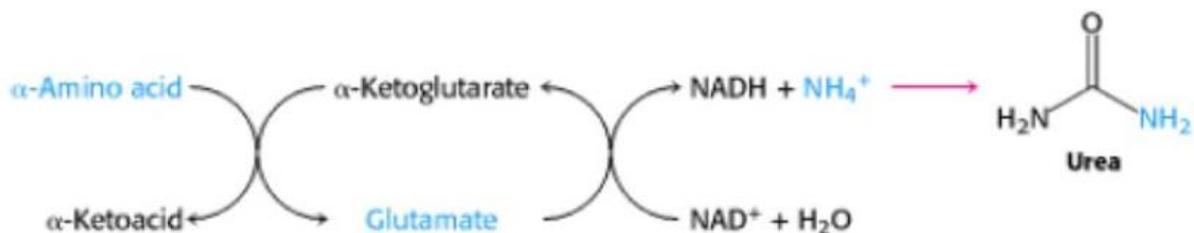


Prolin dioksidasi menjadi dehidroprolin yang dengan penambahan air akan membentuk glutamat γ -semialdehida. Selanjutnya dioksidasi menjadi glutamat dan ditransaminasi menjadi α -ketoglutarat. Arginin dan histidin juga membentuk α -ketoglutarat, satu karbon dan baik 2 (histidin) maupun 3 (arginin) pertamanya harus dikeluarkan dari asam amino 6 karbon ini. Arginin hanya membutuhkan hanya satu langkah yaitu pengeluaran gugus guanidino secara hidrolisis yang dikatalisis oleh arginase yang menghasilkan ornitin. Ornitin mengalami transaminasi gugus β -amino, membentuk glutamat γ -semialdehida, yang dikonversi menjadi α -ketoglutarat.

Bagi histidin, pengeluaran karbon dan nitrogen yang berlebih membutuhkan empat reaksi. Deaminasi histidin menghasilkan urokanat. Konversi urokanat menjadi 4-imidazol-5-propionat, yang dikatalisis oleh urokanase melibatkan penambahan H_2O dan oksidasi-reduksi interna. Reaksi selanjutnya adalah 4-imidazol-5-propionat dihidrolisis menjadi N-formiminoglutamat yang diikuti oleh pemindahan gugus formimino pada karbon alfa ke tetrahidrofolat yang membentuk N^5 -formimin tetrahidrofolat. Kemudian dengan bantuan enzim glutamat formimino transferase, N^5 -formiminotetrahidrofolat diubah menjadi L-glutamat dan akhirnya menjadi oksaloasetat dengan bantuan enzim transaminase.

c. Siklus urea

Setiap saat makhluk hidup baik manusia maupun binatang mengekskresikan nitrogen dengan pembuangan 95% dibuang oleh ginjal dan sisanya sebesar 5% dibuang oleh feses. Jalan utama ekskresi nitrogen adalah sebagai urea yang disintesis dalam hati, dilepas dalam darah dan ditarik oleh ginjal.



Gambar 3.6 Siklus Urea



Terdapat lima tahap reaksi dalam siklus urea. Reaksi pertama adalah sintesis karbamoil fosfat. Kondensasi 1 mol masing-masing ion amonium, karbon dioksida, dan fosfat (yang berasal dari ATP) untuk membentuk karbamoil fosfat dikatalisis oleh karbamoil fosfat sintase, enzim yang terdapat dalam mitokondria hati organisme ureotelik. Dua mol ATP yang dihidrolisis selama reaksi ini menyediakan tenaga penggerak untuk sintesis 2 ikatan kovalen-ikatan amida dan ikatan campuran asam karboksilat-asam fosfat anhidrida dari karbamoil fosfat. Di samping Mg^{2+} , suatu asam dikarboksilat, lebih disukai N-asetilglutamat, dibutuhkan.

