

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI F

PEDAGOGI:
PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR

Penulis:

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.

PROFESIONAL:
SISTEM KOORDINASI, PEWARISAN SIFAT,
DAN METABOLISME GULA

Penulis:

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T., 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 F

PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR

Penulis:

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.



**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 F

PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR

Penulis:

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.



**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 F

PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR

Penanggung Jawab
Dr. Sediono Abdullah

Penulis
Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T. 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
Zuhe Safitra, M.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

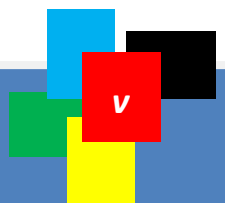
KATA PENGANTAR

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	3
E. Cara Penggunaan Modul	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN:	6
PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR	7
A. Tujuan	7
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	7
C. Uraian Materi	7
D. Aktivitas Pembelajaran	40
E. Latihan/Kasus/Tugas	40
F. Rangkuman	42
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	43
EVALUASI	45
PENUTUP	51
DAFTAR PUSTAKA	53
GLOSARIUM	55



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 1.1	Sasaran Penilaian Aspek Sikap	16
Tabel 1.2	Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Pengetahuan	18
Tabel 1.3	Deskripsi Dimensi Pengetahuan	19
Tabel 1.4	Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan	21
Tabel 1.5	Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan Kongkret	22
Tabel 1.6	Gambaran umum Aspek dan Rincian Aspek Penilaian	27
Tabel 1.7	Sasaran Penilaian Aspek Sikap	31
Tabel 1.8	Dimensi Pengetahuan dan Proses Kognitif	34
Tabel 1.9	Sasaran Penilaian Hasil Belajar Biologi untuk Aspek Kognitif	35
Tabel 1.10	Kata Kerja Operasional untuk Aspek Kognitif	36
Tabel 1.11	Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan Abstrak	36
Tabel 1.12	Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan Kongkret	38
Tabel 1.13	Kata Kerja Operasional Aspek Keterampilan	39



DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1.1	Keberkaitan antara Evaluasi, Penilaian, Pengukuran dan Tes
	2



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik adalah proses pengumpulan informasi/bukti tentang capaian pembelajaran peserta didik dalam kompetensi sikap spiritual dan sikap sosial, kompetensi pengetahuan, dan kompetensi keterampilan yang dilakukan secara terencana dan sistematis, selama dan setelah proses pembelajaran. Teknik yang digunakan untuk menilai kompetensi sikap adalah melalui observasi, penilaian diri, penilaian teman sebaya, dan penilaian jurnal. Kompetensi pengetahuan dinilai melalui tes tertulis, observasi terhadap diskusi, tanya jawab, dan percakapan. Sedangkan penilaian kompetensi keterampilan melalui unjuk kerja/ kinerja/praktik, proyek, produk dan portofolio dan tertulis. Seorang guru memerlukan keterampilan mengembangkan instrumen untuk melakukan penilaian tersebut. Selanjutnya setelah instrumen digunakan, tentunya harus dianalisis dan hasilnya digunakan untuk menentukan program tindak lanjut penilaian dimana dalam pembelajaran selalu dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan dalam mencapai kompetensi dasar dan ada pula peserta didik yang telah mencapai kompetensi lebih cepat dari peserta didik lain. Mengacu pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007, pengembangan instrumen penilaian pembelajaran ini termasuk kompetensi inti pedagogik nomor 8. Menyelenggarakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar. Sedangkan tindak lanjut pembelajaran berdasarkan hasil penilaian termasuk kompetensi nomor 9. Memanfaatkan hasil penilaian dan evaluasi untuk kepentingan pembelajaran". Pada Modul Guru Pembelajar Kelompok Kompetensi F ini disajikan materi tentang pengembangan instrumen penilaian kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan. Selain itu disajikan pula cara mengevaluasi data hasil penilaian dan pengembangan program tindak lanjut penilaian. Di dalam modul, sajian materi diawali dengan uraian pendahuluan,



kegiatan pembelajaran dan diakhiri dengan evaluasi agar guru pembelajar melakukan *self assessment* sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan diri sendiri.

B. Tujuan

Setelah anda belajar dengan modul ini diharapkan terampil mengembangkan instrumen penilaian sikap, pengetahuan dan keterampilan serta memahami program tindak lanjut pembelajaran berdasarkan kajian hasil penilaian.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah Anda belajar modul ini adalah dapat Menyelenggarakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar. Dan Memanfaatkan hasil penilaian dan evaluasi untuk kepentingan pembelajaran. Kompetensi Guru Mata Pelajaran dan Indikator Pencapaian Kompetensi yang diharapkan tercapai melalui belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
8.4 Mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar.	8.4.1 Menyusun instrumen penilaian kompetensi pengetahuan pada mata pelajaran Kimia 8.4.2 Menyusun instrumen penilaian kompetensi sikap pada mata pelajaran Kimia 8.4.3 Menyusun instrumen penilaian kompetensi keterampilan pada mata pelajaran Kimia
8.6 Menganalisis hasil penilaian proses dan hasil belajar untuk berbagai tujuan	8.6.1 Menganalisis penilaian proses dan hasil belajar berdasarkan instrumen yang telah disusun untuk ranah pengetahuan 8.6.2 Menganalisis penilaian proses dan hasil belajar berdasarkan instrumen yang telah disusun untuk ranah sikap 8.6.3 Menganalisis penilaian proses dan hasil belajar berdasarkan instrumen yang telah



Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
	disusun untuk ranah keterampilan
8.7 Melakukan evaluasi proses dan hasil belajar	<p>8.7.1 Mengevaluasi data hasil analisis penilaian hasil belajar aspek pengetahuan</p> <p>8.7.2 Mengevaluasi data hasil analisis penilaian proses belajar aspek sikap</p> <p>8.7.3 Mengevaluasi data hasil analisis penilaian proses dan hasil belajar aspek keterampilan</p>
9.1 Menggunakan informasi hasil penilaian dan evaluasi untuk menentukan ketuntasan belajar	<p>9.1.1 Menjelaskan prosedur dalam menentukan ketuntasan belajar</p> <p>10.1.2 Menentukan tindak lanjut pembelajaran berdasarkan kajian hasil penilaian pengetahuan</p>
9.2 Menggunakan informasi hasil penilaian dan evaluasi untuk merancang program remedial dan pengayaan.	<p>9.2.3 Merancang program remedial berdasarkan hasil penilaian dan evaluasi</p> <p>9.2.6 Merancang program pengayaan berdasarkan hasil penilaian dan evaluasi</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 G, 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.

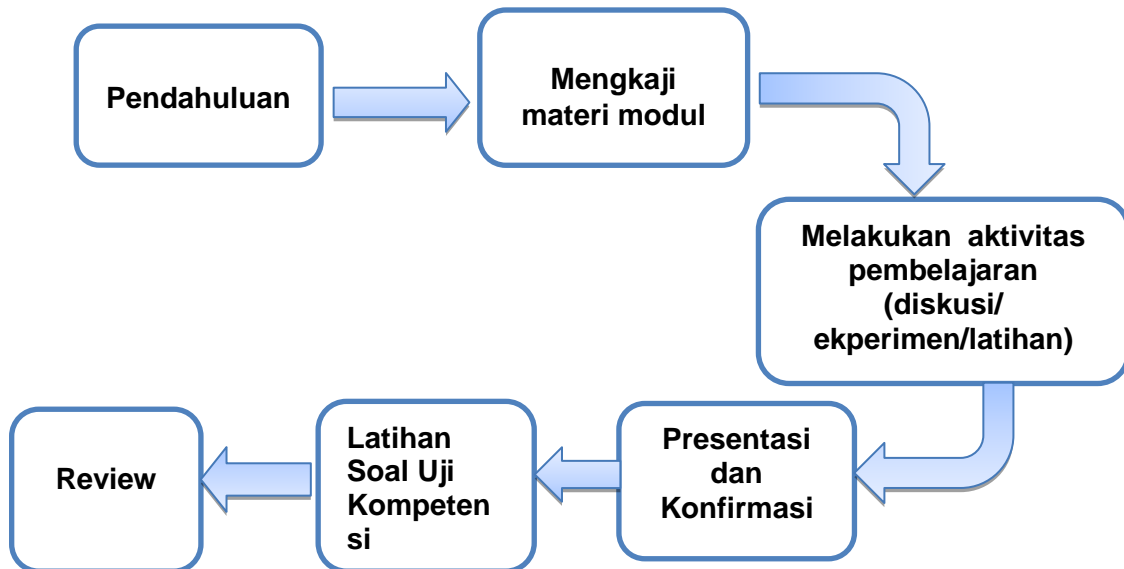
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan instrumen penilaian kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan.
2. Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar untuk berbagai tujuan
3. Tindak lanjut pembelajaran berdasarkan hasil penilaian.



E. CARA PENGGUNAAN MODUL

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario pembelajaran. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sebagai berikut.



Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada guru pembelajar untuk mempelajari:

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

2. Mengkaji materi pembelajaran

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada 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: PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR

Penilaian merupakan bagian integral dari pembelajaran, sehingga perlu diperhatikan dalam melaksanakan pembelajaran. Guru harus merencanakan penilaian yang akan digunakan sebagai bagian dari pelaksanaan pembelajaran. Pelaksanaan penilaian hasil belajar oleh pendidik merupakan wujud pelaksanaan tugas profesional pendidik sebagaimana termaktub dalam Undang-Undang Nomor 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Penilaian hasil belajar oleh pendidik tidak terlepas dari proses pembelajaran. Oleh karena itu, penilaian hasil belajar oleh pendidik menunjukkan kemampuan guru sebagai pendidik profesional.

Dalam modul ini akan dibahas tentang aspek penilaian yang terdiri atas aspek sikap spiritual, aspek pengetahuan, dan aspek keterampilan. Di dalam modul ini juga disajikan kata kerja operasional untuk masing-masing aspek sehingga dapat memudahkan guru dalam menyusun indikator pencapaian kompetensi yang sesuai dengan kompetensi dasar dan kegiatan pembelajarannya. Pemilihan kata kerja operasional yang tepat, sangat penting dilakukan oleh guru sehingga mereka dapat menentukan jenis dan bentuk penilaian yang sesuai untuk dapat mengukur perubahan atau pencapaian peserta didik selama pembelajaran untuk masing-masing-masing aspek (Sikap, pengetahuan, dan keterampilan).

Kompetensi guru yang akan dikembangkan melalui modul ini adalah: *"8.2. Menentukan aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu"*. Untuk guru Biologi SMA, kompetensi dasarnya dirinci menjadi *"peserta mampu memahami aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran Biologi"*.



A. Tujuan

Kegiatan pembelajaran ini disusun untuk meningkatkan pengetahuan guru tentang topik aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran biologi melalui kegiatan diskusi. Guru juga akan berlatih memetakan aspek proses dan hasil belajar pada kompetensi dasar mata pelajaran biologi melalui kegiatan simulasi.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Setelah melakukan pembelajaran ini guru mampu:

1. Menjelaskan pengertian penilaian dalam pembelajaran.
2. Menjelaskan fungsi penilaian dalam pembelajaran.
3. Menjelaskan tujuan penilaian dalam pembelajaran.
4. Menjelaskan lingkup penilaian dalam pembelajaran.
5. Menjelaskan aspek-aspek proses belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran Biologi.
6. Menjelaskan aspek-aspek hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran Biologi.
7. Memilih aspek-aspek proses belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan kompetensi dasar Biologi.
8. Memilih aspek-aspek hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran Biologi.

C. Uraian Materi

1. Keberkaitan Evaluasi, Penilaian, Pengukuran, dan Tes

Istilah penilaian bukan merupakan istilah asing bagi guru. Selain istilah penilaian, terdapat istilah-istilah yang berkaitan yang terkadang didefinisikan tertukar oleh guru, yaitu evaluasi (*evaluation*), pengukuran (*measurement*), dan tes (*test*). Secara konseptual istilah-istilah tersebut berbeda, tetapi memiliki hubungan yang sangat erat. Di antara istilah tersebut, tes merupakan istilah yang paling akrab dengan guru. Istilah tes sering digunakan dalam Tes prestasi belajar, dan seringkali dijadikan sebagai satu-satunya alat untuk menilai hasil belajar siswa. Begitu pula ujian nasional yang merupakan salah satu kegiatan tes. Sebenarnya, tes sebenarnya hanya merupakan salah satu alat ukur hasil belajar. Tes prestasi



belajar seringkali dipertukarkan pemakaiannya oleh guru dengan konsep pengukuran hasil belajar (*measurement*).

Dengan demikian, perlu kiranya upaya untuk menyepakati pemahaman tentang pengertian dan esensi evaluasi, penilaian, tes dan pengukuran yang sesungguhnya. Di antara istilah-istilah tersebut, Penilaian merupakan istilah yang sudah dikenal, tetapi dalam proses pelaksanaannya selalu tertukan dengan konsep tes. Para guru seringkali salah dalam menafsirkan makna penilaian yang sesungguhnya. Istilah penilaian perlu diperkenalkan kepada guru karena penilaian telah menjadi bagian penting dalam dunia pembelajaran. Selain dari itu, pemahaman tentang penilaian juga dapat mendukung keberhasilan guru dalam melaksanakan praktek penilaian proses dan hasil pembelajaran di kelas.

2. Penilaian

Penilaian atau Assessment merupakan Proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk menentukan kualitas yaitu nilai dan arti dari hasil belajar peserta didik atau pengambilan keputusan dapat dikatakan baik atau tidaknya sesuai dengan kriteria. Wiggins (1984) menyatakan bahwa penilaian merupakan sarana yang secara kronologis membantu guru dalam memonitor siswa. Oleh karena itu, maka Popham (1995) menyatakan bahwa penilaian sudah seharusnya merupakan bagian dari pembelajaran, bukan merupakan hal yang terpisahkan. Resnick (1985) menyatakan bahwa pada hakikatnya penilaian menitikberatkan penilaian pada proses belajar siswa. Berkaitan dengan hal tersebut Marzano et al. (1994) menyatakan bahwa dalam mengungkap penguasaan konsep siswa, penilaian tidak hanya mengungkap konsep yang telah dicapai, akan tetapi juga tentang proses perkembangan bagaimana suatu konsep tersebut diperoleh. Dalam hal ini penilaian tidak hanya dapat menilai hasil dan proses belajar siswa, akan tetapi juga kemajuan belajarnya.

Pada kurikulum 2006, penilaian didefinisikan sebagai penilaian pendidikan yaitu proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk menentukan pencapaian hasil belajar peserta didik (Kemdiknas, 2007). Adapun pada Kurikulum 2013, penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik didefinisikan sebagai proses pengumpulan informasi/bukti tentang capaian pembelajaran peserta didik dalam kompetensi sikap spiritual dan sikap sosial, kompetensi pengetahuan, dan kompetensi



keterampilan yang dilakukan secara terencana dan sistematis, selama dan setelah proses pembelajaran (Kemdikbud, 2014). Berdasarkan dua definisi tersebut dapat dilihat benang merahnya adalah bahwa penilaian dilakukan oleh guru untuk memperoleh informasi atas ketercapaian proses dan hasil belajar siswa.

3. Tes

Arikunto (2010) menyatakan bahwa tes merupakan alat atau prosedur yang digunakan untuk mengetahui atau mengukur sesuatu dengan menggunakan cara atau aturan yang telah ditentukan. Tes merupakan salah satu upaya pengukuran terencana yang digunakan oleh guru untuk mencoba menciptakan kesempatan bagi siswa dalam memperlihatkan prestasi mereka yang berkaitan dengan tujuan yang telah ditentukan. Tes terdiri atas sejumlah soal yang harus dikerjakan siswa. Setiap soal dalam tes menghadapkan siswa pada suatu tugas dan menyediakan kondisi bagi siswa untuk menanggapi tugas atau soal tersebut.

4. Pengukuran

Wulan (2010) mengutip pendapat Alwasilah dkk. (1996) yang menyatakan bahwa pengukuran merupakan proses yang mendeskripsikan performan siswa dengan menggunakan suatu skala kuantitatif (system angka) sedemikian rupa sehingga sifat kualitatif dari performan siswa tersebut dinyatakan dengan angka-angka. Pernyataan tersebut diperkuat dengan pendapat yang menyatakan bahwa pengukuran merupakan pemberian angka terhadap suatu atribut atau karakter tertentu yang dimiliki oleh seseorang, atau suatu obyek tertentu yang mengacu pada aturan dan formulasi yang jelas. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara tes atau non-tes. Amalia (2003) mengungkapkan bahwa tes terdiri atas tes tertulis (*paper and pencil test*) dan tes lisan. Sementara itu alat ukur non-tes terdiri atas pengumpulan kerja siswa (portofolio), hasil karya siswa (produk), penugasan (proyek), dan kinerja (performance).

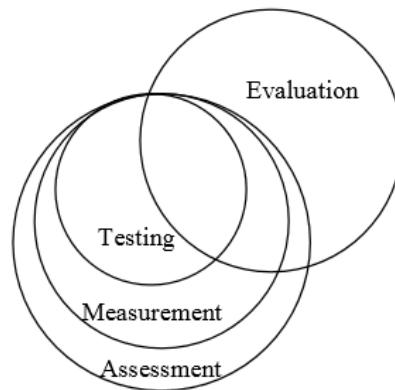
5. Evaluasi

Evaluasi merupakan suatu proses yang sistematis untuk menentukan atau membuat keputusan sampai sejauh mana tujuan-tujuan pengajaran telah dicapai



oleh siswa (Purwanto, 2002). Cronbach (Harris, 1985) menyatakan bahwa evaluasi merupakan pemeriksaan yang sistematis terhadap segala peristiwa yang terjadi sebagai akibat dilaksanakannya suatu program. Sementara itu Arikunto (2003) mengungkapkan bahwa evaluasi adalah serangkaian kegiatan yang ditujukan untuk mengukur keberhasilan program pendidikan. Tayib naps (2000) dalam hal ini lebih meninjau pengertian evaluasi program dalam konteks tujuan yaitu sebagai proses menilai sampai sejauhmana tujuan pendidikan dapat dicapai. Berdasarkan tujuannya, terdapat pengertian evaluasi sumatif dan evaluasi formatif. Evaluasi formatif dinyatakan sebagai upaya untuk memperoleh feedback perbaikan program, sementara itu evaluasi sumatif merupakan upaya menilai manfaat program dan mengambil keputusan (Lehman, 1990).

Berdasarkan hasil uraian tersebut dapat diketahui terdapat keberkaitan di antara evaluasi, penilaian, pengukuran, dan tes. Arifin (2014), menyatakan bahwa hubungan antara tes, pengukuran, dan evaluasi adalah sebagai berikut. Evaluasi belajar baru dapat dilakukan dengan baik dan benar apabila menggunakan informasi yang diperoleh melalui pengukuran yang menggunakan tes sebagai alat ukurnya. Akan tetapi, tes hanya merupakan salah satu alat ukur yang dapat digunakan karena informasi tentang hasil belajar tersebut dapat pula diperoleh tidak melalui tes, misalnya menggunakan alat ukur non tes seperti observasi, skala rating, dan lain-lain. Zainul dan Nasution (2001) menyatakan bahwa guru mengukur berbagai kemampuan siswa. Apabila guru melangkah lebih jauh dalam menginterpretasikan skor sebagai hasil pengukuran tersebut dengan menggunakan standar tertentu untuk menentukan nilai atas dasar pertimbangan tertentu, maka kegiatan guru tersebut telah melangkah lebih jauh menjadi evaluasi. Untuk mengungkapkan hubungan antara penilaian dan evaluasi, Gabel (1993) mengungkapkan bahwa evaluasi merupakan proses pemberian penilaian terhadap data atau hasil yang diperoleh melalui penilaian. Hubungan antara penilaian, evaluasi, pengukuran, dan testing dalam hal ini dikemukakan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Keberkaitan antara evaluasi, penilaian, pengukuran dan tes.

Penilaian yang di jelaskan di modul ini adalah penilaian autentik, yaitu bentuk penilaian yang menghendaki peserta didik menampilkan sikap, menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dari pembelajaran dalam melakukan tugas pada situasi yang sesungguhnya. Kurikulum 2013 mempersyaratkan penggunaan penilaian autentik (*authentic assesment*). Secara paradigmatic penilaian autentik memerlukan perwujudan pembelajaran autentik (*authentic instruction*) dan belajar autentik (*authentic learning*). Hal ini diyakini bahwa penilaian autentik lebih mampu memberikan informasi kemampuan peserta didik secara holistik dan valid. Penilaian Autentik adalah bentuk penilaian yang menghendaki peserta didik menampilkan sikap, menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dari pembelajaran dalam melakukan tugas pada situasi yang sesungguhnya. Penilaian Autentik merupakan pendekatan utama dalam Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik. Bentuk penilaian autentik mencakup penilaian berdasarkan pengamatan, tugas ke lapangan, portofolio, proyek, produk, jurnal, kerja laboratorium, dan unjuk kerja, serta penilaian diri. Pendidik dapat menggunakan penilaian teman sebaya untuk memperkuat Penilaian Autentik dan non-autentik. Penilaian Diri merupakan teknik penilaian sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan sendiri oleh peserta didik secara reflektif. Bentuk penilaian non-autentik mencakup tes, ulangan, dan ujian.



6. Fungsi Penilaian dalam Pembelajaran

Penilaian Hasil Belajar oleh pendidik memiliki fungsi untuk memantau kemajuan belajar, memantau hasil belajar, dan mendeteksi kebutuhan perbaikan hasil belajar peserta didik secara berkesinambungan. Berdasarkan fungsinya Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik meliputi:

- a. formatif yaitu memperbaiki kekurangan hasil belajar peserta didik dalam sikap, pengetahuan, dan keterampilan pada setiap kegiatan penilaian selama proses pembelajaran dalam satu semester, sesuai dengan prinsip Kurikulum 2013 agar peserta didik tahu, mampu dan mau. Hasil dari kajian terhadap kekurangan peserta didik digunakan untuk memberikan pembelajaran remedial dan perbaikan RPP serta proses pembelajaran yang dikembangkan guru untuk pertemuan berikutnya; dan
- b. sumatif yaitu menentukan keberhasilan belajar peserta didik pada akhir suatu semester, satu tahun pembelajaran, atau masa pendidikan di satuan pendidikan. Hasil dari penentuan keberhasilan ini digunakan untuk menentukan nilai rapor, kenaikan kelas dan keberhasilan belajar satuan pendidikan seorang peserta didik.

Arikunto (2010) menjelaskan fungsi penilaian sebagai berikut.

- a. Berfungsi selektif. Dengan mengadakan penilaian, guru dapat melakukan seleksi atau penilaian terhadap siswanya.
- b. Berfungsi diagnostik. Dengan mengadakan penilaian, guru dapat melakukan diagnosis tentang kebaikan dan kelemahan siswanya.
- c. Berfungsi sebagai penempatan. Dengan mengadakan penilaian, guru dapat menempatkan siswa sesuai dengan kemampuannya masing-masing.
- d. Berfungsi sebagai pengukur keberhasilan. Dengan mengadakan penilaian, guru dapat mengetahui sejauh mana keberhasilan suatu program yang telah diterapkan.

Adapun menurut Arifin (2014) menyatakan bahwa fungsi penilaian sebagai berikut.

- a. Fungsi Formatif, yaitu untuk memberikan umpan balik (feed back) kepada guru sebagai dasar untuk memperbaiki proses pembelajaran dan mengadakan program remedial bagi peserta didik.



- b. Fungsi Sumatif, yaitu untuk menentukan nilai (angka) kemajuan/hasil belajar peserta didik dalam mata pelajaran tertentu, sebagai bahan untuk memberikan laporan ke berbagai pihak, penentu kenaikan kelas, atau kelulusan.
- c. Fungsi Diagnostik, yaitu untuk memahami latar belakang (psikologis, fisik, dan lingkungan) peserta didik yang mengalami kesulitan belajar, yang hasilnya dapat digunakan sebagai dasar dalam memecahkan berbagai kesulitan.
- d. Fungsi Pemantapan, yaitu untuk menempatkan peserta didik dalam situasi pembelajaran yang tepat (misalnya, penentuan program spesialisasi) sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik.

7. Tujuan Penilaian dalam Pembelajaran

Tujuan penilaian menurut Sudijono (2011) adalah:

- a. Untuk menghimpun bahan-bahan keterangan yang akan dijadikan sebagai bukti mengenai taraf perkembangan atau taraf kemajuan yang dialami oleh para peserta didik, setelah mereka mengikuti proses pembelajaran dalam jangka waktu tertentu.
- b. Untuk mengetahui tingkat efektivitas dari metode-metode pengajaran yang telah dipergunakan dalam proses pembelajaran dalam jangka waktu tertentu.

Menurut Permendikbud Nomor 104, tahun 2014 dinyatakan bahwa tujuan penilaian sebagai berikut.

- a. Mengetahui tingkat penguasaan kompetensi dalam sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang sudah dan belum dikuasai seorang/sekelompok peserta didik untuk ditingkatkan dalam pembelajaran remedial dan program pengayaan.
- b. Menetapkan ketuntasan penguasaan kompetensi belajar peserta didik dalam kurun waktu tertentu, yaitu harian, tengah semesteran, satu semesteran, satu tahunan, dan masa studi satuan pendidikan.
- c. Menetapkan program perbaikan atau pengayaan berdasarkan tingkat penguasaan kompetensi bagi mereka yang diidentifikasi sebagai peserta didik yang lambat atau cepat dalam belajar dan pencapaian hasil belajar.



- d. Memperbaiki proses pembelajaran pada pertemuan semester berikutnya.

Dengan demikian tujuan penilaian adalah mengetahui tingkat pencapaian kompetensi yang diperoleh peserta didik, serta digunakan sebagai bahan penyusunan laporan kemajuan hasil belajar, dan memperbaiki proses pembelajaran. Penilaian diperoleh melalui teknik tes maupun non tes dari berbagai perangkat ukur maupun bentuk lainnya (tes tertulis, lisan, atau kinerja) dan dilakukan secara konsisten, sistematis dan terprogram.

8. Prinsip-Prinsip Penilaian

Untuk memperoleh hasil penilaian yang optimal, maka kegiatan penilaian harus bertitik tolak dari prinsip-prinsip umum. Menurut Permendiknas Nomor (2007) dan Permendikbud Nomor 104 (2014) Prinsip umum dalam Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik adalah sebagai berikut.

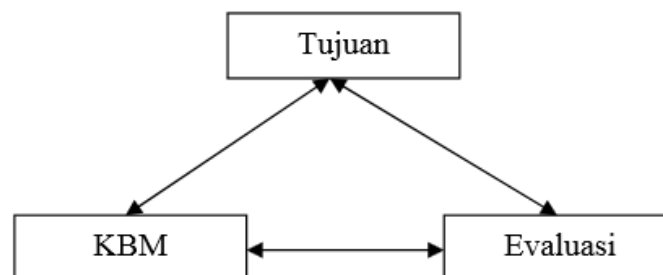
- a. Sahih, berarti penilaian didasarkan pada data yang mencerminkan kemampuan yang diukur.
- b. Objektif, berarti penilaian didasarkan pada prosedur dan kriteria yang jelas, tidak dipengaruhi subjektivitas penilai.
- c. Adil, berarti penilaian tidak menguntungkan atau merugikan peserta didik karena berkebutuhan khusus serta perbedaan latar belakang agama, suku, budaya, adat istiadat, status sosial ekonomi, dan gender.
- d. Terpadu, berarti penilaian oleh pendidik merupakan salah satu komponen yang tak terpisahkan dari kegiatan pembelajaran.
- e. Terbuka, berarti prosedur penilaian, kriteria penilaian, dan dasar pengambilan keputusan dapat diketahui oleh pihak yang berkepentingan.
- f. Holistik dan berkesinambungan, berarti penilaian oleh pendidik mencakup semua aspek kompetensi dan dengan menggunakan berbagai teknik penilaian yang sesuai dengan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik.
- g. Sistematis, berarti penilaian dilakukan secara berencana dan bertahap dengan mengikuti langkah-langkah baku.
- h. Akuntabel, berarti penilaian dapat dipertanggungjawabkan, baik dari segi teknik, prosedur, maupun hasilnya.
- i. Edukatif, berarti penilaian dilakukan untuk kepentingan dan kemajuan peserta didik dalam belajar.



Prinsip khusus dalam Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik adalah sebagai berikut.

- Materi penilaian dikembangkan dari kurikulum.
- Bersifat lintas muatan atau mata pelajaran.
- Berkaitan dengan kemampuan peserta didik.
- Berbasis kinerja peserta didik.
- Memotivasi belajar peserta didik.
- Menekankan pada kegiatan dan pengalaman belajar peserta didik.
- Memberi kebebasan peserta didik untuk mengkonstruksi responnya.
- Menekankan keterpaduan sikap, pengetahuan, dan keterampilan.
- Mengembangkan kemampuan berpikir divergen.
- Menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari pembelajaran.
- Menghendaki balikan yang segera dan terus menerus.
- Menekankan konteks yang mencerminkan dunia nyata.
- Terkait dengan dunia kerja.
- Menggunakan data yang diperoleh langsung dari dunia nyata.

Dalam pelaksanaan penilaian hal yang penting dalam kegiatan penilaian adalah adanya triangulasi antara tujuan pembelajaran/indikator, kegiatan pembelajaran, dan penilaiannya itu sendiri. Ketiga komponen saling terkait satu dengan lainnya. Untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan, dilakukan kegiatan pembelajaran, dan untuk mengukur ketercapaian tujuan dilakukan penilaian/evaluasi. Triangulasi tersebut dapat digambarkan dalam bagan berikut ini.



9. Lingkup Penilaian dalam Pembelajaran

Lingkup Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik mencakup kompetensi sikap (spiritual dan sosial), pengetahuan, dan keterampilan.



a. Sikap (Spiritual dan Sosial)

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada ranah sikap spiritual dan sikap sosial adalah sebagai berikut.

Tabel 1.1. Sasaran Penilaian Aspek Sikap

Tingkatan Sikap	Deskripsi
Menerima nilai	Kesediaan menerima suatu nilai dan memberikan perhatian terhadap nilai tersebut
Menanggapi nilai	Kesediaan menjawab suatu nilai dan ada rasa puas dalam membicarakan nilai tersebut
Menghargai nilai	Menganggap nilai tersebut baik; menyukai nilai tersebut; dan komitmen terhadap nilai tersebut
Menghayati nilai	Memasukkan nilai tersebut sebagai bagian dari sistem nilai dirinya
Mengamalkan nilai	Mengembangkan nilai tersebut sebagai ciri dirinya dalam berpikir, berkata, berkomunikasi, dan bertindak (karakter)

Sikap bermula dari perasaan (suka atau tidak suka) yang terkait dengan kecenderungan seseorang dalam merespon sesuatu/objek. Sikap juga sebagai ekspresi dari nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sikap dapat dibentuk, sehingga terjadi perubahan perilaku atau tindakan yang diharapkan.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk menilai sikap peserta didik, antara lain melalui observasi, penilaian diri, penilaian teman sebaya, dan penilaian jurnal. Instrumen yang digunakan antara lain daftar cek atau skala penilaian (*rating scale*) yang disertai rubrik, yang hasil akhirnya dihitung berdasarkan modulus.

1) Observasi

Sikap dan perilaku keseharian peserta didik direkam melalui pengamatan dengan menggunakan format yang berisi sejumlah indikator perilaku yang diamati, baik yang terkait dengan mata pelajaran maupun secara umum. Pengamatan terhadap sikap dan perilaku yang terkait dengan mata pelajaran dilakukan oleh guru yang bersangkutan selama proses pembelajaran berlangsung, seperti: ketekunan belajar saat praktikum, percaya diri saat



presentasi, rasa ingin tahu saat praktikum, sikap rajin saat bekerja di dalam kelompok, kerjasama, kejujuran, disiplin, peduli lingkungan selama peserta didik berada di sekolah atau bahkan di luar sekolah selama perilakunya dapat diamati guru.

2) Penilaian diri (*self assessment*)

Penilaian diri digunakan untuk memberikan penguatan (*reinforcement*) terhadap kemajuan proses belajar peserta didik. Penilaian diri berperan penting bersamaan dengan bergesernya pusat pembelajaran dari guru ke peserta didik yang didasarkan pada konsep belajar mandiri (*autonomous learning*).

Untuk menghilangkan kecenderungan peserta didik menilai diri terlalu tinggi dan subyektif, penilaian diri dilakukan berdasarkan kriteria yang jelas dan objektif. Untuk itu penilaian diri oleh peserta didik di kelas perlu dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

- a) Menjelaskan kepada peserta didik tujuan penilaian diri.
- b) Menentukan kompetensi yang akan dinilai.
- c) Menentukan kriteria penilaian yang akan digunakan.
- d) Merumuskan format penilaian, dapat berupa daftar tanda cek, atau skala penilaian.

Pada dasarnya teknik penilaian diri ini tidak hanya untuk aspek sikap, tetapi juga dapat digunakan untuk menilai kompetensi dalam aspek keterampilan dan pengetahuan.

3) Penilaian teman sebaya (*peer assessment*)

Penilaian teman sebaya atau antarpeserta didik merupakan teknik penilaian dengan cara meminta peserta didik untuk saling menilai terkait dengan pencapaian kompetensi. Instrumen yang digunakan berupa lembar pengamatan antarpeserta didik. Penilaian teman sebaya dilakukan oleh peserta didik terhadap 3 (tiga) teman sekelas atau sebaliknya. Format yang digunakan untuk penilaian sejawat dapat menggunakan format seperti contoh pada penilaian diri.

4) Penilaian jurnal (*anecdotal record*)

Jurnal merupakan kumpulan rekaman catatan guru dan/atau tenaga kependidikan di lingkungan sekolah tentang sikap dan perilaku positif atau negatif, selama dan di luar proses pembelajaran mata pelajaran.

**b. Pengetahuan**

Sasaran penilaian hasil belajar oleh pendidik pada ranah pengetahuan ini adalah kemampuan berpikir.

Tabel 1.2. Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Pengetahuan

Kemampuan Berpikir	Deskripsi
Mengingat: mengemukakan kembali apa yang sudah dipelajari dari guru, buku, sumber lainnya sebagaimana aslinya, tanpa melakukan perubahan	Pengetahuan hafalan: ketepatan, kecepatan, kebenaran pengetahuan yang diingat dan digunakan ketika menjawab pertanyaan tentang fakta, definisi konsep, prosedur, hukum, teori dari apa yang sudah dipelajari di kelas
Memahami: Sudah ada proses pengolahan dari bentuk aslinya tetapi arti dari kata, istilah, tulisan, grafik, tabel, gambar, foto tidak berubah.	Kemampuan mengolah pengetahuan yang dipelajari menjadi sesuatu yang baru seperti <i>menggantikan</i> suatu kata/istilah dengan kata/istilah lain yang sama maknanya; <i>menulis kembali</i> suatu kalimat/paragraf/tulisan dengan kalimat/paragraf/tulisan sendiri dengan tanpa mengubah artinya informasi aslinya; <i>mengubah bentuk komunikasi</i> dari bentuk kalimat ke bentuk grafik/tabel/visual atau sebaliknya; <i>memberi tafsir</i> suatu kalimat/paragraf/tulisan/data sesuai dengan kemampuan peserta didik; <i>memperkirakan</i> kemungkinan yang terjadi dari suatu informasi yang terkandung dalam suatu kalimat/paragraf/tulisan/data.
Menerapkan: Menggunakan informasi, konsep, prosedur, prinsip, hukum, teori yang sudah dipelajari untuk sesuatu yang baru/belum dipelajari	Kemampuan menggunakan pengetahuan seperti konsep massa, cahaya, suara, listrik, hukum Boyle, hukum Archimedes, dan sebagainya dalam mempelajari sesuatu yang belum pernah dipelajari sebelumnya.
Menganalisis: Menggunakan keterampilan yang telah dipelajarinya terhadap suatu informasi yang belum diketahuinya dalam mengelompokkan informasi,	Kemampuan mengelompokkan benda berdasarkan persamaan dan perbedaan ciri-cirinya, memberi nama bagi kelompok tersebut, menentukan apakah satu kelompok sejajar/lebih tinggi/lebih luas dari yang lain, menentukan mana yang lebih dulu dan mana yang



Kemampuan Berpikir	Deskripsi
menentukan keterhubungan antara satu kelompok/ informasi dengan kelompok/ informasi lainnya, antara fakta dengan konsep, antara argumentasi dengan kesimpulan, benang merah pemikiran antara satu karya dengan karya lainnya	belakangan muncul, menentukan mana yang memberikan pengaruh dan mana yang menerima pengaruh, menemukan keterkaitan antara fakta dengan kesimpulan, menentukan konsistensi antara apa yang dikemukakan di bagian awal dengan bagian berikutnya, menemukan pikiran pokok penulis/pembicara/nara sumber, menemukan kesamaan dalam alur berpikir antara satu karya dengan karya lainnya, dan sebagainya
Mengevaluasi: Menentukan nilai suatu benda atau informasi berdasarkan suatu kriteria	Kemampuan menilai apakah informasi yang diberikan berguna, apakah suatu informasi/benda menarik/menyenangkan bagi dirinya, adakah penyimpangan dari kriteria suatu pekerjaan/keputusan/ peraturan, memberikan pertimbangan alternatif mana yang harus dipilih berdasarkan kriteria, menilai benar/salah/bagus/jelek dan sebagainya suatu hasil kerja berdasarkan kriteria.
Mencipta: Membuat sesuatu yang baru dari apa yang sudah ada sehingga hasil tersebut merupakan satu kesatuan utuh dan berbeda dari komponen yang digunakan untuk membentuknya	Kemampuan membuat suatu cerita/tulisan dari berbagai sumber yang dibacanya, membuat suatu benda dari bahan yang tersedia, mengembangkan fungsi baru dari suatu benda, mengembangkan berbagai bentuk kreativitas lainnya.

Sumber: Olahan Anderson, dkk. 2001 (dalam Permendikbud nomor 104, 2007)).

Tabel 1.3. Deskripsi Dimensi Pengetahuan

Dimensi Pengetahuan	Deskripsi
Faktual	Pengetahuan tentang istilah, nama orang, nama benda, angka, tahun, dan hal-hal yang terkait secara khusus dengan suatu mata pelajaran.
Konseptual	Pengetahuan tentang kategori, klasifikasi, keterkaitan antara satu kategori dengan lainnya, hukum kausalita, definisi, teori.
Prosedural	Pengetahuan tentang prosedur dan proses khusus dari suatu mata pelajaran seperti algoritma, teknik, metoda, dan kriteria untuk



Dimensi Pengetahuan	Deskripsi
	menentukan ketepatan penggunaan suatu prosedur.
Metakognitif	Pengetahuan tentang cara mempelajari pengetahuan, menentukan pengetahuan yang penting dan tidak penting (<i>strategic knowledge</i>), pengetahuan yang sesuai dengan konteks tertentu, dan pengetahuan diri (<i>self-knowledge</i>).