Peranan tepat N-asetilglutamat tidak diketahui dengan pasti. Kehadirannya menyebabkan banyak perubahan konformasional (penyesuaian bentuk) dalam struktur karbamoil fosfat sintase yang membuka (expose) gugus sulfidril tertentu, menyembunyikan gugus lainnya, dan mempengaruhi afinitas enzim untuk ATP. Reaksi kedua adalah sintesis sitrulin. Pemindahan gugus karbamoil dari karbamoil fosfat ke ornitin, membentuk sitrulin + Pi, dikatalisis oleh L-ornitin transkarbamoilase mitokondria hati. Reaksi sangat spesifik untuk ornitin dan keseimbangan cenderung kuat ke sintesis sitrulin.

Reaksi ketiga adalah sintesis argininosuksinat. Dalam reaksi argininosuksinat sintase, aspartat dan sitrulin diikat bersamaan melalui gugus amino aspartat. Reaksi membutuhkan ATP, dan keseimbangan cenderung kuat ke sintesis argininosuksinat. Reaksi keempat adalah pembelahan argininosuksinat menjadi arginin dan fumarat. Pembelahan reversibel argininosuksinat menjadi arginin + fumarat dikatalisis oleh argininosuksinase, suatu enzim hati dan jaringan ginjal. Reaksi berlangsung melalui mekanisme pembuangan trans. Fumarat yang dibentuk dapat dikonversi menjadi oksaloasetat melalui reaksi fumarase dan melat dehidrogenase dan selanjutnya ditransaminasi untuk membentuk kembali (regenerasi) aspartat.

Reaksi kelima adalah pembelahan arginin menjadi ornitin dan urea. Reaksi ini menyempurnakan siklus urea dan membentuk kembali (regenerasi ornitin), substrat untuk reaksi 2. Pembelahan hidrolitik gugus guanidino dari arginin dikatalisis oleh arginase, yang terdapat dalam hati semua organisme ureotelik. Dalam jumlah yang lebih kecil, arginase juga terdapat dalam jaringan ginjal, otak, kelenjar mammae, jaringan testikuler dan kulit. Arginase hati mamalia diaktifkan



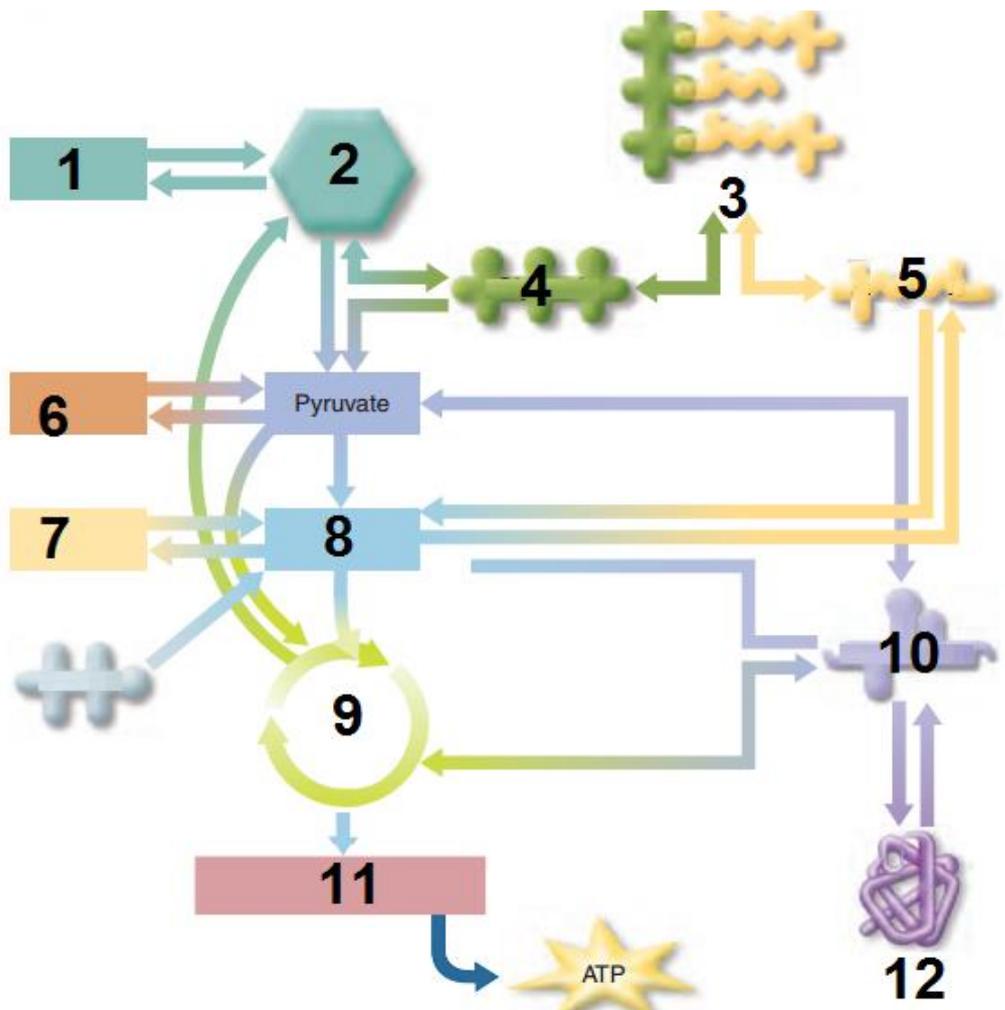
oleh Co^{2+} atau Mn^{2+} . Ornitin dan lisin merupakan penghambat kuat yang bersaing dengan arginin.