Sumber: Olahan dari Andersen, dkk., 2001 (dalam Permendikbud nomor 104, 2007)

Bentuk-bentuk penilaian dalam aspek pengetahuan terdiri atas:

1) Tes tertulis.

Bentuk soal tes tertulis, yaitu:

- a) memilih jawaban, dapat berupa:
 - (1) pilihan ganda
 - (2) dua pilihan (benar-salah, ya-tidak)
 - (3) menjodohkan
 - (4) sebab-akibat
- b) mensuplai jawaban, dapat berupa:
 - (1) isian atau melengkapi
 - (2) jawaban singkat atau pendek
 - (3) uraian

Soal tes tertulis yang menjadi penilaian autentik adalah soal-soal yang menghendaki peserta didik merumuskan jawabannya sendiri, seperti soal-soal uraian. Soal-soal uraian menghendaki peserta didik mengemukakan atau mengekspresikan gagasannya dalam bentuk uraian tertulis dengan menggunakan kata-katanya sendiri, misalnya mengemukakan pendapat, berpikir logis, dan menyimpulkan. Kelemahan tes tertulis bentuk uraian antara lain cakupan materi yang ditanyakan terbatas dan membutuhkan waktu lebih banyak dalam mengoreksi jawaban.

2) Observasi Terhadap Diskusi, Tanya Jawab, dan Percakapan.

Penilaian terhadap pengetahuan peserta didik dapat dilakukan melalui observasi terhadap diskusi, tanya jawab, dan percakapan. Teknik ini adalah cerminan dari penilaian autentik. Ketika terjadi diskusi, guru dapat mengenal kemampuan peserta didik dalam kompetensi pengetahuan (fakta, konsep, prosedur) seperti melalui pengungkapan gagasan yang orisinal, kebenaran konsep, dan ketepatan



penggunaan istilah/fakta/prosedur yang digunakan pada waktu mengungkapkan pendapat, bertanya, atau pun menjawab pertanyaan. Seorang peserta didik yang selalu menggunakan kalimat yang baik dan benar menurut kaedah bahasa menunjukkan bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan tata bahasa yang baik dan mampu menggunakan pengetahuan tersebut dalam kalimat-kalimat.

Seorang peserta didik yang dengan sistematis dan jelas dapat menceritakan konsep keseimbangan lingkungan kepada teman-temannya, pada waktu menyajikan tugasnya atau menjawab pertanyaan temannya memberikan informasi yang sah dan autentik tentang pengetahuannya mengenai hukum keseimbangan lingkungan dan mengenai penerapan hukum keseimbangan lingkungan jika yang bersangkutan menjelaskan bagaimana menjaga keseimbangan lingkungan (bukan mengulang cerita guru, jika mengulangi cerita dari guru berarti yang bersangkutan memiliki pengetahuan). Seorang peserta didik yang mampu menjelaskan, misalnya menjelaskan pengertian jaringan, macam dan jenis jaringan serta kaitannya dengan fungsi organ memberikan informasi yang valid dan autentik tentang pengetahuan yang dimilikinya tentang konsep jaringan. Seorang peserta didik yang mampu menceritakan dengan kronologis tentang proses membuat tempe berdasarkan pengalamannya merupakan suatu bukti bahwa peserta didik yang bersangkutan memiliki pengetahuan dan keterampilan membuat tempe tersebut.

3) Penugasan

Instrumen penugasan berupa pekerjaan rumah dan/atau proyek yang dikerjakan secara individu atau kelompok sesuai dengan karakteristik tugasnya.

c. Keterampilan

Kompetensi keterampilan terdiri atas keterampilan abstrak dan keterampilan kongkret. Sasaran penilaian hasil belajar oleh pendidik pada keterampilan abstrak berupa kemampuan belajar adalah sebagai berikut.

Tabel 1.4. Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan

Kemampuan Belajar	Deskripsi
Mengamati	Perhatian pada waktu mengamati suatu objek/membaca suatu tulisan/mendengar suatu penjelasan, catatan yang dibuat tentang yang diamati, kesabaran, waktu (<i>on task</i>)



Kemampuan Belajar	Deskripsi
	yang digunakan untuk mengamati
Menanya	Jenis, kualitas, dan jumlah pertanyaan yang diajukan peserta didik (pertanyaan faktual, konseptual, prosedural, dan hipotetik)
Mengumpulkan informasi/mencoba	Jumlah dan kualitas sumber yang dikaji/digunakan, kelengkapan informasi, validitas informasi yang dikumpulkan, dan instrumen/alat yang digunakan untuk mengumpulkan data.
Menalar/mengasosiasi	Mengembangkan interpretasi, argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan informasi dari dua fakta/konsep, interpretasi argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan lebih dari dua fakta/konsep/teori, mensintesis dan argumentasi serta kesimpulan keterkaitan antarberbagai jenis fakta/konsep/teori/ pendapat; mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi, dan kesimpulan yang menunjukkan hubungan fakta/ konsep/teori dari dua sumber atau lebih yang tidak bertentangan; mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi dan kesimpulan dari konsep/teori/pendapat yang berbeda dari berbagai jenis sumber.
Mengomunikasikan	Menyajikan hasil kajian (dari mengamati sampai menalar) dalam bentuk tulisan, grafis, media elektronik, multi media dan lain-lain.

Sumber: Olahan Dyer (dalam Permendikbud nomor 104, 2007)

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada keterampilan kongkret adalah sebagai berikut.

Tabel 1.5. Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan Kongkret

Keterampilan kongkret	Deskripsi
Persepsi (<i>perception</i>)	Menunjukkan perhatian untuk melakukan suatu gerakan
Kesiapan (<i>set</i>)	Menunjukkan kesiapan mental dan fisik untuk melakukan suatu gerakan
Meniru (<i>guided response</i>)	Meniru gerakan secara terbimbing



Keterampilan kongkret	Deskripsi
Membiasakan gerakan (<i>mechanism</i>)	Melakukan gerakan mekanistik
Mahir (<i>complex or overt response</i>)	Melakukan gerakan kompleks dan termodifikasi
Menjadi gerakan alami (<i>adaptation</i>)	Menjadi gerakan alami yang diciptakan sendiri atas dasar gerakan yang sudah dikuasai sebelumnya
Menjadi tindakan orisinal (<i>origination</i>)	Menjadi gerakan baru yang orisinal dan sukar ditiru oleh orang lain dan menjadi ciri khasnya

Sumber: Olahan dari kategori Simpson (dalam Permendikbud nomor 104, 2007)

Penilaian kompetensi keterampilan dapat dilakukan dengan menggunakan:

1) Unjuk kerja/kinerja/praktik

Penilaian unjuk kerja/kinerja/praktik dilakukan dengan cara mengamati kegiatan peserta didik dalam melakukan sesuatu. Penilaian ini cocok digunakan untuk menilai ketercapaian kompetensi yang menuntut peserta didik melakukan tugas tertentu seperti: praktikum di laboratorium, praktik ibadah, praktik olahraga, presentasi, bermain peran, memainkan alat musik, bernyanyi, dan membaca puisi/deklamasi.

Penilaian unjuk kerja/kinerja/praktik perlu mempertimbangkan hal-hal berikut.

- Langkah-langkah kinerja yang perlu dilakukan peserta didik untuk menunjukkan kinerja dari suatu kompetensi.
- Kelengkapan dan ketepatan aspek yang akan dinilai dalam kinerja tersebut.
- Kemampuan-kemampuan khusus yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas.
- Kemampuan yang akan dinilai tidak terlalu banyak, sehingga dapat diamati.
- Kemampuan yang akan dinilai selanjutnya diurutkan berdasarkan langkah-langkah pekerjaan yang akan diamati.

Pengamatan unjuk kerja/kinerja/praktik perlu dilakukan dalam berbagai konteks untuk menetapkan tingkat pencapaian kemampuan tertentu. Misalnya untuk menilai kemampuan berbicara yang beragam dilakukan pengamatan terhadap kegiatan-kegiatan seperti: diskusi dalam kelompok kecil, berpidato, bercerita, dan wawancara. Dengan demikian, gambaran kemampuan peserta didik akan lebih utuh. Contoh untuk menilai unjuk kerja/kinerja/praktik di laboratorium dilakukan



pengamatan terhadap penggunaan alat dan bahan praktikum. Untuk menilai praktik olahraga, seni dan budaya dilakukan pengamatan gerak dan penggunaan alat olahraga, seni dan budaya.

Untuk mengamati unjuk kerja/kinerja/praktik peserta didik dapat menggunakan instrumen sebagai berikut:

b) Daftar cek

Dengan menggunakan daftar cek, peserta didik mendapat nilai bila kriteria penguasaan kompetensi tertentu dapat diamati oleh penilai.

c) Skala Penilaian (Rating Scale)

Penilaian kinerja yang menggunakan skala penilaian memungkinkan penilai memberi nilai tengah terhadap penguasaan kompetensi tertentu, karena pemberian nilai secara kontinum di mana pilihan kategori nilai lebih dari dua. Skala penilaian terentang dari tidak sempurna sampai sangat sempurna. Misalnya: 4 = sangat baik, 3 = baik, 2 = cukup, dan 1 = kurang.

2) Projek

Penilaian projek dapat digunakan untuk mengetahui pemahaman, kemampuan mengaplikasi, kemampuan menyelidiki dan kemampuan menginformasikan suatu hal secara jelas. Penilaian projek dilakukan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, sampai pelaporan. Untuk itu, guru perlu menetapkan hal-hal atau tahapan yang perlu dinilai, seperti penyusunan desain, pengumpulan data, analisis data, dan penyiapan laporan tertulis/lisan. Untuk menilai setiap tahap perlu disiapkan kriteria penilaian atau rubrik.

3) Produk

Penilaian produk meliputi penilaian kemampuan peserta didik membuat produk-produk, teknologi, dan seni, seperti: makanan (contoh: tempe, kue, asinan, baso, dan *nata de coco*), pakaian, sarana kebersihan (contoh: sabun, pasta gigi, cairan pembersih dan sapu), alat-alat teknologi (contoh: adaptor ac/dc dan bel listrik), hasil karya seni (contoh: patung, lukisan dan gambar), dan barang-barang terbuat dari kain, kayu, keramik, plastik, atau logam.

Pengembangan produk meliputi 3 (tiga) tahap dan setiap tahap perlu diadakan penilaian yaitu:



- a) Tahap persiapan, meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dan merencanakan, menggali, dan mengembangkan gagasan, dan mendesain produk.
- b) Tahap pembuatan produk (proses), meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dalam menyeleksi dan menggunakan bahan, alat, dan teknik.
- c) Tahap penilaian produk (appraisal), meliputi: penilaian produk yang dihasilkan peserta didik sesuai kriteria yang ditetapkan, misalnya berdasarkan, tampilan, fungsi dan estetika.

Penilaian produk biasanya menggunakan cara analitik atau holistik.

- a) Cara analitik, yaitu berdasarkan aspek-aspek produk, biasanya dilakukan terhadap semua kriteria yang terdapat pada semua tahap proses pengembangan (tahap: persiapan, pembuatan produk, penilaian produk).
- b) Cara holistik, yaitu berdasarkan kesan keseluruhan dari produk, biasanya dilakukan hanya pada tahap penilaian produk.

4) Portofolio

Penilaian portofolio pada dasarnya menilai karya-karya peserta didik secara individu pada satu periode untuk suatu mata pelajaran. Akhir suatu periode hasil karya tersebut dikumpulkan dan dinilai oleh guru dan peserta didik sendiri. Berdasarkan informasi perkembangan tersebut, guru dan peserta didik sendiri dapat menilai perkembangan kemampuan peserta didik dan terus menerus melakukan perbaikan. Dengan demikian, portofolio dapat memperlihatkan dinamika kemampuan belajar peserta didik melalui sekumpulan karyanya, antara lain: karangan, puisi, surat, komposisi musik, gambar, foto, lukisan, resensi buku/literatur, laporan penelitian, sinopsis dan karya nyata individu peserta didik yang diperoleh dari pengalaman.

Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan penilaian portofolio.

- a) Peserta didik merasa memiliki portofolio sendiri
- b) Tentukan bersama hasil kerja apa yang akan dikumpulkan
- c) Kumpulkan dan simpan hasil kerja peserta didik dalam 1 map atau folder
- d) Beri tanggal pembuatan
- e) Tentukan kriteria untuk menilai hasil kerja peserta didik
- f) Minta peserta didik untuk menilai hasil kerja mereka secara berkesinambungan



- g) Bagi yang kurang beri kesempatan perbaiki karyanya, tentukan jangka waktunya
- h) Bila perlu, jadwalkan pertemuan dengan orang tua

5) Tertulis

Selain menilai kompetensi pengetahuan, penilaian tertulis juga digunakan untuk menilai kompetensi keterampilan, seperti menulis karangan, menulis laporan, dan menulis surat.

10. Aspek-Aspek Pada Penilaian Proses dan Hasil Belajar

Pembelajaran saat ini menggunakan penilaian autentik, yaitu bentuk penilaian yang menghendaki peserta didik menampilkan sikap, menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dari pembelajaran dalam melakukan tugas pada situasi yang sesungguhnya. Penilaian autentik adalah suatu proses pengumpulan, pelaporan dan penggunaan informasi tentang hasil belajar siswa dengan menerapkan prinsip-prinsip penilaian, pelaksanaan berkelanjutan, bukti-bukti autentik, akurat, dan konsisten sebagai akuntabilitas publik (Pusat Kurikulum, 2009). Penilaian autentik berfokus pada tujuan, melibatkan pembelajaran secara langsung, membangun kerjasama, dan menanamkan tingkat berpikir yang lebih tinggi.

Dalam pelaksanaannya, penilaian hasil belajar oleh pendidik adalah proses pengumpulan informasi/bukti tentang capaian pembelajaran peserta didik dalam kompetensi sikap spiritual dan sikap sosial, kompetensi pengetahuan, dan kompetensi keterampilan yang dilakukan secara terencana dan sistematis, selama dan setelah proses pembelajaran. Penilaian autentik diartikan sebagai upaya mengevaluasi pengetahuan atau keahlian siswa dalam konteks yang mendekati dunia riil atau kehidupan nyata. Oleh karena itu, penilaian autentik sering disejajarkan dengan *performance assesment*, *alternative assessment*, *direct assessment*, dan *realistic assessment*. Dengan kata lain penilaian autentik dinamakan penilaian berbasis kinerja, karena dalam penilaian ini secara langsung mengukur kinerja aktual siswa, di mana siswa diminta untuk melakukan tugas-tugas yang bermakna dengan dunia nyata atau kontekstual.



Dalam penilaian autentik tersebut, lingkup penilaian hasil belajar oleh pendidik mencakup kompetensi sikap spiritual, kompetensi sikap sosial, kompetensi pengetahuan, dan kompetensi keterampilan. Oleh karena itu, aspek yang dinilai pun meliputi aspek spiritual, aspek sosial, aspek pengetahuan, dan aspek keterampilan. Tabel 1.6. berisikan gambaran umum dan rincian penilaian untuk masing-masing ranah.

Tabel 1.6. Gambaran umum Aspek dan Rincian Aspek Penilaian

No	Aspek Penilaian	Rincian Aspek Penilaian
1.	Pengetahuan (Dimensi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif)	Mengetahui
		Memahami
		Menerapkan
		Menganalisis
		Mengevaluasi
		Mencipta
2.	Sikap spiritual dan sikap sosial	Menerima
		Menanggapi
		Menghargai
		Menghayati
		Mengamalkan
3.	a. Keterampilan abstrak	Mengamati
		Menanya
		Mengumpulkan Informasi/Mencoba,
		Menalar/Mengasosiasi
		Mengomunikasikan
	b. Keterampilan konkrit	Meniru
		Melakukan
		Menguraikan
		Merangkai
		Memodifikasi
		mencipta.

1. Aspek Sikap pada Mata Pelajaran Biologi

Sikap adalah kecenderungan untuk merespons secara tepat terhadap stimulus atas dasar penilaian terhadap stimulus tersebut (Arifin, 2014). Respons yang



diberikan oleh seseorang terhadap suatu objek mungkin positif, mungkin juga negatif. Kondisi tersebut bergantung pada penilaian terhadap objek yang dimaksud apakah objek yang penting atau tidak. Sikap juga sebagai ekspresi atas nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sikap dapat dibentuk, sehingga terjadi perubahan perilaku atau tindakan yang diharapkan.

Sikap merupakan bagian dari ranah afektif yang mencakup aspek sikap itu sendiri, minat, konsep diri, dan moral. Ranah afektif merupakan bagian dari hasil belajar. Hasil belajar mencakup prestasi belajar, kecepatan belajar, dan hasil afektif. Andersen (dalam Direktorat Pembinaan SMA, 2010) sependapat dengan Bloom bahwa karakteristik manusia meliputi cara yang tipikal dari berpikir, berbuat, dan perasaan. Tipikal berpikir berkaitan dengan ranah kognitif, tipikal berbuat berkaitan dengan ranah psikomotor, dan tipikal perasaan berkaitan dengan ranah afektif. Ranah afektif mencakup watak perilaku seperti perasaan, minat, sikap, emosi, atau nilai.

Ada 5 (lima) tipe karakteristik afektif yang penting, yaitu sikap, minat, konsep diri, nilai, dan moral (Majid, 2014).

a. Sikap

Sikap merupakan suatu kecenderungan untuk bertindak secara suka atau tidak suka terhadap suatu objek. Sikap dapat dibentuk melalui cara mengamati dan menirukan sesuatu yang positif, kemudian melalui penguatan serta menerima informasi verbal.

Perubahan sikap dapat diamati dalam proses pembelajaran, tujuan yang ingin dicapai, keteguhan, dan konsistensi terhadap sesuatu. Penilaian sikap adalah penilaian yang dilakukan untuk mengetahui sikap peserta didik terhadap mata pelajaran, kondisi pembelajaran, pendidik, dan sebagainya.

Menurut Fishbein dan Ajzen (1975) sikap adalah suatu predisposisi yang dipelajari untuk merespon secara positif atau negatif terhadap suatu objek, situasi, konsep, atau orang. Sikap peserta didik terhadap objek misalnya sikap terhadap sekolah atau terhadap mata pelajaran. Sikap peserta didik ini penting untuk ditingkatkan (Popham, 1999). Sikap peserta didik terhadap mata pelajaran, misalnya bahasa Inggris, harus lebih positif setelah peserta didik mengikuti pembelajaran bahasa Inggris dibanding sebelum mengikuti pembelajaran.



Perubahan ini merupakan salah satu indikator keberhasilan pendidik dalam melaksanakan proses pembelajaran. Untuk itu pendidik harus membuat rencana pembelajaran termasuk pengalaman belajar peserta didik yang membuat sikap peserta didik terhadap mata pelajaran menjadi lebih positif.

b. Minat

Menurut Getzel (1966), minat adalah suatu disposisi yang terorganisir melalui pengalaman yang mendorong seseorang untuk memperoleh objek khusus, aktivitas, pemahaman, dan keterampilan untuk tujuan perhatian atau pencapaian. Sedangkan menurut kamus besar bahasa Indonesia (1990), minat atau keinginan adalah kecenderungan hati yang tinggi terhadap sesuatu. Hal penting pada minat adalah intensitasnya. Secara umum minat termasuk karakteristik afektif yang memiliki intensitas tinggi.

c. Konsep Diri

Menurut Smith, konsep diri adalah evaluasi yang dilakukan individu terhadap kemampuan dan kelemahan yang dimiliki. Target, arah, dan intensitas konsep diri pada dasarnya seperti ranah afektif yang lain. Target konsep diri biasanya orang tetapi bisa juga institusi seperti sekolah. Arah konsep diri bisa positif atau negatif, dan intensitasnya bisa dinyatakan dalam suatu daerah kontinum, yaitu mulai dari rendah sampai tinggi.

Konsep diri ini penting untuk menentukan jenjang karir peserta didik, yaitu dengan mengetahui kekuatan dan kelemahan diri sendiri, dapat dipilih alternatif karir yang tepat bagi peserta didik. Selain itu informasi konsep diri penting bagi sekolah untuk memberikan motivasi belajar peserta didik dengan tepat.

d. Nilai

Nilai menurut Rokeach (1968) merupakan suatu keyakinan tentang perbuatan, tindakan, atau perilaku yang dianggap baik dan yang dianggap buruk. Selanjutnya dijelaskan bahwa sikap mengacu pada suatu organisasi sejumlah keyakinan sekitar objek spesifik atau situasi, sedangkan nilai mengacu pada keyakinan.

Target nilai cenderung menjadi ide, target nilai dapat juga berupa sesuatu seperti sikap dan perilaku. Arah nilai dapat positif dan dapat negatif. Selanjutnya



intensitas nilai dapat dikatakan tinggi atau rendah tergantung pada situasi dan nilai yang diacu.

Definisi lain tentang nilai disampaikan oleh Tyler, yaitu nilai adalah suatu objek, aktivitas, atau ide yang dinyatakan oleh individu dalam mengarahkan minat, sikap, dan kepuasan. Selanjutnya dijelaskan bahwa manusia belajar menilai suatu objek, aktivitas, dan ide sehingga objek ini menjadi pengatur penting minat, sikap, dan kepuasan. Oleh karenanya satuan pendidikan harus membantu peserta didik menemukan dan menguatkan nilai yang bermakna dan signifikan bagi peserta didik untuk memperoleh kebahagiaan personal dan memberi kontribusi positif terhadap masyarakat.

e. Moral

Piaget dan Kohlberg banyak membahas tentang perkembangan moral anak. Namun Kohlberg mengabaikan masalah hubungan antara *judgement* moral dan tindakan moral. Mereka hanya mempelajari prinsip moral seseorang melalui penafsiran respon verbal terhadap dilema hipotetikal atau dugaan, bukan pada bagaimana sesungguhnya seseorang bertindak.

Moral berkaitan dengan perasaan salah atau benar terhadap kebahagiaan orang lain atau perasaan terhadap tindakan yang dilakukan diri sendiri. Misalnya menipu orang lain, membohongi orang lain, atau melukai orang lain baik fisik maupun psikis. Moral juga sering dikaitkan dengan keyakinan agama seseorang, yaitu keyakinan akan perbuatan yang berdosa dan berpahala. Jadi moral berkaitan dengan prinsip, nilai, dan keyakinan seseorang.

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh pendidik terhadap kompetensi sikap spiritual dan kompetensi sikap sosial meliputi tingkatan sikap menerima, menanggapi, menghargai, menghayati, dan mengamalkan nilai spiritual dan nilai sosial. Menurut Krathwohl (1961) bila ditelusuri hampir semua tujuan kognitif mempunyai komponen afektif. Dalam pembelajaran sains, misalnya di dalamnya ada komponen sikap ilmiah. Sikap ilmiah adalah bagian dari komponen afektif. Tingkatan ranah afektif menurut taksonomi Krathwohl ada lima, yaitu: *receiving* (*attending*), *responding*, *valuing*, *organization*, dan *characterization*.



a. Tingkat *receiving*

Pada tingkat *receiving* atau *attending*, peserta didik memiliki keinginan memperhatikan suatu fenomena khusus atau stimulus, misalnya kelas, kegiatan, musik, buku, dan sebagainya. Tugas pendidik mengarahkan perhatian peserta didik pada fenomena yang menjadi objek pembelajaran afektif. Misalnya pendidik mengarahkan peserta didik agar senang membaca buku, senang bekerjasama, dan sebagainya. Kesenangan ini akan menjadi kebiasaan, dan hal ini yang diharapkan, yaitu kebiasaan yang positif.

b. Tingkat *responding*

Responding merupakan partisipasi aktif peserta didik, yaitu sebagai bagian dari perilakunya. Pada tingkat ini peserta didik tidak saja memperhatikan fenomena khusus tetapi ia juga bereaksi. Hasil pembelajaran pada ranah ini menekankan pada pemerolehan respons, berkeinginan memberi respons, atau kepuasan dalam memberi respons. Tingkat yang tinggi pada kategori ini adalah minat, yaitu hal-hal yang menekankan pada pencarian hasil dan kesenangan pada aktivitas khusus. Misalnya, senang membaca buku, senang bertanya, senang membantu teman, senang dengan kebersihan dan kerapian, dan sebagainya.

c. Tingkat *valuing*

Valuing melibatkan penentuan nilai, keyakinan atau sikap yang menunjukkan derajat internalisasi dan komitmen. Derajat rentangannya mulai dari menerima suatu nilai, misalnya keinginan untuk meningkatkan keterampilan, sampai pada tingkat komitmen. *Valuing* atau penilaian berbasis pada internalisasi dari seperangkat nilai yang spesifik. Hasil belajar pada tingkat ini berhubungan dengan perilaku yang konsisten dan stabil agar nilai dikenal secara jelas. Dalam tujuan pembelajaran, penilaian ini diklasifikasikan sebagai sikap dan apresiasi.

d. Tingkat *organization*

Pada tingkat *organization*, nilai satu dengan nilai lain dikaitkan, konflik antar nilai diselesaikan, dan mulai membangun sistem nilai internal yang konsisten. Hasil pembelajaran pada tingkat ini berupa konseptualisasi nilai atau organisasi sistem nilai. Misalnya pengembangan filsafat hidup.



e. **Tingkat characterization**

Tingkat ranah afektif tertinggi adalah *characterization* nilai. Pada tingkat ini peserta didik memiliki sistem nilai yang mengendalikan perilaku sampai pada waktu tertentu hingga terbentuk gaya hidup. Hasil pembelajaran pada tingkat ini berkaitan dengan pribadi, emosi, dan sosial.

Sikap bermula dari perasaan (suka atau tidak suka) yang terkait dengan kecenderungan seseorang dalam merespon sesuatu/objek. Sikap juga sebagai ekspresi dari nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sikap dapat dibentuk, sehingga terjadi perubahan perilaku atau tindakan yang diharapkan.

Contoh sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada ranah sikap spiritual dan sikap sosial pada mata pelajaran Biologi adalah sebagai berikut.

Tabel 1.7. Sasaran Penilaian Aspek Sikap

Tingkatan Sikap	Deskripsi Sikap
Menerima nilai	Kesediaan menerima suatu nilai dan memberikan perhatian terhadap nilai tersebut
Menanggapi nilai	Kesediaan menjawab suatu nilai dan ada rasa puas dalam membicarakan nilai tersebut
Menghargai nilai	Menganggap nilai tersebut baik; menyukai nilai tersebut; dan komitmen terhadap nilai tersebut
Menghayati nilai	Memasukkan nilai tersebut sebagai bagian dari sistem nilai dirinya
Mengamalkan nilai	Mengembangkan nilai tersebut sebagai ciri dirinya dalam berpikir, berkata, berkomunikasi, dan bertindak (karakter)

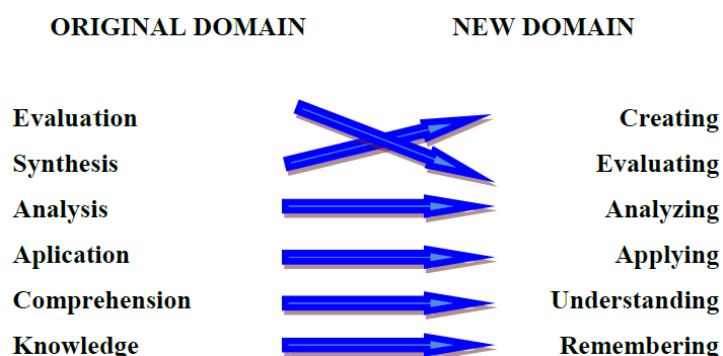
Dalam kaitannya dengan penilaian, pemilihan kata kerja operasional pada indikator pencapaian kompetensi yang tepat memegang peranan penting untuk mengukur pencapaian kompetensi dasar oleh siswa dalam pembelajaran. Kata kerja operasional aspek sikap merupakan acuan bagi guru dalam mendeteksi perubahan perilaku sehingga guru dapat mengukurnya. Berikut ini kata kerja operasional yang dapat digunakan dalam aspek sikap.



- a. **Menerima:** Memilih, Mempertanyakan, Mengikuti, Memberi, Menganut, Mematuhi, Meminati.
- b. **Menanggapi:** Menjawab, Membantu, Mengajukan, Mengompromika, Menyenangi, Menyambut, Mendukung, Menyetujui, Menampilkan, Melaporkan, Memilih, Mengatakan, Memilah, Menolak.
- c. **Menilai:** Mengasumsikan, Meyakini, Melengkapi, Meyakinkan, Memperjelas, memprakarsai, Mengimani, Mengundang, Menggabungkan, Mengusulkan, Menekankan, Menyumbang.
- d. **Mengelola:** Menganut, Mengubah, Menata, Mengklasifikasikan, Mengombinasikan, Mempertahankan, Membangun, Membentuk pendapat, Memadukan, Mengelola, Menegosiasi, Merembuk.
- e. **Menghayati:** Mengubah perilaku, Berakhlak mulia, Mempengaruhi, Mendengarkan, Mengkualifikasi, Melayani, Menunjukkan, Membuktikan, Memecahkan.

2. Aspek Kognitif dalam Mata Pelajaran Biologi

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik terhadap kompetensi pengetahuan, meliputi tingkatan kemampuan mengetahui, memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, pengetahuan prosedural, dan pengetahuan metakognitif. Tingkatan pengetahuan ini mengacu pada tingkatan Taksonomi Bloom yang baru. Sebelumnya, kita mengenal mengenal klasifikasi secara hirarkhis terhadap ranah kognitif Bloom menjadi enam tingkatan, dengan penomoran C1 sampai C6, yang terdiri atas: (C1) *knowledge* (pengetahuan), (C2) *comprehension* (pemahaman atau persepsi), (C3) *application* (penerapan), (C4) *analysis* (penguraian atau penjabaran), (C5) *synthesis* (pemaduan), dan (C6) *evaluation* (penilaian).



Pada Taksonomi Bloom yang baru terdapat pemisahan yang tegas antara dimensi pengetahuan dengan dimensi proses kognitif. Kalau pada taksonomi yang lama dimensi pengetahuan dimasukkan pada jenjang paling bawah (Pengetahuan), pada taksonomi yang baru pengetahuan benar-benar dipisah dari dimensi proses kognitif. Pemisahan ini dilakukan sebab dimensi pengetahuan berbeda dari dimensi proses kognitif. Pengetahuan merupakan kata benda sedangkan proses kognitif merupakan kata kerja. Setidaknya ada dua nilai positif dari taksonomi yang baru ini dalam kaitannya dengan asesmen. Pertama, karena pengetahuan dipisah dengan proses kognitif, guru dapat segera mengetahui jenis pengetahuan mana yang belum diukur. Pengetahuan prosedural dan pengetahuan metakognitif merupakan dua macam pengetahuan yang dalam taksonomi yang lama kurang mendapat perhatian. Dengan dimunculkannya pengetahuan prosedural, guru Biologi akan lebih terdorong mengembangkan soal untuk mengukur keterampilan proses siswa yang selama ini masih sering terabaikan.

Tabel 1.8. Dimensi Pengetahuan dan Proses Kognitif

Dimensi Pengetahuan	Dimensi Proses Kognitif
Pengetahuan Faktual a. Pengetahuan tentang terminologi b. Pengetahuan tentang bagian detail dan unsur- unsur	C.1. Mengingat (Remember) 1. Mengenali (<i>recognizing</i>) 2. Mengingat (<i>recalling</i>)
Pengetahuan Konseptual a. Pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori b. Pengetahuan tentang prinsip dan generalisasi	C.2. Memahami (<i>Understand</i>) 1. Menafsirkan (<i>interpreting</i>) 2. Memberi contoh (<i>exemplifying</i>)



Dimensi Pengetahuan	Dimensi Proses Kognitif
c. Pengetahuan tentang teori, model dan struktur	3. Meringkas (<i>summarizing</i>) 4. Menarik inferensi (<i>inferring</i>) 5. Membandingkan (<i>comparing</i>) 6. Menjelaskan (<i>explaining</i>)
Pengetahuan Prosedural a. Pengetahuan tentang keterampilan khusus yg berhubungan dgn suatu bidang tertentu dan pengetahuan algoritma b. Pengetahuan tentang teknik dan metode c. Pengetahuan tentang kriteria penggunaan suatu prosedur	C.3. Mengaplikasikan (<i>Apply</i>) 1. Menjalankan (<i>executing</i>) 2. Mengimplementasikan (<i>implementing</i>)
4. Pengetahuan Metakognitif a. Pengetahuan strategik b. Pengetahuan tentang operasi kognitif c. Pengetahuan tentang diri sendiri	C.4. Menganalisis (<i>Analyze</i>) 1. Menguraikan (<i>differentiating</i>) 2. Mengorganisir (<i>organizing</i>) 3. Menemukan makna tersirat (<i>attributing</i>)
	C.5. Evaluasi (<i>Evaluate</i>) 1. Memeriksa (<i>Checking</i>) 2. Mengkritik (<i>Critiquing</i>)
	C.6. Membuat (<i>Create</i>) 1. Merumuskan (<i>generating</i>) 2. Merencanakan (<i>planning</i>) 3. Memproduksi (<i>producing</i>)

Setiap tingkatan kognitif dicirikan dengan karakteristik kegiatan pembelajaran yang berbeda-beda. Berikut ini sasaran penilaian hasil belajar Biologi oleh pendidik pada aspek kognitif sesuai dengan kegiatan pembelajarannya.

Tabel 1.9. Sasaran Penilaian Hasil Belajar Biologi untuk Aspek Kognitif

No.	Kategori	Deskripsi
1	Mengingat	Kemampuan menyebutkan kembali informasi / pengetahuan yang tersimpan dalam ingatan. Contoh: menyebutkan pengertian suhu dan kalor
2	Memahami	Kemampuan memahami instruksi dan menegaskan pengertian/makna ide atau konsep yang telah diajarkan baik



		dalam bentuk lisan, tertulis, maupun grafik/diagram Contoh : Merangkum materi pembiasan cahaya
3	Menerapkan	Kemampuan melakukan sesuatu dan mengaplikasikan konsep dalam situasi tertentu. Contoh: membuat kamera lubang jarum
4	Menganalisis	Kemampuan memisahkan konsep ke dalam beberapa komponen dan menghubungkan satu sama lain untuk memperoleh pemahaman atas konsep tersebut secara utuh. Contoh: Menganalisis penyebab terjadinya pemanasan global.
5	Mengevaluasi	Kemampuan menetapkan derajat sesuatu berdasarkan norma, kriteria atau patokan tertentu Contoh: Membandingkan kualitas bahan berdasarkan daya hantar listriknya.
6	Mencipta	Kemampuan memadukan unsur-unsur menjadi sesuatu bentuk baru yang utuh dan koheren, atau membuat sesuatu yang orisinal. Contoh: Membuat poster hemat energi dengan bentuk yang berbeda dari yang sudah ada

Berikut ini adalah daftar pilihan kata kerja operasional yang dapat digunakan dalam mengembangkan indikator dalam ranah kognitif (*knowledge*).

Tabel 1.10. Kata Kerja Operasional untuk Aspek Kognitif

Mengetahui	Memahami	Mengaplikasikan	Menganalisis	Mengevaluasi	Mencipta
Mengutip	Memperkirakan	Menugaskan	Menganalisis	Membandingkan	Mengabstraksi
Menyebutkan	Menjelaskan	Mengurutkan	Mengaudit	Menyimpulkan	Mengatur
Menjelaskan	Mengategorikan	Menentukan	Memecahkan	Menilai	Menganimasi
Menggambar	Mengasosiasikan	Menerapkan	Mendiagnosis	Mengarahkan	Mengumpulkan
Menunjukkan	Membandingkan	Mengklasifikasi	Menyeleksi	Mengkritik	Mengkombinasikan
Memberi label	Menghitung	Menghitung	Memerinci	Menimbang	Menyusun
Memberi indeks	Mengkontraskan	Membangun	Mendiagramkan	Memutuskan	Mengarang
Memasangkan	Mempertahankan	Mengurutkan	Mengkorelasikan	Menugaskan	Membangun
Menamai	Menguraikan	Membiasakan	Merasionalkan	Menafsirkan	Menghubungkan
.....

Sumber: Ratnawulan, (2014). Diunduh dari
http://file.upi.edu/Direktori/SPS/PRODIPENDIDIKAN_IPA/197404171999032-ANA_RATNAWULAN/taksonomi_Bloom_revisi.pdf



3. Aspek Keterampilan pada Mata Pelajaran Biologi

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik terhadap kompetensi keterampilan mencakup keterampilan abstrak dan keterampilan konkrit. Keterampilan abstrak merupakan kemampuan belajar yang meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan informasi/mencoba, menalar/mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Adapun keterampilan konkrit merupakan kemampuan belajar yang meliputi meniru, melakukan, menguraikan, merangkai, memodifikasi, dan mencipta.

Kompetensi keterampilan terdiri atas keterampilan abstrak dan keterampilan kongkret. Sasaran penilaian hasil belajar Biologi oleh pendidik pada keterampilan abstrak berupa kemampuan belajar sebagai berikut.

Tabel 1.11. Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan Abstrak

Kemampuan Belajar	Deskripsi	Contoh Keterampilan dalam Pembelajaran Biologi
Mengamati	Perhatian pada waktu mengamati suatu objek/membaca suatu tulisan/mendengar suatu penjelasan, catatan yang dibuat tentang yang diamati, kesabaran, waktu (<i>on task</i>) yang digunakan untuk mengamati	Melakukan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong dan mikrometer sekrup, perhatikan posisi pengamatan, penyajian hasil pengukuran, penggunaan angka penting.
Menanya	Jenis, kualitas, dan jumlah pertanyaan yang diajukan peserta didik (pertanyaan faktual, konseptual, prosedural, dan hipotetik)	Mengajukan pertanyaan dan argumentasi kritis serta relevan dengan topik pembahasan pada saat diskusi kelompok atau diskusi kelas
Mengumpulkan informasi/mencoba	Jumlah dan kualitas sumber yang dikaji/digunakan, kelengkapan informasi, validitas informasi yang dikumpulkan, dan instrumen/alat yang digunakan untuk mengumpulkan data.	Merencanakan pembuatan motor listrik dengan menggali informasi dari pengrajin, buku, dan artikel di internet. Selanjutnya merencanakan alat-alat serta prosedur pembuatan motor listrik.