D. Aktivitas Pembelajaran

LEMBAR KEGIATAN

Deskripsi Keberkaitan Metabolisme Karbohidrat, Lemak, Dan Protein

1. Berikut ini adalah gambar skema keberkaitan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein. Amatilah gambar skema tersebut. Setelah itu, cocokkanlah antara nomor pada gambar dan daftar kata yang terdapat di bawahnya.





Asam lemak	glukosa	Siklus asam sitrat
Asam amino	keton	Rantai transfer elektron
glikogen	Laktat	protein
gliserol	alkohol	piruvat

2. Buatlah deskripsi keberkaitan antara metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein dengan menggunakan seluruh kata tersebut.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

- Contoh senyawa lipid atau turunannya adalah
 - glikogen dan selulosa
 - kolesterol dan steroid
 - keratin dan protease
 - klorofil dan hemoglobin
- Semua pernyataan berikut berkaitan dengan lemak, kecuali
 - komponennya terdiri atas gliserol dan tiga asam lemak
 - digunakan untuk perlindungan organ vital
 - tanaman mungkin mengandung lemak dalam biji mereka
 - lemak jenuh memiliki banyak ikatan ganda di antara karbonnya
- adalah subunit protein, dan adalah subunit dari lemak dan minyak.
 - Asam amino ... asam lemak dan gliserol
 - Asam amino ... monosakarida
 - asam nukleat ... monosakarida
 - asam glutamat ... asam karboksilat



4. Tahap pertama metabolisme gliserol melibatkan proses dua langkah di mana gliserol diubah menjadi
 - A. gliserol 3-fosfat
 - B. dihidroksiaseton fosfat
 - C. 3-fosfoglisarat
 - D. 2-fosfoglisarat

5. Fungsi utama untuk empedu yang dilepaskan selama pencernaan triasilgliserol adalah
 - A. memfasilitasi pembentukan chime
 - B. bertindak sebagai enzim
 - C. bertindak sebagai emulsifier
 - D. menghidrolisis hubungan ester dalam triasilgliserol

6. Produk limbah beracun dari metabolisme protein yang harus dikeluarkan dari tubuh adalah
 - A. amonia
 - B. karbon dioksida
 - C. urea
 - D. asam urat

7. Dalam oksidasi beta, asam lemak yang bebas dikonversi ke
 - A. gliserol
 - B. gliseraldehida 3-fosfat
 - C. asam piruvat
 - D. asetil-CoA

8. Ditransaminasi merupakan sebuah gugus amina ditransfer ke ... untuk membentuk asam amino nonesensial.
 - A. asam keto
 - B. tubuh keton
 - C. asetil-CoA
 - D. karbon dioksida

9. Molekul antara yang tak bisa langsung dibentuk dari asam amino adalah
 - A. asam piruvat
 - B. gliseraldehida 3-fosfat
 - C. asam oksaloasetat
 - D. asetil-CoA