Kemampuan Belajar	Deskripsi	Contoh Keterampilan dalam Pembelajaran Biologi
Menalar/ mengasosiasi	Mengembangkan interpretasi, argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan informasi dari dua fakta/konsep, interpretasi argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan lebih dari dua fakta/konsep/teori, mensintesis dan argumentasi serta kesimpulan keterkaitan antarberbagai jenis fakta/konsep/teori/ pendapat; mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi, dan kesimpulan yang menunjukkan hubungan fakta/ konsep/teori dari dua sumber atau lebih yang tidak bertentangan; mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi dan kesimpulan dari konsep/teori/pendapat yang berbeda dari berbagai jenis sumber.	Mengajukan argumentasi dan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang akurat atas data yang diperoleh pada pelaksanaan praktikum
Mengomunikasikan	Menyajikan hasil kajian (dari mengamati sampai menalar) dalam bentuk tulisan, grafis, media elektronik, multi media dan lain-lain.	Menyajikan grafik hasil praktikum, menyajikan gambar hasil pengamatan batuan, menyajikan bahan tayang, dan menyusun laporan dengan tepat dan baik

Sumber: Olahan Dyer (dalam Permendikbud nomor 104, 2007)

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada keterampilan kongkret dengan contoh keterampilan pada mata pelajaran Biologi, sebagai berikut.



Tabel 1.12. Deskripsi Penilaian Hasil Belajar Domain Keterampilan Kongkret

Keterampilan kongkret	Deskripsi	Contoh Keterampilan dalam Pembelajaran Biologi
Persepsi (<i>perception</i>)	Menunjukkan perhatian untuk melakukan suatu gerakan	Mengamati guru saat mencontohkan membuat motor listrik, kemudian mencobanya.
Kesiapan (<i>set</i>)	Menunjukkan kesiapan mental dan fisik untuk melakukan suatu gerakan	Menggunakan jas laboratorium dengan baik sebelum praktikum dan selalu antusias mengikuti arahan melakukan kegiatan
Meniru (<i>guided response</i>)	Meniru gerakan secara terbimbing	Menggunakan volt meter dan ampere meter untuk mengamati sifat ohmik suatu penghantar sesuai bimbingan guru dengan baik
Membiasakan gerakan (<i>mechanism</i>)	Melakukan gerakan mekanistik	Terlatih menimbang dan membaca skala saat mengukur volume zat cair
Mahir (<i>complex or overt response</i>)	Melakukan gerakan kompleks dan termodifikasi	Membuat desain pesawat sederhana dari katrol dan pengungkit.
Menjadi gerakan alami (<i>adaptation</i>)	Menjadi gerakan alami yang diciptakan sendiri atas dasar gerakan yang sudah dikuasai sebelumnya	Menggambar grafik hasil pengamatan dengan menambahkan keterangan pada grafik
Menjadi tindakan orisinal (<i>origination</i>)	Menjadi gerakan baru yang orisinal dan sukar ditiru oleh orang lain dan menjadi ciri khasnya	Menggambar bentuk batuan dengan presisi gambar yang tepat

Sumber: Olahan dari kategori Simpson (dalam Permendikbud nomor 104, 2007)

Indikator sikap merupakan perilaku (behavior) siswa yang diharapkan tampak setelah siswa mengikuti pembelajaran untuk mencapai kompetensi yang telah ditetapkan. Selama proses pembelajaran Biologi, diperlukan kegiatan yang berkaitan dengan percobaan, dan penemuan atau pembuktian konsep. Kegiatan ini melibatkan aktivitas fisik, misalnya merangkai, mengukur, dan membuat.



Tabel 1.13. Kata Kerja Operasional Aspek Keterampilan

Menirukan	Memanipulasi	Pengalamiahan	Artikulasi
Mengaktifkan	Mengoreksi	Mengalihkan	Mengalihkan
Menyesuaikan	Mendemonstrasikan	Menggantikan	Mempertajam
Menggabungkan	Merancang	Memutar	Membentuk
Melamar	Memilah	Mengirim	Memadankan
Mengatur	Melatih	Memindahkan	Menggunakan
Mengumpulkan	Memperbaiki	Mendorong	Memulai
Menimbang	Menidentifikasi	Menarik	Menyetir
Memperkecil	Mengisi	Memproduksi	Menjeniskan
Membangun	Menenpatkan	Mencampur	Menempel
Mengubah	Membuat	Mengoperasikan	Menseketsa
Membersihkan	Memanipulasi	Mengemas	Melonggarkan
Memposisikan	Merepasi	Membungkus	Menimbang
Mengontruksi	Mencampur		

D. Aktivitas Pembelajaran

Untuk mengkaji modul ini, guru harus mempelajari seluruh pokok bahasan yang dijelaskan di dalam bahan ajar ini. Aktivitas pembelajaran yang disarankan adalah:

1. membaca keseluruhan materi, dengan dilanjutkan membuat jurnal belajar yang berisi, materi yang dipelajari, hal-hal yang bermanfaat, hal-hal yang belum dipahami, upaya untuk mengatasinya.
2. berdiskusi secara kelompok untuk merumuskan indikator-indikator dari KI dan KD terpilih.
3. Mengerjakan soal-soal latihan kasus dan tugas.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Berikut ini kompetensi dasar mata pelajaran biologi.

Kompetensi Dasar
1.1 Mengagumi keteraturan dan kompleksitas ciptaan Tuhan tentang keanekaragaman hayati, ekosistem, dan lingkungan hidup.
1.2 Menyadari dan mengagumi pola pikir ilmiah dalam kemampuan mengamati bioproses.
1.3 Peka dan peduli terhadap permasalahan lingkungan hidup, menjaga dan



Kompetensi Dasar	
	menyayangi lingkungan sebagai manifestasi pengamalan ajaran agama yang dianutnya.
2.1	Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur sesuai data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium.
2.2	Peduli terhadap keselamatan diri dan lingkungan dengan menerapkan prinsip keselamatan kerja saat melakukan kegiatan pengamatan dan percobaan di laboratorium dan di lingkungan sekitar.
3.3	Menerapkan konsep tentang keterkaitan hubungan antara struktur sel pada jaringan tumbuhan dengan fungsi organ pada tumbuhan berdasarkan hasil pengamatan.
4.3	Menyajikan data tentang struktur anatomi jaringan pada tumbuhan berdasarkan hasil pengamatan untuk menunjukkan pemahaman hubungan antara struktur dan fungsi jaringan pada tumbuhan terhadap bioproses yang berlangsung pada tumbuhan.

Buatlah indikator pencapaian kompetensi untuk seluruh kompetensi dasar pada KI 3 dan KI 4., serta rancangan kegiatan pembelajarannya. Pilihlah kompetensi dasar pada KI 1 dan KI 2 yang relevan dengan rancangan kegiatan pembelajaran. Selanjutnya buatlah indikator pencapaian kompetensi dasar pada KI 1 dan KI 2 yang telah anda pilih tersebut. Komponen-komponen yang anda buat harus dapat menggambarkan keterkaitan yang linier dan logis.



KD	Indikator Pencapaian Kompetensi	Rancangan Kegiatan Pembelajaran	Rancangan Penilaian

F. Rangkuman

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilakukan untuk memantau proses, kemajuan belajar, dan perbaikan hasil belajar peserta didik secara berkesinambungan. Penilaian hasil belajar oleh pendidik memiliki peran antara lain untuk membantu peserta didik mengetahui capaian pembelajaran (*learning outcomes*). Penggunaan penilaian autentik (*authentic assesment*) lebih mampu memberikan informasi kemampuan peserta didik secara holistik dan valid. Oleh karena itu, Pendidik dalam melakukan penilaian lingkup sikap, pengetahuan, dan keterampilan harus memperhatikan fungsi, tujuan, acuan, prinsip dan lingkup penilaian dalam pembelajaran Biologi, serta ketuntasan belajar Biologi.

Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh pendidik terhadap kompetensi sikap spiritual dan kompetensi sikap sosial meliputi tingkatan sikap menerima, menanggapi, menghargai, menghayati, dan mengamalkan nilai spiritual dan nilai sosial. Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik terhadap kompetensi pengetahuan, meliputi tingkatan kemampuan mengetahui, memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi pengetahuan faktual, pengetahuan konseptual, pengetahuan prosedural, dan pengetahuan metakognitif. Sasaran Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik terhadap kompetensi keterampilan mencakup keterampilan abstrak dan keterampilan konkrit. Keterampilan abstrak merupakan kemampuan belajar yang meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan informasi/mencoba, menalar/mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Adapun keterampilan konkrit merupakan kemampuan belajar yang meliputi meniru, melakukan, menguraikan, merangkai, memodifikasi, dan mencipta.



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran ini merupakan konsep dasar/esensial yang terdapat dalam keseluruhan materi *penilaian dan evaluasi*. Masih terdapat kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi. Untuk itu, silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka.

Setelah menyelesaikan soal latihan, 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%, 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.

EVALUASI

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Saat ini, dalam mengembangkan aspek kognitif siswa mengacu pada tingkat pengembangan Taksonomi Bloom yang telah direvisi. Perbedaan antara Taksonomi Bloom yang telah direvisi dengan yang sebelumnya adalah
 - A. pada Taksonomi Bloom baru, evaluasi menjadi tingkatan kognitif ke-6
 - B. pada Taksonomi Bloom baru, sintesis disempurnakan menjadi membuat
 - C. pada Taksonomi Bloom baru terjadi perubahan level untuk pengetahuan dan pemahaman
 - D. pada Taksonomi Bloom baru, posisi aplikasi mengalami penurunan tingkatan

2. Urutan yang benar tingkatan aspek sikap yang diharapkan muncul pada kurikulum 2013 adalah
 - A. menerima→menghargai→menanggapi →menghayati→mengamalkan
 - B. menerima→ menghayati→menghargai→menanggapi → mengamalkan
 - C. menerima→ menghayati→menanggapi i→menghargai → mengamalkan
 - D. menerima→menanggapi→menghargai→menghayati→mengamalkan

3. Berikut ini kompetensi dasar pada KI 3.

Menerapkan pemahaman tentang prinsip reproduksi manusia untuk menanggulangi pertumbuhan penduduk melalui program keluarga berencana (KB) dan peningkatan kualitas hidup SDM melalui pemberian ASI eksklusif.

Berikut ini indikator pencapaian kompetensi pengetahuan tersebut.

1. Memprediksi kondisi perekonomian akibat pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali



2. Menjelaskan prinsip pemanfaatan alat kontrasepsi
3. Mengidentifikasi Jenis-jenis dan prinsip alat kontrasepsi
4. Menjelaskan manfaat asi bagi pertumbuhan anak
5. Mengusulkan usaha-usaha untuk meningkatkan pemberian asi pada anak oleh ibu.
6. Membuat poster untuk meningkatkan peran ibu dalam pemberian asi pada anak

Indikator pengetahuan yang sesuai dengan kompetensi tersebut adalah

- A. 1, 2, 3, dan 4
- B. 2, 3, 4, dan 5
- C. 3, 4, 5, dan 6
- D. 1, 2, 3, dan 5

4. Berikut ini pasangan kompetensi dasar dari KI 2 dan KI 3.

2.1. Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur sesuai data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium.

4.4. Menganalisis berbagai proses pada sel yang meliputi: mekanisme transpor pada membran, difusi, osmosis, transpor aktif, endositosis, dan eksositosis, reproduksi, dan sintesis protein sebagai dasar pemahaman bioproses dalam sistem hidup.

Rumusan indikator untuk aspek sikap yang tepat untuk kompetensi dasar tersebut adalah

- A. menunjukkan sikap teliti dalam eksperimen osmosis kentang
- B. bertindak responsif dalam melakukan eksperimen difusi larutan
- C. menganalisis data hasil eksperimen osmosis kentang dengan cepat



D. Santun dalam mengajukan argumentasi ketika dikusi osmosis

5. Nina menggunakan jas laboratorium sebelum memasuki laboratorium untuk praktik. Adapaun Wawan menggunakan jas laboratorium di ruangan laboratorium saat diminta oleh guru biologi saat akan melakukan praktikum. Perbedaan tingkat sikap antara nina dan wawan adalah

	Nina	Wawan
A	Menarima	Menghargai
B	Menghargai	Menerima
C	Menanggapi	Mengamalkan
D	Mengamalkan	Menanggapi

6. Berikut ini kompetensi dasar pada KI 4.

4.1 Melakukan kampanye anti narkoba melalui berbagai bentuk media komunikasi baik di lingkungan sekolah maupun masyarakat.

Rumusan indikator keterampilan yang tepat sesuai kompetensi dasar tersebut adalah

- A. mempresentasikan cara membuat poster narkoba sebagai media komunikasi
- B. menyusun laporan tertulis pengaruh narkoba bagi kesehatan tubuh remaja
- C. membuat poster anti narkoba untuk di tempel di lingkungan sekolah
- D. mendiskusikan topik anti narkoba untuk bahan kampanye di masyarakat

7. Perhatikan kasus berikut ini.

Sekelompok siswa merencanakan pembuatan tempe untuk memenuhi kegiatan pembelajaran pemanfaatan mikroorganisme bagi kehidupan manusia. Mereka menggali informasi tentang cara pembuatan tempe dari dari pengrajin, buku, dan artikel di internet.

Berdasarkan kasus tersebut, keterampilan abstrak yang terlatih melalui kegiatan tersebut adalah

- A. mengamati, menanya, dan mengumpulkan informasi



- B. mengamati, mengumpulkan informasi, dan menalar
- C. menanya, mengumpulkan informasi, dan mengomunikasikan
- D. mengumpulkan informasi, menalar, dan mengomunikasikan

8. Berikut ini kompetensi dasar pada KI 4.

4.2 Merencanakan dan melakukan kampanye tentang upaya penanggulangan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kualitas SDM melalui program keluarga berencana (KB) dan pemberian ASI eksklusif dalam bentuk poster dan spanduk.

Untuk memenuhi kompetensi tersebut, guru menugaskan siswa untuk melakukan kegiatan pembelajaran secara mandiri. Kegiatan yang pertama dilakukan oleh siswa adalah diskusi tentang KB, peningkatan jumlah penduduk, dan ASI. Selanjutnya mereka merencanakan membuat poster tentang manfaat asi bagi kualitas SDM dan mengajak masyarakat untuk memberikan ASI. Setelah disepakati, kemudian siswa membuat posternya untuk ditempelkan di lingkungan warga.

Aspek keterampilan konkret yang terlatih telatih jika siswa melaksanakan pembelajaran dengan benar adalah

- A. membiasakan gerakan (*mechanism*), mahir (*complex or overt response*)
- B. meniru (*guided response*), dan Menjadi gerakan alami (*adaptation*)
- C. mahir (*complex or overt response*), dan menjadi gerakan alami (*adaptation*)
- D. membiasakan gerakan (*mechanism*), dan menjadi gerakan alami (*adaptation*)

9. Perhatikan tabel berikut ini.

Kompetensi Dasar	Topik Biologi
Memahami peran enzim dalam proses metabolisme dan menyajikan data tentang proses metabolisme berdasarkan hasil investigasi dan studi literatur untuk memahami proses pembentukan energi	1. Enzim dalam metabolisme 2. Fotosintesis 3. Transportasi karbohidrat 4. Respirasi aerob 5. Respirasi anaerob



Kompetensi Dasar	Topik Biologi
pada makhluk hidup.	6. Katabolisme protein 7. Sintesis Protein 8. Katabolisme lemak

Pengetahuan biologi yang tepat yang dapat dikuasai siswa jika melakukan pembelajaran dengan baik adalah

- A. 1, 2, 3, 4, 5, dan 6
 - B. 1, 2, 3, 6, 7, dan 8
 - C. 1, 2, 4, 5, 6, dan 8
 - D. 1, 2, 4, 5, 7, dan 8
10. Dalam kegiatan praktikum guru biologi menanamkan sikap peduli terhadap keselamatan diri dengan menerapkan prinsip keselamatan kerja saat melakukan kegiatan pengamatan dan percobaan di laboratorium harus dilakukan oleh siswa. Kasus yang menunjukkan bahwa siswa sudah mengamalkan nilai adalah
- A. siswa menunjukkan sikap tekun dan serius dalam melakukan kegiatan di laboratorium jika guru mengawasinya kegiatan dengan baik
 - B. siswa selalu tekun dan serius melakukan kegiatan setiap kali bekerja di laboratorium untuk menghindari kecelakaan
 - C. siswa menunjukkan sikap tekun dan serius dalam melakukan kegiatan di laboratorium jika dingatkan guru untuk menghindari kecelakaan
 - D. siswa bekerja serius dan tekun pada saat melakukan praktikum atau pun kegiatan diskusi di kelas untuk menghindari kecelakaan

PENUTUP

Penilaian Hasil Belajar oleh pendidik memiliki fungsi untuk memantau kemajuan belajar, memantau hasil belajar, dan mendeteksi kebutuhan perbaikan hasil belajar peserta didik secara berkesinambungan. Dalam pelaksanaannya, penilaian hasil belajar harus dilakukan secara terencana dan sistematis, selama dan setelah proses pembelajaran. Karena itu pemahaman dan keterampilan guru dalam melaksanakan dan membuat instrument penilaian menjadi sangat penting.

Modul Pedagogik Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi F yang berjudul Penilaian Proses dan Hasil Belajar disiapkan untuk membantu 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 F. Guru dapat belajar sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dsb. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing guru pembelajar dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi F ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul. Perbaikan berkelanjutan terhadap isi modul ini masih terus dilaksanakan, oleh karena itu masukan-masukan atau saran perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Harrow, A. J. 1972. *A taxonomy of the psychomotor domain: A guided for developing behavioral objective*. New York: David Mc Key Company.
- Mardapi, Dj. dan Ghofur, A. 2004. *Pedoman Umum Pengembangan Penilaian; Kurikulum Berbasis Kompetensi SMA*. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Umum.
- Mehrens, W.A, and Lehmann, I.J. 1991. *Measurement and Evaluation in Education and Psychology*. Fort Woth: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 14 tahun 2005 tentang *Organisasi dan Tata Kerja Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang *Standar Nasional Pendidikan*, Jakarta: Fokus Media.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2006 tentang *Standar Isi*, Jakarta, 2006.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2006 tentang *Standar Kompetensi Lulusan*, Jakarta, 2006.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2006 tentang *Pelaksanaan Standar Isi dan Standar Kompetensi Lulusan* sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2007. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.



Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 25 tahun 2006 tentang *Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.

Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2007 tentang *Standar Penilaian Pendidikan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.

Popham, W.J. 1999. *Classroom Assessment: What teachers need to know*. Mass: Allyn-Bacon.

Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang *Sistem Pendidikan Nasional*, Jakarta: Fokus Media.

GLOSARIUM

Indikator Pencapaian Kompetensi	: <ul style="list-style-type: none">- perilaku yang dapat diukur dan/atau diobservasi untuk kompetensi dasar (KD) pada kompetensi inti (KI)-3 dan KI-4;- perilaku yang dapat diobservasi untuk disimpulkan sebagai pemenuhan KD pada KI-1 dan KI-2, yang kedua-duanya menjadi acuan penilaian mata pelajaran.
Kompetensi Dasar	: kemampuan dan muatan pembelajaran untuk suatu mata pelajaran pada Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah yang mengacu pada Kompetensi Inti.
Kompetensi Inti	: merupakan tingkat kemampuan untuk mencapai Standar Kompetensi Lulusan yang harus dimiliki seorang peserta didik Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah pada setiap tingkat kelas.
Kurikulum	: seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu
Penilaian:	: proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk mengukur pencapaian hasil belajar peserta didik.
Prinsip	: suatu pernyataan fundamental atau kebenaran umum maupun individual yang dijadikan oleh seseorang /kelompok sebagai sebuah pedoman untuk berpikir atau bertindak
Portofolio	: kumpulan karya-karya peserta didik dalam bidang tertentu yang diorganisasikan untuk mengetahui minat, perkembangan, prestasi, dan/atau kreativitas peserta didik dalam kurun waktu tertentu.