10. Produksi berlebihan dari keton dalam urin dapat menunjukkan berlebihan ...
 - A. metabolisme karbohidrat
 - B. metabolisme protein



- C. metabolisme lipid
- D. produksi asam laktat

F. Rangkuman

Metabolisme lemak dan protein sama-sama membentuk koenzim A untuk memasuki siklus asam sitrat. Metabolisme lemak menghasilkan asam lemak teroksidasi sehingga membentuk asetil koenzim. Metabolisme protein, turunan dari protein, yaitu asam amino alanin, sistein, glisin, serin dan treonin menjalani jalur metabolik melalui asam piruvat. Berbeda asama amino, seperti tirosin, leusin, lisin, triptofan dan fenilalanin yang masuk melalui jalur asetil KoA. Sedangkan asam aspartat dan asparagin yang masuk ke dalam siklus asam sitrat langsung ke jalur asam oksaloasetat. Seluruh metabolisme ini pada akhirnya membentuk ATP.

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Belajar pada Modul berikutnya yaitu Kegiatan Belajar ini, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali Kegiatan Belajar ini.



KUNCI JAWABAN LATIHAN/TUGAS

KUNCI JAWABAN KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: SISTEM IMUN

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kunci	A	D	C	D	C	B	A	C	C	A

No	11	12	13	14	15
Kunci	B	A	B	D	D

KUNCI JAWABAN KEGIATAN PEMBELAJARAN: KONSEP BIOTEKNOLOGI

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kunci	A	C	A	D	C	B	D	A	B	C

KUNCI JAWABAN KEGIATAN PEMBELAJARAN: METABOLISME LEMAK DAN PROTEIN

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kunci	B	D	A	B	C	A	B	A	D	B



EVALUASI

1. Garis pertahanan pertama pada system pertahanan tubuh nonspesifik adalah...
 - A. kulit dan membrane mukosa
 - B. kulit dan sel fagosit
 - C. protein anti mikroba dan membrane mukosa
 - D. limfosit dan antibody
2. Sekelompok antimikroba yang terdiri atas 21 protein serum dan termasuk ke dalam pertahanan nonspesifik dikenal dengan nama...
 - A. system kekebalan
 - B. system komplemen
 - C. interferon
 - D. antigen
3. Perkembangan limfosit T terjadi di sumsum tulang, sedangkan pematangannya terjadi di...
 - A. sumsum tulang
 - B. pembuluh darah
 - C. kelenjar timus
 - D. sel induk
4. Respon kekebalan yang bukan termasuk mekanisme pembuangan antigen oleh antibody...
 - A. kekebalan seluler
 - B. kekebalan humoral
 - C. kekebalan buatan
 - D. kekebalan pasif
5. Pemberian vaksin merupakan upaya membentuk kekebalan...
 - A. aktif alami
 - B. pasif alami
 - C. aktif buatan
 - D. pasif buatan



6. Autoimunitas yang ditandai dengan diserangnya kelenjar adrenalin oleh antibody adalah...
 - A. myasthenia gravis
 - B. Addison's disease
 - C. alergi
 - D. diabetes mellitus

7. Produksi antibody monoclonal yang merupakan hasil pemanfaatan salah satu cabang bioteknologi, yaitu....
 - A. teknologi enzim
 - B. teknologi hibridoma
 - C. teknologi DNA rekombinan
 - D. teknologi reproduksi

8. Ciri khusus dari bioteknologi modern adalah....
 - A. tekniknya baru ditemukan
 - B. memerlukan alat yang mahal
 - C. adanya rekayasa genetika
 - D. agen biologi yang digunakan bersifat alami

9. Mengapa hingga kini proses dan produk bioteknologi konvensional masih tetap digunakan?
 - A. biayanya murah
 - B. memerlukan alat yang mahal
 - C. memerlukan keahlian khusus
 - D. produk yang dihasilkan lebih terarah

10. Salah satu produk bioteknologi yang terbuat dari bahan susu dengan menggunakan mikroorganisme *Penicillium roquiforti* adalah....
 - A. Yoghurt
 - B. nata de coco
 - C. mentega
 - D. keju