**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 F

SISTEM KOORDINASI, PEWARISAN SIFAT, DAN METABOLISME GULA

Penulis:

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.

Drs. Moh. Syarief, M.Si.

Any Suhaeny, S.Si., M.Si.



**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 F

SISTEM KOORDINASI, PEWARISAN SIFAT, DAN METABOLISME GULA

Penulis:

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.

Drs. Moh. Syarif, M.Si.

Any Suhaeny, S.Si., M.Si.



**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 F

SISTEM KOORDINASI, PEWARISAN SIFAT, & METABOLISME GULA

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.	022-4231191	agus_p3g@yahoo.com
Drs. Moh. Syarif, M.Si.	022-4231191	syarifp4tkipa@gmail.com
Any Suhaeny, S.Si., M.Si.	022-4231191	anysuhaeny@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

Zuhe Safitra, M.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

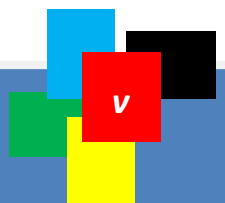
KATA PENGANTAR

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	ix
DAFTAR GAMBAR	xi

PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Cara Penggunaan Modul	4

KEGIATAN PEMBELAJARAN	
I. SISTEM KOORDINASI PADA MANUSIA	6
A. Tujuan	6
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	6
C. Uraian Materi	6
D. Aktivitas Pembelajaran	28
E. Latihan/Kasus/Tugas	30
F. Rangkuman	33
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	34
II. PEWARISAN SIFAT	36
A. Tujuan	36
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	36
C. Uraian Materi	36
D. Aktivitas Pembelajaran	52
E. Latihan/Kasus/Tugas	57
F. Rangkuman	60
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	60



III. METABOLISME GULA	61
A. Tujuan	61
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	61
C. Uraian Materi	62
D. Aktivitas Pembelajaran	76
E. Latihan/Kasus/Tugas	79
F. Rangkuman	81
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	82
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	83
EVALUASI	85
PENUTUP	91
DAFTAR PUSTAKA	93
GLOSARIUM	97



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1.	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 2.1	Hasil penyilangan yang dilakukan oleh Mendel	38
Tabel 2.2	Hubungan antara jumlah sifat beda dengan jumlah kombinasi gen pada gamet yang dihasilkan F1, genotip dan fenotip F2	44



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1.1	Struktur Neuron pada Manusia	7
Gambar 1.2	Mekanisme Kerja Sistem Saraf	8
Gambar 1.3	Struktur Otak Manusia	10
Gambar 1.4	Sistem Saraf pada Sumsum Tulang Belakang pada Manusia	12
Gambar 1.5	Gerakan Tungkai Bawah bila Tendon Tulang Tempurung (patela) Dipukul	14
Gambar 1.6	Penampang Kulit dengan Ujung-Ujung Saraf	15
Gambar 1.7	Struktur Indera Pengecap	16
Gambar 1.8	Struktur Indra Penciuman	17
Gambar 1.9	Penampang telinga dan bagian-bagiannya	18
Gambar 1.10	Saraf Kranial Mengendalikan Otot Mata Ekstrinsik	19
Gambar 1.11	Reseptor Keseimbangan pada Kanalis Semisirkularis, Utrikulus, dan Sakulus	20
Gambar 1.12	Kelenjar Endokrin pada Tubuh Manusia	21
Gambar 2.1	Gregor Mendel	36
Gambar 2.2	Proses Penyilangan	37
Gambar 2.3	Alel pada warna bunga	40
Gambar 2.4	Persilangan Monohibrid	41
Gambar 2.5	Rasio Genotip dan Fenotip pada Persilangan Monohibrid	42
Gambar 2.6	Persilangan Dihibrid	43
Gambar 2.7	Kriptomeri	48



Gambar 3.1	Struktur mitokondria	63
Gambar 3.2	Skema respirasi sel dapat dijelaskan sebagai Reaksi pembongkaran glukosa sampai menjadi $H_2O + CO_2 +$ Energi	64
Gambar 3.3	Jalur glikolisis	68
Gambar 3.4	Skema Siklus Krebs	72
Gambar 3.5	Skema Rantai Transfer Elektron	73



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan peningkatan profesionalitas, guru perlu menyadari bahwa Ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sangat pesat. Kemajuan ini tentunya perlu diikuti oleh semua guru sehingga ilmu pengetahuan yang disampaikan kepada peserta didik selalu mengikuti perkembangan. Modul ini ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru untuk memperkaya pemahaman konsep biologi. Modul Profesional Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi F membahas materi sistem koordinasi, pewarisan sifat, dan metabolisme gula.

Pada materi sistem koordinasi dibahas tentang mekanisme kerja sistem saraf, sistem indra, sistem endokrin, pengaruh psikotropika terhadap sistem saraf, dan kelainan yang terjadi pada sistem koordinasi. Materi pewarisan sifat membahas hukum Mendel I dan II, interaksi gen dalam persilangan, pola pewarisan sifat pada makhluk hidup berdasarkan Hukum Mendel. Sedangkan materi metabolisme gula membahas tentang konsep respirasi, peran respirasi bagi sel, faktor-faktor yang terlibat pada proses respirasi aerob, dan tahapan proses respirasi sel sampai menghasilkan energi.

Mengacu pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007, materi sistem koordinasi, pewarisan sifat, dan metabolisme gula ini termasuk kompetensi inti profesional nomor 20 “Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran Biologi” dengan kompetensi guru no 20.1 yaitu “Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel”. Di dalam modul, sajian materi diawali dengan uraian pendahuluan, kegiatan pembelajaran dan diakhiri dengan evaluasi agar



guru pembelajar melakukan *self assessment* sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan diri sendiri.

B. Tujuan

Setelah Anda belajar dengan modul ini diharapkan mampu menguasai materi sistem koordinasi, pewarisan sifat, dan metabolisme gula, serta mampu mengimplementasikannya dalam pembelajaran di kelas.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi inti yang diharapkan setelah Anda belajar modul ini adalah dapat Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran Biologi. dan Memanfaatkan hasil penilaian dan evaluasi untuk kepentingan pembelajaran. Kompetensi Guru Mata Pelajaran dan Indikator Pencapaian Kompetensi yang diharapkan tercapai melalui belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.1 Menjelaskan sistem saraf
	20.1.2 Mengidentifikasi sistem indra
	20.1.3 Menjelaskan sistem endokrin
	20.1.4 Menjelaskan proses kerja sistem regulasi
	20.1.5 Menjelaskan hubungan antara pengaruh psikotropika terhadap sistem saraf
	20.1.6 Menganalisis peran saraf
	20.1.7 Mengidentifikasi kelainan yang terjadi pada sistem koordinasi
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	20.1.8 Menjelaskan hukum mendel dalam proses pewarisan sifat
	20.1.9 Menerapkan hukum Mendel I dan II secara teoritis dalam persilangan tumbuhan
	20.1.10 Menentukan macam-macam interaksi gen yang terjadi pada makhluk hidup
	20.1.11 Menerapkan interaksi gen dalam dalam



Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
	<p>persilangan;</p> <p>20.1.12 Menjelaskan pola pewarisan sifat pada makhluk hidup berdasarkan Hukum Mendel;</p>
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<p>20.1.13 Menjelaskan konsep respirasi</p> <p>20.1.14 Menjelaskan peran respirasi bagi sel,</p> <p>20.1.15 Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat pada proses respirasi aerob</p> <p>20.1.16 Menjelaskan tahapan proses respirasi sampai menghasilkan energi</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 F, 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.

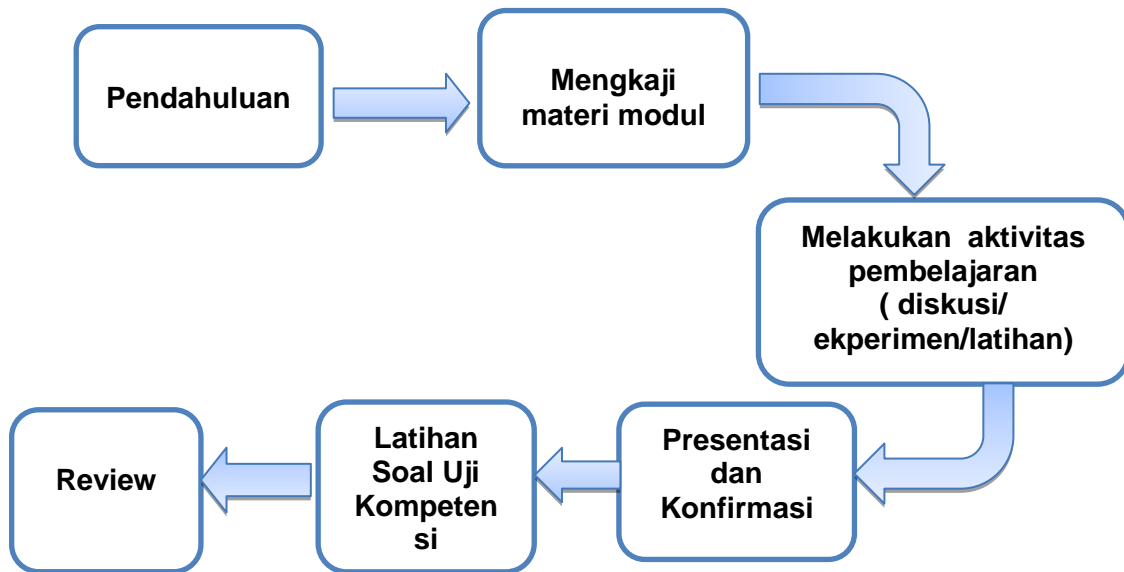
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Sistem Koordinasi.
2. Pewarisan Sifat
3. Metabolisme Gula



E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario pembelajaran. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sebagai berikut.



Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada guru pemebelajar 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 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 KOORDINASI PADA MANUSIA

Modul ini ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru untuk memahami topik sistem koordinasi pada manusia dan kesehatannya. Di dalam bahan ajar ini dijelaskan tentang mekanisme kerja sistem saraf, sistem indra, sistem endokrin, dan hubungan antara pengaruh psikotropika terhadap sistem saraf, serta penyakit pada sistem koordinasi pada manusia.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan guru pembelajar dapat meningkatkan pengetahuan mengenai sistem saraf, sistem indra, sistem endokrin, proses kerja sistem regulasi dan hubungan antara pengaruh psikotropika terhadap sistem saraf, serta kelainan/gangguan yang terjadi pada sistem koordinasi

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menjelaskan mekanisme kerja sistem saraf.
2. Mengidentifikasi sistem indra.
3. Menjelaskan sistem endokrin.
4. Menganalisis hubungan antara pengaruh psikotropika terhadap sistem saraf.
5. Mengidentifikasi kelainan yang terjadi pada sistem koordinasi.

C. Uraian Materi

1. Prinsip Mekanisme Kerja Sistem Saraf

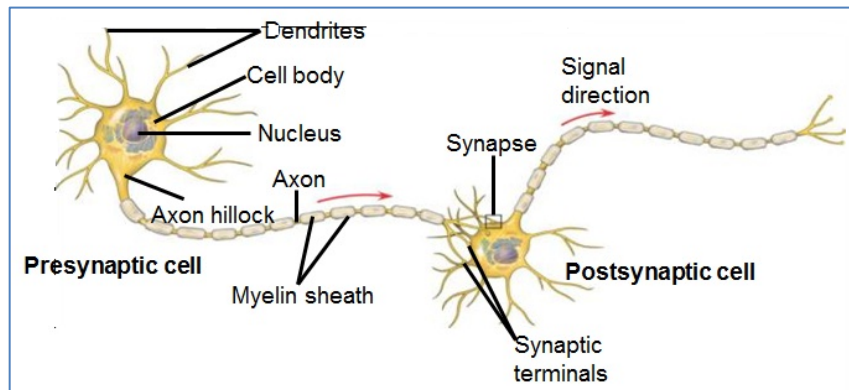
Neuron, merupakan kesatuan dasar dari sistem saraf, memiliki kemampuan untuk menerima dan memberikan jawaban atas rangsangan yang diberikan padanya. Berbagai macam rangsangan akan diterima oleh neuron-neuron



tertentu yang dikenal sebagai reseptor atau indera. Reseptor tertentu hanya dapat menerima suatu jenis rangsangan tertentu.

a. Neuron (sel saraf) Sebagai Unit Dasar Sistem Saraf

Sel saraf atau neuron merupakan unit struktural dan fungsional yang terkecil dari sistem saraf.



Gambar 1.1 Struktur neuron pada manusia

Sumber: <http://biomedicalengineering.yolasite.com/neurons.php>

Sel saraf berfungsi untuk menghantarkan impuls. Bagian-bagian sel saraf adalah sebagai berikut.

- 1) **Badan sel**, berfungsi menerima dan meneruskan impuls dari dendrit ke neurit atau akson.
- 2) **Dendrit**, berfungsi menerima dan membawa rangsang ke badan sel.
- 3) **Neurit atau akson**, berfungsi untuk menghantarkan rangsang dari badan sel ke sel saraf lainnya.
- 4) **Sinapsis**, berfungsi meneruskan rangsangan dari satu sel saraf ke sel saraf yang lain.

Berdasarkan fungsinya, sel saraf dapat dibedakan menjadi:

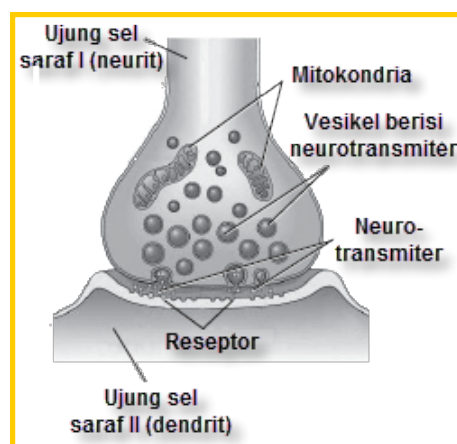
- 1) **Neuron sensorik atau neuron afferent**, fungsinya menghantarkan impuls sensorik dari reseptor (indera) dan meneruskan ke otak atau sumsum tulang belakang.
- 2) **Neuron motorik atau neuron efferent**, fungsinya untuk menyampaikan perintah dari otak atau sumsum tulang belakang menuju reseptor (otot/kelenjar tubuh).



- 3) **Neuron konektor**, adalah neuron yang dendritnya berhubungan dengan akson dari neuron yang lain dan aksonnya berhubungan dengan dendrit dari neuron yang lain.
- 4) **Neuron Ajustor**, adalah neuron yang menghubungkan neuron motorik dengan neuron sensorik yang terdapat di dalam otak dan sumsum tulang belakang.

Hubungan antar neuron (antara akson dan dendrit) membentuk suatu celah sempit (**synaps**), sehingga hubungan ini dikenal sebagai hubungan **synapsis**. Bila suatu impuls telah sampai pada ujung akson, maka ujung akson akan melepaskan suatu zat yang dikenal dengan nama **neurohumor**. Neurohumor ini ada yang bersifat memicu (*eksitator*) dan ada yang bersifat mencegah/menghambat (*inhibitor*). Yang dipicu atau dihambat oleh neurohumor adalah aktivitas neuron yang berhubungan dengan ujung dendrit yang melepaskan neurohumor tersebut.

Mekanisme kerja sistem saraf adalah sebagai berikut. Rangsangan yang diterima reseptor diteruskan menuju susunan saraf pusat. Dendrit membawa rangsang ke badan sel dan diteruskan menuju neurit. Rangsang diteruskan ke dendrit sel saraf yang lain melalui sinapsis. Pada sinapsis terdapat cairan neurotransmitter berupa asetilkolin. Asetilkolin dihasilkan oleh ujung neurit yang berfungsi untuk menghantarkan impuls dari neurit ke dendrit sel saraf lain.



Gambar 1.2 Mekanisme kerja sistem saraf (pemindahan rangsang pada sinap)

Sumer: <https://arinazulfayunitayunus.wordpress.com/2012/04/09/hand-out-sistem-koordinasi/>



b. Susunan Sistem Saraf

Susunan saraf manusia terdiri dari susunan saraf sadar dan saraf tak sadar (otonom).

1) Sistem Saraf Sadar

Sistem saraf sadar terdiri dari sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) dan sistem saraf tepi.

a) Sistem Saraf Pusat

Serabut saraf atau urat saraf merupakan sekelompok akson yang tergabung menjadi satu berkas dibungkus oleh selubung yang terbuat dari jaringan ikat. Selubung jaringan ikat ini selain berfungsi sebagai pengikat juga berfungsi sebagai pelindung. Selain dilindungi tulang, baik otak maupun sumsum dilindungi oleh tiga selaput pelindung yang dikenal dengan istilah meninges, yaitu : **Dura meter** (selaput terluar, melekat pada permukaan tulang, berupa jaringan ikat fibrosa yang kuat); **Pia meter** (selaput terdalam, melekat pada permukaan otak/sumsum tulang belakang, mengandung banyak pembuluh darah); **Arachnoid** (selaput pelindung yang terletak diantara dura meter dan piameter).

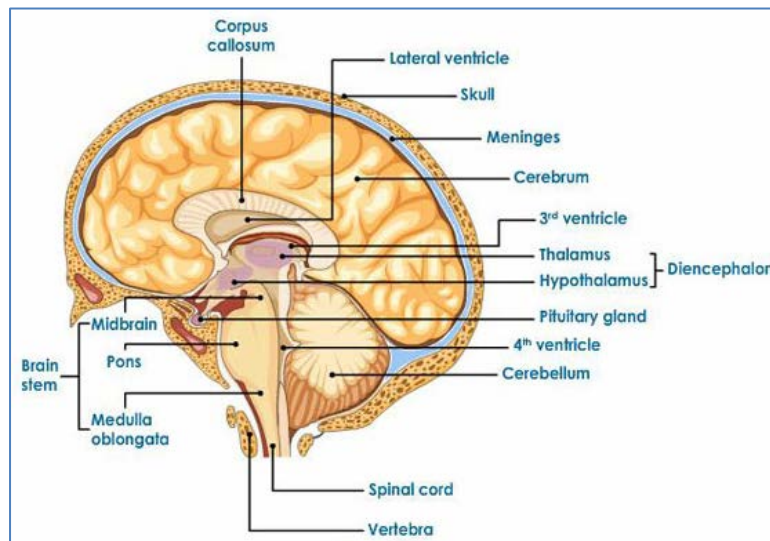
(1) Struktur Otak

Otak secara umum dibagi menjadi bagian-bagian berikut ini:

- Otak Depan (Prosencephalon)
- Otak Tengah (Mesencephalon)
- Otak Belakang (Rhombencephalon)

Otak Depan

Otak depan (serebrum) merupakan bagian otak yang paling berkembang dibandingkan dengan bagian-bagian otak yang lain. Otak besar mencakup 80% berat otak, permukaan luarnya disebut korteks yang berwarna kelabu (disebut substansi grisea). Bagian ini tersusun dari enam lapisan sel yang berfungsi sebagai penerima, menganalisis, dan menyimpan informasi. Di bawah korteks terdapat bagian medula yang berwarna putih (disebut substansi alba). Medula terdiri dari akson-akson yang bermielin dan banyak serabut saraf.