11. Bahan dasar pembuatan angkak adalah....
 - A. padi
 - B. beras merah
 - C. tepung terigu
 - D. kedelai



12. Implikasi bioteknologi bagi kehidupan manusia umumnya bermanfaat dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Tetapi dampak negatif yang mungkin timbul adalah hilangnya plasma nutfah yang akan menyebabkan ...
- A. punahnya organisme langka
 - B. keanekaragaman hayati menurun
 - C. berkurangnya bibit unggul
 - D. hilangnya daya dukung lingkungan
13. Pemanfaatan aplikasi bioteknologi untuk pemenuhan kebutuhan pangan sudah mulai beralih ke pemanfaatan PST (Protein Sel Tunggal) karena memiliki kelebihan berikut, kecuali ...
- A. pertumbuhannya cukup tinggi
 - B. sumber energinya cukup banyak
 - C. nilai ekonomi tinggi
 - D. mudah pemeliharannya.
14. Alasan penggunaan mikroorganisme dalam bioteknologi adalah sebagai berikut, kecuali....
- A. tidak membutuhkan keahlian khusus
 - B. mudah dibiakkan
 - C. tidak bergantung iklim dan cuaca
 - D. memproses bahan baku cepat
15. Contoh senyawa lipid atau turunannya adalah
- A. glikogen dan selulosa
 - B. kolesterol dan steroid
 - C. keratin dan protease
 - D. klorofil dan hemoglobin
16. adalah subunit protein, dan adalah subunit dari lemak dan minyak.
- A. Asam amino ... asam lemak dan gliserol
 - B. Asam amino ... monosakarida
 - C. asam nukleat ... monosakarida
 - D. asam glutamat ... asam karboksilat



17. Fungsi utama untuk empedu yang dilepaskan selama pencernaan triasilgliserol adalah
- A. memfasilitasi pembentukan chime
 - B. bertindak sebagai enzim
 - C. bertindak sebagai emulsifier
 - D. menghidrolisis hubungan ester dalam triasilgliserol
18. Dalam oksidasi beta, asam lemak yang bebas dikonversi ke
- A. gliserol
 - B. gliseraldehida 3-fosfat
 - C. asam piruvat
 - D. asetil-CoA
19. Molekul antara yang tak bisa langsung dibentuk dari asam amino adalah
- A. asam piruvat
 - B. gliseraldehida 3-fosfat
 - C. asam oksaloasetat
 - D. asetil-CoA
20. Produksi berlebihan dari keton dalam urin dapat menunjukkan berlebihan ...
- A. metabolisme karbohidrat
 - B. metabolisme protein
 - C. metabolisme lipid
 - D. produksi asam laktat

PENUTUP

Modul Profesional Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi H yang berjudul Sistem Imun pada Manusia, Konsep Bioteknologi, dan Metabolisme Lemak dan Protein disiapkan untuk guru pada kegiatan diklat baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi profesional yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi H. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan diklat ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, praktik dan latihan. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi H ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul.

Isi modul ini masih dalam penyempurnaan, masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. *Bioteknologi*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Bioteknologi>. Diakses pada tanggal 11 Agustus 2015.
- Anonim. 2010. *Penerapan Bioteknologi Dalam Mendukung Kelangsungan Hidup Manusia Melalui Produksi Pangan*. www.crayonpedia.org. Diakses pada tanggal 11 Agustus 2015.
- Bull, A.T., G. Holt, & M.D. Lilly. 1982. *Biotechnology – International Trends and Perspectives*. Paris: OECD (Organization for Economic Cooperation and Development).
- Campbell, N.A., J.B. Reece, et al. 2011. *Biologi 9th edition*. San Fransisco: Benjamin Cummings Publishers.
- Gordon, I. 1994. *Laboratorium Production of Cattle Embryos. Biotechnology in Agriculture Series*. Wallingford: CAB International.
- Hafes, E.S.E. 1993. *Reproduction in Farm Animals*. Sixth edition. Philadelphia: Lea dan Febiger
- Niemann, H. and W.A. Kues. 2000. *Transgenic livestock: premises and promises*. *Animal Rep.Sci.*, 60-61:277-293.
- Shiva V. 1994. *Bioteknologi dan Lingkungan Dalam Perspektif Hubungan Utara-Selatan (judul asli: "Biotechnology and the Environment")*. Alih Bahasa: Wahyuni Rizkiana Kamah. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama,.
- Syamsuri, I., dkk. 2006. *Biologi 3A dan 3B untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Widodo, W. (2015). *Pengantar Ilmu Nutrisi Ternak*. Diunduh dari http://wahyuwidodo.staff.umm.ac.id/files/2010/01/DASAR_ILMU_NUTRISI.pdf
- Campbell N. A. & Reece J. B.: 2010. *Biology* edisi 8 By Pearson Education Inc. San Francisco.