Gambar 1.3 Struktur otak manusia

Sumber: http://finishwellunbiologi.blogspot.co.id/2015/03/sistem-regulasi-pada-manusia_21.html

Otak besar terbagi menjadi dua belahan yang mengendalikan kegiatan tubuh yang berbeda. Belahan kiri mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kanan dan sebaliknya belahan kanan mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kiri. Fungsi otak besar yaitu untuk menyimpan memori, tempat berpikir, pusat kesadaran dan kemauan, tempat menerjemahkan rangsangan yang masuk baik melalui pendengaran maupun penglihatan, dan mengkoordinasikan gerak serta mengendalikan semua kegiatan yang disadari.

Kelanjutan dari serebrum atau telencephalon adalah diencephalon yang terletak disebelah inferior (di bawah) serebrum. Diencephalon meliputi bagian-bagian **thalamus**, **hypothalamus**, dan **infundibulum**.

Otak Tengah

Merupakan stasiun relay bagi saraf mata dan saraf pendengaran.

Otak Belakang

Membentuk suatu tonjolan ke arah belakang yang dikenal sebagai serebellum (otak kecil). Otak kecil berbentuk seperti kupu-kupu dan terletak di belakang otak besar. Otak kecil terdiri dari dua belahan kanan dan kiri. Ada bagian yang berbentuk bulat (disebut vermis) dan seperti sayap (disebut hemisfer). Fungsi



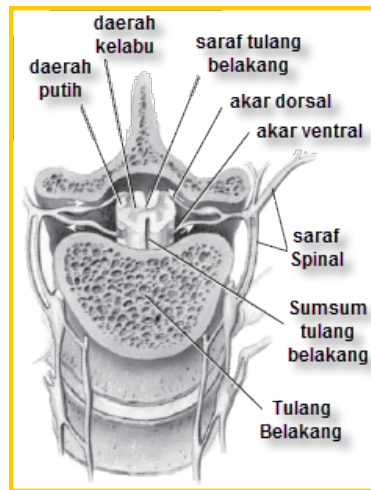
otak kecil adalah mengatur gerak tak sadar dari otot-otot rangka, bekerja sama dengan telinga dalam untuk mengatur keseimbangan tubuh, dan mempertahankan postur tubuh. Antara bagian serebellum sebelah kiri dan sebelah kanan dihubungkan oleh suatu struktur yang dikenal sebagai **jembatan Varol**. Fungsi jembatan varol adalah sebagai struktur penghantar impuls motoris bagi otot di sebelah kiri dan kanan tubuh.

Sumsum Lanjutan (Medulla Oblongata)

Sumsum lanjutan merupakan bagian otak yang paling posterior penghubung antara otak kecil (serebellum) dan sumsum tulang belakang (medula spinalis). Terletak di bawah otak besar dan di depan otak kecil. Sumsum lanjutan tersusun dari dua lapisan, yaitu lapisan berwarna putih di sebelah luar, sedangkan lapisan berwarna abu-abu di sebelah dalam. Di dalam medula oblongata ini terdapat ganglion yang berfungsi untuk mengatur kegiatan tubuh yang tidak disadari, misalnya pengaturan suhu tubuh, denyut jantung, pusat pernapasan, pelebaran dan penyempitan pembuluh darah, dan menelan.

(2) Struktur Medula Spinalis

Medula spinalis terdapat di dalam rongga tulang belakang, bagian tengahnya berongga kecil (disebut canalis centralis berisi cairan cerebrospinal). Penampang melintang medula spinalis memperlihatkan bagian luar berwarna putih (terdiri dari akson dan dendrit) dan bagian dalam berbentuk seperti kupu-kupu (seperti hurup H) berwarna kelabu. Karena tidak semua bagian dari medula spinalis ini berwarna kelabu maka dibedakan menjadi 2 bagian yaitu substansi kelabu dan substansi putih. Substansi kelabu mengandung soma dan serabut-serabut saraf (motoris, sensoris, ascendens dan descendens), sedang substansi putih hanya mengandung serabut saraf, tidak mengandung soma.



Gambar 1.4 Sistem saraf pada Sumsum tulang belakang pada manusia

Sumber: <https://arinazulfayunitayunus.wordpress.com/2012/04/09/hand-out-sistem-koordinasi/>

Fungsi medula spinalis adalah menerima, mengasosiasikan, dan memberikan jawaban langsung terhadap impuls sensoris yang diterimanya dari reseptor via serabut saraf sensoris.

b) Sistem Saraf Tepi

Struktur sistem saraf tepi meliputi Saraf Somatis. Saraf somatis bekerja di bawah pengaruh/kesadaran. Berdasarkan tempat berpangkalnya, yaitu:

- Saraf Cranialis (Saraf Otak)

Terdapat 12 pasang saraf otak, yang kesemuanya berpangkal pada otak. Sebagian ada yang berupa saraf sensoris, sebagian berupa saraf motoris dan sebagian berupa gabungan saraf sensoris dan motoris.

- Saraf Spinalis (Saraf Punggung)

Terdapat 31 pasang saraf spinal yang berpangkal pada medula spinalis. Merupakan saraf gabungan antara saraf sensoris dan motoris. Berfungsi membawa dan menyampaikan impuls dari dan ke otot anggota tubuh, kulit dengan reseptor kulit dan seluruh bagian-bagian tubuh manusia.



2) Saraf Otonom

Seperti saraf spinal, maka saraf otonom ini juga merupakan saraf gabungan dari saraf sensoris dan motoris. Dibedakan dua macam saraf otonom, yaitu:

a) Saraf Simpatis

Berpangkal pada medulla spinalis di daerah leher (*thoraks*) dan di daerah pinggang (*lumbur*), sehingga saraf simpatis disebut juga **saraf thoracolumbar**.

b) Saraf Parasimpatis

Ada yang berpangkal pada medulla oblongata dan ada yang berpangkal pada daerah sacrum dari medulla spinalis, oleh karena itulah saraf parasimpatis disebut juga dengan **saraf craniosacral**.

Saraf simpatis dan para simpatis keduanya mensarafi suatu organ yang sama, bekerja secara antagonis. Bila simpatis bersifat memacu suatu organ, maka parasimpatis bersifat menghambat kerja organ tersebut. Dan sebaliknya, bila simpatis bersifat menghambat, maka para simpatis bersifat memacu. Jadi tidak selalu simpatis yang bersifat memacu bagi suatu organ akan bersifat memacu pula organ yang lain, demikian pula parasimpatis yang mendampinginya.

Gerak Reflek

Pada gerak refleks, Impuls sensoris yang telah sampai di medula spinalis tidak diteruskan ke otak sehingga otak tidak mengolahnya. Demikian pula impuls sensori dari reseptor–reseptor yang terdapat di daerah kepala yang mengirimkan impuls sensorinya langsung ke otak, tidak memberi kesempatan otak untuk mengolahnya. Pada peristiwa refleks ini berlangsung jalan pintas, jadi impuls sensori langsung memacu saraf motoris untuk merangsang efektor yang disarafinya. Jadi gerak refleks melibatkan komponen-komponen yang membentuk lengkung refleks yaitu: reseptor, saraf sensoris (aferent), pusat (medula spinalis dan otak), saraf motoris (efferent) dan efektor, sama sekali tidak melibatkan otak sebagai organ pengolah impuls sensoris. Gerak refleks yang berpusat di otak (konektornya terdapat didalam medula spinalis), disebut **refleks spinal**.

Contoh refleks otak, adalah:

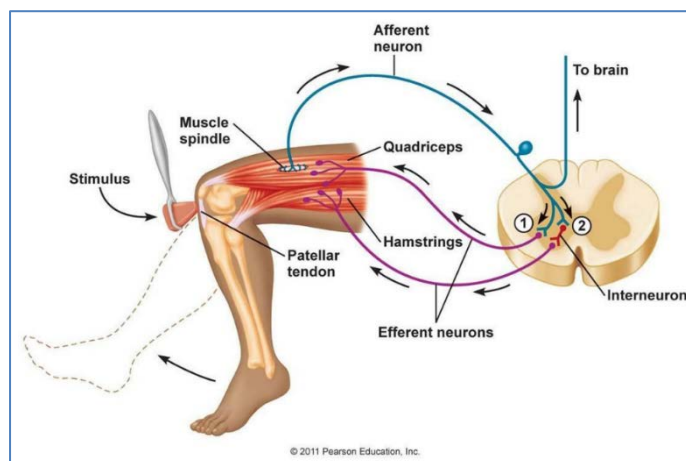
- Refleks pupil yaitu menyempit dan melebarnya pupil mata, akibat perbedaan intensitas cahaya yang masuk ke dalam mata



- Refleks kejam mata yaitu menutup dan membukanya kelopak mata karena kekeringan atau karena ada zat yang masuk ke dalam mata.

Contoh refleks spinal, adalah:

- Reflek lutut yaitu gerakan tungkai bawah bila tendon tulang tempurung (patela) dipukul.



Gambar 1.5 Gerakan Tungkai Bawah bila Tendon Tulang Tempurung (patela) Dipukul.

http://www.biologyaspoetry.com/textbooks/human_biology/nervous_system_1_2.html

2. Reseptor (Alat Indera)

a. Pengertian

Reseptor adalah bagian dari sistem saraf yang berperan sebagai penerima rangsangan dan sekaligus sebagai pengubah rangsangan yang diterimanya menjadi impuls sensoris. Impuls sensoris inilah yang dikirimkan ke sistem saraf pusat. Stimulasi pada suatu reseptor merupakan informasi mengenai terjadinya perubahan dari lingkungan eksternal dan internal tubuh terhadap sistem saraf pusat. Selanjutnya sistem saraf pusat akan mengolahnya dan memberikan jawaban berupa pengaturan yang sesuai.

b. Klasifikasi Reseptor

1) **Ekreseptor**, yaitu reseptor yang berhubungan dengan lingkungan luar (penerima rangsangan dari luar). Diantaranya:

- Mekanoreseptor → reseptor sentuhan, tekanan dan nyeri pada kulit.
- Termoreseptor → reseptor suhu pada kulit.
- Khemoreseptor → reseptor pengecap pada lidah.



- Telereseptor → reseptor penerima rangsangan jarak jauh, yaitu penglihatan dan pendengaran.

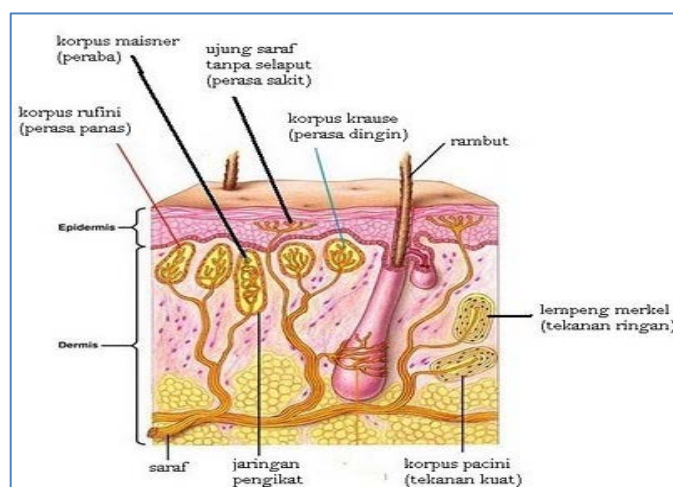
2) **Interoreseptor**, yaitu reseptor yang terangsang oleh perubahan-perubahan yang berlangsung di dalam tubuh. Diantaranya:

- Viceroreseptor, yang terdapat didalam organ-organ visceral (misalnya pada dinding paru-paru, organ pencernaan makanan, kandung kencing dan lain-lain).
- Reseptor keseimbangan, yang memberikan informasi tentang kedudukan dari posisi tubuh.
- Proprioseptor, yang terdapat pada otot, tendon, dan ligament, memberikan sensasi **kinestesis**.

a. Reseptor Kulit (indera Peraba)

Lapisan kulit manusia terdiri atas beberapa lapisan, yaitu :

- 1) **Epidermis (Kutikula)**, merupakan lapisan terluar dari kulit, terdiri atas beberapa lapisan, yaitu a) *Stratum korneum* / lapisan zat tanduk ; b) *Stratum lusidum*; c) *Stratum granulosum*; dan d) *Stratum germinativum*.
- 2) **Dermis**. Lapisan dermis terletak di bawah lapisan epidermis. Lapisan dermis terdiri atas beberapa bagian, yaitu : Akar Rambut; Pembuluh Darah; Kelenjar Minyak (*glandula sebacea*); Kelenjar Keringat (*glandula sudorifera*); Serabut Saraf.



Gambar 1.6 Penampang Kulit dengan Ujung-Ujung Saraf

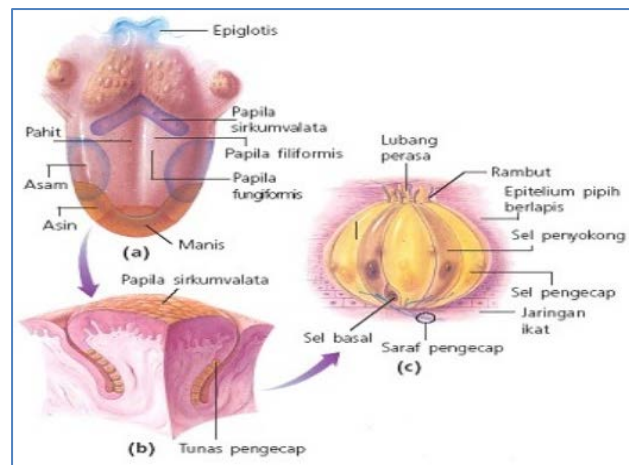
Sumber: <https://scele.ui.ac.id/course/index.php?categoryid=911>



Pada lapisan dermis kulit terdapat puting peraba yang merupakan ujung akhir saraf sensoris. Ujung-ujung saraf tersebut merupakan indera perasa panas, dingin, nyeri, dan sebagainya.

b. Reseptor Perasa (Indera Pengecap)

Indera pengecap yang terdapat pada lidah, yaitu di permukaan atas dari lidah yang berupa kuncup rasa lidah atau puting pengecap adalah sebagai berikut: (a) Ujung lidah untuk rasa manis; (b) Tepi samping depan lidah untuk rasa asin; (c) Tepi samping belakang lidah untuk rasa asam; dan (d) Pangkal lidah untuk rasa pahit.



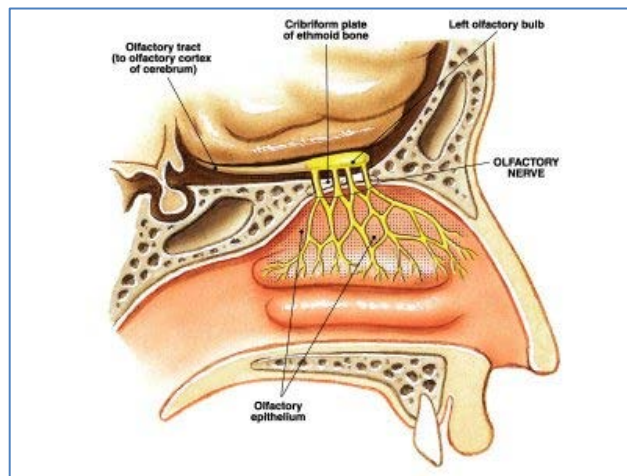
Gambar 1.7 Struktur Indera Pengecap

Sumber: <http://www.slideshare.net/alyasyariati/indera-manusiaku>

c. Reseptor rasa bau (Indera Pembau)

Struktur indera penciuman/pembau terdiri dari :

- 1) Sel-sel penyokong yang berupa sel-sel epitel.
- 2) Sel-sel pembau (sel olfaktori) yang berupa sel saraf sebagai reseptor.



Gambar 1.8 Struktur Indra Penciuman

Sumber: <http://wasidhagono.blogspot.co.id/2011/03/indera-penciuman.html>

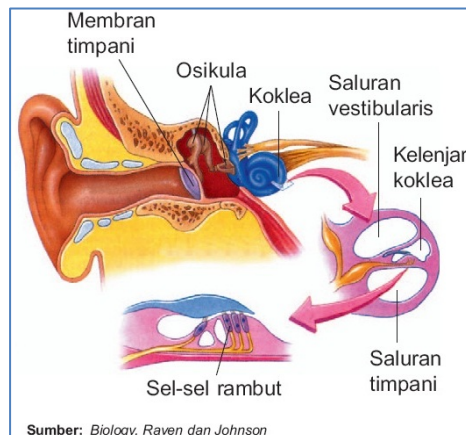
Cara Kerja Hidung:

Saat kita bernafas, bau ikut masuk ke dalam hidung. Di rongga hidung, bau akan larut di dalam lendir. Di atap rongga hidung terdapat *olfactory epithelium* yang sangat sensitif terhadap molekul-molekul bau, karena pada bagian ini ada bagian pendeteksi bau (*smell receptors*). Receptor ini jumlahnya sangat banyak ada sekitar 10 juta. Ketika partikel bau tertangkap oleh receptor, sinyal akan di kirim ke *the olfactory bulb* melalui saraf olfactory. Bagian inilah yang mengirim sinyal ke otak dan kemudian di proses oleh otak bau apakah yang telah tercium oleh hidung kita.

d. Reseptor Pendengaran (Indera Pendengaran)

Getaran bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi akan ditangkap oleh reseptor telinga yang disebut fonoreseptor. Telinga terbagi menjadi 3 bagian yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Bagian-bagian telinga luar terdiri dari: daun telinga, liang telinga, rambut, kelenjar minyak, dan membran timpani.

Telinga tengah merupakan bagian yang menghubungkan telinga luar dengan telinga dalam. Telinga ini terdiri atas tulang-tulang pendengar (osikula), yaitu tulang martil (*maleus*), tulang landasan (*inkus*), dan tulang sanggurdi (*stapes*). Telinga tengah juga meliputi tingkap oval, yaitu membran pembatas antara telinga tengah dan telinga dalam.



Gambar 1.9 Penampang telinga dan bagian-bagiannya

Sumber: <http://pelajaranbiologi.info/mechanisme-terjadinya-suara-pada-indra-pendengaran/>

Telinga dalam terdiri atas rumah siput, organ korti, kanalis semisirkularis, serta sakulus dan utrikulus.

Mekanisme kerja indra pendengar sebagai berikut:

Getaran suara → Daun telinga → Saluran telinga → Membran telinga → Membran timpani → Tulang-tulang pendengar (martil, landasan, sanggurdi) → Telinga dalam (tingkap oval) → Rumah siput: saluran vestibular, kanal timpani, kanal tengah, dasar koklea → Sel-sel rambut → Membran tektorial dan membran basiler → Organ korti → Sel saraf auditori → Otak

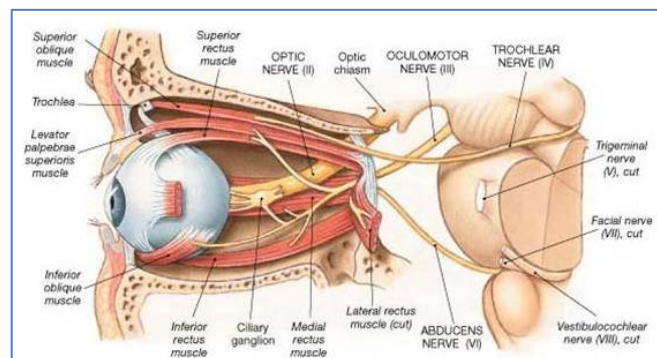
e. Reseptor Penglihatan (Indra Penglihatan)

Bola mata terdiri dari:

- 1) Kornea disebut juga selaput bening, terletak paling depan. Kornea berfungsi untuk pembiasan sinar cahaya.
- 2) Iris disebut juga selaput pelangi merupakan bagian mata yang dapat mengerut. Iris berfungsi untuk mengatur cahaya yang masuk ke mata.
- 3) Pupil merupakan lubang yang terbentuk atau dikelilingi oleh iris. Pupil berfungsi untuk lewat masuk sinar cahaya ke dalam mata.
- 4) Lensa merupakan bagian mata yang dapat menggembung atau menipis. Lensa berfungsi untuk menyatukan (memfokuskan) arah sinar cahaya.