- Diah Aryulina., dkk. 2004: Biologi SMA untuk kelas XI. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Kee, L.H. 2001. *Biology: The Living Science*. Pearson Education Asia Ltd, Singapore.
- Kimball, J.W. 1988. Biologi. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Nourse, A.E. 1980. Pustaka Ilmu Life – Tubuh (Terjemahan). Jakarta: Tira Pustaka.
- Pearce, Evelyn C. 1979. Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis. Jakarta: Gramedia.
- Purnomo., dkk 2009. Biologi: Kelas XI untuk SMA dan MA. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

GLOSARIUM

- Akuakultur : Bentuk pemeliharaan dan penangkaran berbagai macam hewan atau tumbuhan perairan yang menggunakan air sebagai komponen pokoknya.
- Enzim Endonuklease Restriksi : Enzim yang memotong molekul DNA.
- Fertilisasi in vitro (bayi tabung) : Teknik pembuahan dimana sel telur (ovum) dibuahi di luar tubuh wanita.
- Agen biokontrol : Suatu mikroorganisme yang digunakan untuk menekan populasi serangga hama serendah mungkin hingga dapat mencegah kerugian yang di timbulkan tanpa mengganggu keseimbangan ekologis yang ada.
- Hibridisasi : Teknik perkawinan antara dua individu yang berlainan varietas dalam satu spesies, dan memiliki sifat-sifat unggul.
- Insulin : Hormon yang diproduksi oleh pankreas dan yang mengatur tingkat glukosa (gula sederhana) dalam darah.
- Inseminasi buatan : Proses pembuahan dengan memasukkan sperma ke dalam rahim secara buatan, bukan dengan kopulasi alami.
- Kloning : Suatu cara reproduksi yang menggunakan teknik tingkat tinggi di bidang rekayasa genetika untuk menghasilkan



- individu baru melalui metode fusi sel tanpa melalui perkawinan.
- Kultur jaringan : Suatu metode untuk mengisolasi bagian dari tanaman seperti sekelompok sel atau jaringan yang ditumbuhkan dengan kondisi aseptik, sehingga bagian tanaman tersebut dapat memperbanyak diri tumbuh menjadi tanaman lengkap kembali.
- Mutasi : Perubahan yang terjadi pada bahan *genetik* (DNA maupun RNA), baik pada taraf urutan *gen* (disebut *mutasi* titik) maupun pada taraf kromosom.
- Probiotik : Istilah yang digunakan pada mikroorganisme hidup yang dapat memberikan efek baik atau kesehatan pada organisme lain/inangnnya (sebagai contoh pada makanan suplemen diet yang mengandung dengan bakteri asam laktat).
- Rekayasa genetika : Teknik manipulasi gen yang bertujuan untuk mendapatkan organisme unggul.
- DNA rekombinan : Suatu bentuk DNA buatan yang dibuat dengan cara merekombinasikan gen tertentu dengan DNA genom.
- Sel induk : [Sel](#) yang belum berdiferensiasi dan mempunyai potensi yang sangat tinggi untuk berkembang menjadi banyak jenis sel yang berbeda di dalam tubuh.
- Transgenik : Proses pemindahan gen (disebut transgen) ke organisme hidup sehingga organisme memiliki sifat dan ciri-ciri baru yang akan diteruskan ke keturunannya.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016