- 5) Retina disebut juga selaput jala merupakan lapisan sebelah dalam mata yang banyak mengandung reseptor penglihatan. Retina berfungsi untuk menerima rangsang cahaya.
- 6) Bintik buta merupakan bagian mata yang tidak memiliki sel-sel penerima rangsang cahaya yaitu sel batang dan sel konus.
- 7) Saraf penglihatan untuk menyalurkan rangsangan dari indera pendengaran ke otak.



Gambar 1.10 Saraf kranial mengendalikan otot mata ekstrinsik

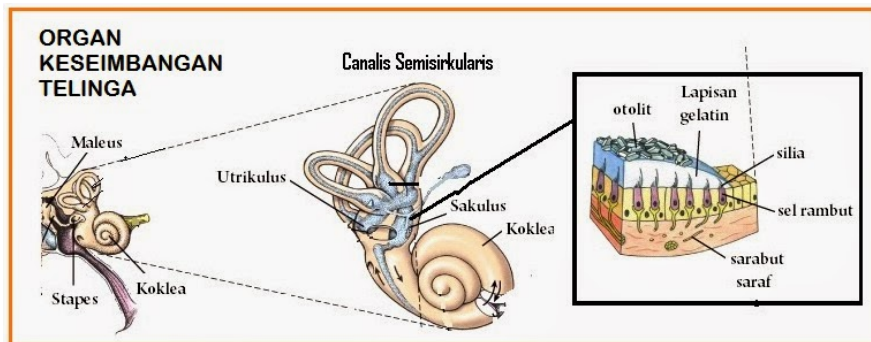
Sumber: <http://immpikomapm.blogspot.co.id/2011/11/anatomi-fisiologi-sistem-penginderaan.html>

Mekanisme Penerimaan Rangsang Cahaya

Sinar cahaya yang mengenai mata akan diteruskan melewati kornea, pupil, lensa, dan retina. Pada retina, rangsang cahaya diterima oleh reseptor cahaya. Reseptor cahaya dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *sel batang* dan *sel konus*. Sel konus berfungsi untuk melihat pada keadaan terang sedangkan sel batang untuk melihat pada keadaan gelap. Rangsang cahaya oleh reseptor kemudian diubah menjadi impuls syaraf yang kemudian dijalarkan melalui saraf penglihatan (optikus) menuju ke otak untuk diterjemahkan.

f. Reseptor Keseimbangan

Reseptor keseimbangan dan reseptor pendengaran keduanya terletak di dalam ruang telinga tengah. Reseptor pendengaran terdapat di dalam *cochlea*, reseptor keseimbangan terletak di dalam *canalis semisirkularis*, *utrlikulus* dan *sacculus*.



Gambar 1.11 Reseptor keseimbangan pada kanalis semisirkularis, utrikulus, dan sakulus

Sumber: <http://kumpulanmateribiologisahabat.blogspot.co.id/2014/09/indera-pendengaran-sd.html>

1) Canalis semisirkularis (saluran setengah lingkaran)

Canalis semisirkularis, merupakan suatu struktur yang terdiri dari 3 buah saluran setengah lingkaran yang tersusun menjadi satu kesatuan dengan posisi yang berlainan, yaitu:

- Canalis semisirkularis horizontal
- Canalis semisirkularis vertical superior
- Canalis semisirkularis vertical posterior

Masing-masing canalis semisirkularis berisi cairan *endolympha* dan pada salah satu ujungnya yang membesar (*disebut Ampula*) berisi reseptor keseimbangan yang disebut **cristae ampularis**. Masing-masing cristae terdiri dari sel-sel bercilia dan sel-sel penyangga yang keseluruhannya ditutupi oleh suatu selaput yang disebut **cupula**.

Karena kelembamannya, maka *endolympha* yang terdapat di dalam canalis semisirkularis akan bergerak ke arah yang berlawanan dengan arah putaran. Aliran *endolympha* akan mendorong cupula melengkungkan cilia-cilia dari sel-sel rambut, dengan demikian maka sel bercilia tersebut terangsang dan merubahnya menjadi impuls sensori yang untuk selanjutnya ditransmisikan ke pusat keseimbangan di otak. Canalis semisirkularis, merupakan organ keseimbangan dinamis, yaitu memberikan respon terhadap pemutaran tubuh.

2) Sacculus dan Utriculus

Sacculus dan Utriculus, merupakan organ keseimbangan statis, yaitu berfungsi memberikan respons terhadap perubahan kedudukan kepala (miring, tegak atau



terjungkir). Pada dasar dari Utriculus terdapat **makula** atau organ **otolith**, yaitu suatu organ yang mengandung sel rambut dan sel penyangga ditutupi oleh suatu membran yang pada permukaannya tertanam kristal-kristal kalsium karbonat atau otolith. Pada sacculus, makula terdapat pada dinding sacculus pada kemiringan 30° dari bidang vertikal.

3. Sistem Endokrin

Sistem hormon merupakan suatu sistem koordinasi dari tubuh manusia di samping sistem saraf.

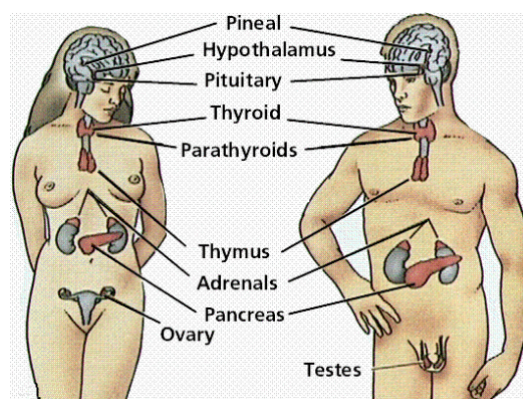
a. Prinsip mekanisme kerja sistem endokrin

Sebagai pengatur dan pemandu fungsi dari berbagai organ tubuh manusia, kelenjar endokrin melepaskan hormon yang dihasilkannya ke dalam aliran darah. Melalui aliran darah inilah hormon tersebut akan mencapai organ-organ tubuh manusia.

b. Kelenjar endokrin pada tubuh manusia

1) Kelenjar Thyroid atau Kelenjar Gondok

Kelenjar thyroid terdiri atas 2 lobi, masing-masing lobus terletak di sisi kiri dan kanan trachea bagian atas tetapi di sebelah bawah larynx. Antara kedua lobus dihubungkan oleh suatu struktur yang disebut **isthmus**.



Gambar 1.12. Kelenjar endokrin pada tubuh manusia.

Sumber: <http://avianianwar.blogspot.co.id/2013/05/sistem-koordinasi-dan-alat-indera.html>

Di dalam kelenjar thyroid banyak didapatkan jodium. Dengan tyrosin (asam amino) jodium akan membentuk **thyroksin**. Fungsi hormon thyroksin yaitu: i)



mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan diferensiasi jaringan tubuh; ii) mempengaruhi metabolisme sel. Menurunnya fungsi kelenjar thyroid yang dikenal dengan **hypothyroidism** pada bayi atau usia anak-anak mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tubuh, mengakibatkan pertumbuhan kerdil (**kretinisme**).

2) Kelenjar Parathyroid atau Kelenjar Anak Gondok

Kelenjar parathyroid, merupakan kelenjar endokrin penghasil **hormon parathormon** yang fungsinya mempertahankan kadar kalsium dan phosphor di dalam darah. Akibat kekurangan parathormon mengakibatkan peningkatan secara menyolok eksitabilitas sistem saraf. Gejala yang timbul pada tubuh manusia yang mengalaminya, adalah kejang otot (**spasme**).

3) Kelenjar Suprarenalis / Kelenjar Adrenal / Kelenjar Anak Ginjal

Kelenjar suprarenalis terletak di atas permukaan ginjal, i) bagian korteks, merupakan lapisan luar yang berasal dari jaringan embrional yang juga merupakan asal dari sistem saraf simpatik; ii) bagian medula, merupakan bagian dalam yang berasal dari jaringan embrional yang juga menghasilkan kelenjar kelamin.

Hormon yang dihasilkan oleh bagian korteks ini termasuk senyawa golongan **steroid**, yaitu yang diberi nama **kortikosteroid** atau **kortikoid** atau **kortison**. Fungsi kortison adalah: i) mengatur metabolisme; ii) mempertahankan keseimbangan air dan keseimbangan mineral; iii) sekresi hormon kelamin; dan iv) destruksi leukosit. Bagian medula kelenjar suprarenalis menghasilkan hormon **adrenalin** atau **epinephrin**. Pengaruh hormon epinephrin terhadap tubuh adalah:

- Pada sistem peredaran darah: i) memacu aktivitas jantung, kekuatan kontraksi dan frekuensi denyut jantung meningkat; ii) menyempitkan banyak pembuluh darah arteriol, khususnya pada kulit dan membran mukosa. Tetapi di lain pihak epinephrin melebarkan (vasodilatasi) arteriol dari sistem koroner dan pada otot-otot tubuh
- Sistem pernapasan, mengendurnya otot-otot bronchioli, sehingga melapangkan pernapasan
- Sistem pencernaan makanan, i) memacu sphincher pylorik, ileocolik dan anus internal; ii) menginhibisi otot-otot lambung intestin.



- Sistem ekskresi, i) memicu sphincter kandung kemih; ii) menghambat otot kandung kencing.
- Pengaruhnya terhadap metabolisme, i) memacu glikogenolysis di dalam sel-sel hati, sehingga kadar glukosa di dalam darah meningkat; ii) memacu glikogenolysis di dalam sel-sel otot.

Epinephrin atau adrenalin memindahkan aliran darah dari daerah saluran pencernaan makanan menuju ke otot dan otak, sehingga semangat terbangkitkan. Oleh karena itulah, maka epinephrin disebut juga sebagai hormon “*fight to fight*” atau **hormon kerja**.

4) Kelenjar Pankreas

Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar Langerhans pada pankreas adalah **insulin**. Insulin merupakan senyawa kimia yang sangat diperlukan dalam proses pemasukan glukosa ke dalam sel.

5) Kelenjar kelamin

a) Kelenjar kelamin laki-laki

Kelenjar kelamin laki-laki yaitu testes, selain menghasilkan spermatozoa juga menghasilkan **hormon kelamin laki-laki** atau **androgen**. Androgen yang paling penting adalah **testosteron**, yaitu hormon yang dihasilkan oleh **kelenjar Leydig** yang terletak di dekat saluran seminiferus dari testis. Fungsi testosteron, adalah:

- Mempertahankan proses spermatogenesis, dilakukan bersama dengan FSH
- Mengembangkan dan mempertahankan sifat kelamin sekunder pada laki-laki
- Menimbulkan proses anabolisme protein yang penting, hal ini sangat diperlukan untuk mempermudah pertumbuhan
- Efek inhibisi umpan balik (*negatif feedback*) terhadap sekresi LH oleh hipofisis

b) Kelenjar kelamin perempuan

Kelenjar kelamin perempuan adalah ovarium, selain menghasilkan ovum juga menghasilkan hormon kelamin, yaitu:

- **Estrogen**, yaitu hormon yang dihasilkan oleh **folikel de graaf Estradional** merupakan estrogen yang paling penting dibandingkan dengan estrogen yang lain (**estron dan estrol**). Fungsi estradiol pada hakekatnya sama dengan fungsi testosteron pada laki-laki.



- **Progesteron**, yaitu hormon yang dihasilkan oleh korpus luteum (badan kuning) yaitu folikel de Graaf setelah melepaskan ovum yang dikandungnya. Fungsi progesteron adalah : i) mengatur pertumbuhan plasenta dan kelenjar mammae bila terjadi pembuahan dan kehamilan; ii) menghalangi sekresi FSH; iii) bila bayi lahir, maka progesteron bekerja sama dengan laktogen (dihasilkan oleh kelenjar hipofisa) akan merangsang produksi air susu.

6) Kelenjar Hipofisa

Terdapat di dasar otak di belahan kiasma optik berhubungan dengan otak melalui infundibulum. Terdiri dari 3 bagian yaitu: i) Lobus anterior; ii) Lobus intermedia; dan iii) Lobus posterior. Sebagian besar dari hormon-hormon yang dihasilkan oleh lobus anterior berfungsi mengatur kegiatan kelenjar-kelenjar yang lain. Atas dasar itulah, maka kelenjar hipofisa disebut "**master of gland**".

7) Kelenjar Endokrin pada Lambung dan Usus Halus

Lambung mensekresikan **hormon gastrin**, yang berfungsi untuk memacu sekresi getah lambung. Mukosa usus halus mensekresikan **hormon sekretin** dan **kolesistokinin**, yang berfungsi memacu sekresi getah usus dan getah pankreas. Dan fungsi kolesistokinin, menyebabkan kontraksi kandung empedu dan sekresi getah pankreas.

4. Pengaruh Psikotropika terhadap Kerja Saraf

a. Obat Psikotropika

Bagi ilmu kedokteran zat-zat psikoaktif digunakan untuk mengobati penyakit mental dan saraf. Bila obat-obatan semacam itu disalahgunakan akan menyebabkan terjadinya masalah serius karena dapat mempengaruhi otak dan pikiran serta bagian tubuh lainnya yang dapat menyebabkan ketergantungan fisik (disebut dengan ketagihan / **adiksi**).

Zat-zat psikoaktif dapat masuk ke dalam tubuh melalui:

- 1) Mulut (misalnya nikotin pada rokok).
- 2) Hidung (menghisap zat dalam bentuk uap / bubuk, misalnya kokain).
- 3) Kulit (menyuntikkannya ke dalam otot atau vena).

Menurut cara obat psikotropika mempengaruhi pemakainya, obat psikotropika dibedakan menjadi tiga macam/tiga jenis, sebagai berikut:



1) Stimulan

Stimulan bersifat menstimulasi sistem saraf simpatetik melalui pusat hipotalamus sehingga meningkatkan kerja (kegiatan), misalnya menyebabkan penggunaanya tetap terjaga (*kafein*), memberikan rasa percaya diri yang semu, meningkatkan kewaspadaan (*amfetamin*), mengurangi rasa lelah, rasa ngantuk, rasa lapar, serta memberikan perasaan gembira (*ekstasi dan kokain*). Tetapi semua itu hanya bersifat semu, sementara, dan efeknya yang berbahaya.

2) Halusinogen

Dalam dosis sedang, halusinogen mempunyai pengaruh kuat terhadap persepsi penglihatan dan pendengaran subjek serta peningkatan respons emosional. Dengan dosis yang tinggi, dapat terjadi halusinasi yang sebenarnya, yakni si subjek "melihat" atau "mendengar" benda-benda yang tidak ada sama sekali atau melihat benda-benda tampak seperti bergerak hidup.

3) Depresan

Pada umumnya depresan membuat susunan saraf menjadi pasif. Depresan berfungsi untuk mengurangi kegiatan sistem saraf sehingga menurunkan aktivitas pemakainya. Dalam bidang kedokteran obat tersebut berguna untuk meredakan ketegangan jiwa, membantu mengurangi rasa cemas dan gelisah, pengobatan darah tinggi dan epilepsi. Contoh, depresan misalnya **sedatif** (barbiturat, alkohol, dan obat-obat penenang).

a. Pengaruhnya terhadap Kerja Saraf

Dalam sel otak terdapat bermacam-macam zat kimia yang disebut **neurotransmitter**. Zat kimia ini bekerja pada sambungan sel saraf yang satu dengan sel saraf lainnya (*sinaps*). Beberapa di antara neurotransmitter itu mirip dengan beberapa jenis narkoba. Semua zat psikoaktif (narkotika, psikotropika dan bahan adiktif lain) dapat mengubah perilaku, perasaan dan pikiran seseorang melalui pengaruhnya terhadap salah satu atau beberapa neurotransmitter. Neurotransmitter yang paling berperan dalam terjadinya ketergantungan adalah **dopamin**.

Bagian otak yang bertanggung jawab atas kehidupan perasaan adalah **sistem limbis**. **Hipotalamus** adalah bagian dari sistem limbis, sebagai pusat kenikmatan. Jika narkoba masuk ke dalam tubuh, dengan cara ditelan, dihirup,



atau disuntikkan, maka narkoba mengubah susunan biokimiawi neurotransmitter pada sistem limbik. Karena ada asupan narkoba dari luar, produksi dalam tubuh terhenti atau terganggu, sehingga ia akan selalu membutuhkan narkoba dari luar. Orang dalam keadaan ketergantungan harus senantiasa memakai narkoba, jika tidak timbul gejala putus zat. Gejalanya bergantung jenis narkoba yang digunakan. Gejala putus opioda (*heroin*) mirip orang sakit flu berat, yaitu hidung berair, keluar air mata, bulu badan berdiri, nyeri otot, mual, muntah, diare, dan sulit tidur.

Narkoba juga mengganggu fungsi organ-organ tubuh lain seperti jantung, paru-paru, hati dan sistem reproduksi, sehingga dapat timbul berbagai penyakit. Contoh: opioda menyebabkan sembelit, gangguan menstruasi, dan impotensi. Ganja menyebabkan hilangnya minat, daya ingat terganggu, gangguan jiwa, bingung, depresi, serta menurunnya kesuburan. Sedangkan kokain dapat menyebabkan tulang sekat hidung menipis atau berlubang, hilangnya memori, gangguan jiwa, kerja jantung meningkat, dan serangan jantung.

Penggunaan obat-obatan psikotropika memiliki pengaruh terhadap kerja sistem saraf. Ada empat macam gangguan terhadap saraf.

- Gangguan **saraf sensorik**, dimana ada rasa kebas, penglihatan buram hingga bisa menyebabkan kebutaan.
- Gangguan **saraf otonom**, gangguan ini menyebabkan gerakan yang tidak dikehendaki melalui gerak motorik. Sehingga orang yang dalam keadaan mabuk bisa melakukan apa saja di luar kesadarannya.
- Gerakan **gangguan saraf motorik**. Gangguan ini menyebabkan gerakan tanpa koordinasi dengan sistem motoriknya.
- Gangguan **saraf vegetatif** yakni terkait bahasa yang keluar. Bahasa yang keluar di luar kesadaran, ngawur, biasanya juga disertai bicara yang pelo.

Pengaruh lain ke otak, timbul rasa takut, kurang percaya diri jika tidak menggunakannya dan gangguan memori. Dalam jangka panjang secara perlahan bisa merusak sistem saraf di otak mulai dari ringan hingga permanen.

b. Mengatasi Ketergantungan Narkoba

Kecanduan kokain akan membuat level zat kimia otak yang disebut dopamin meningkat dan THP (*tetrahydropapaveroline*) berperan untuk mengacaukan



peningkatan dopamin tersebut. Untuk menyembuhkan para pencandu diperlukan terapi yang tepat dengan mengurangi konsumsi obat-obatan sedikit demi sedikit di bawah pengawasan dokter dan diperlukan dukungan moral dari keluarga serta lingkungannya yang diiringi oleh tekad si pemakai untuk segera sembuh. Dan hal yang paling penting adalah ditumbuhkannya nilai agama dalam diri si pemakai.

5. Penyakit dan Kelainan pada Sistem Koordinasi

- 1) **Stroke** (*Cerebrovascular accident (CVA)* atau *Cerebral apoplexy*), adalah kerusakan otak akibat tersumbatnya atau pecahnya pembuluh darah otak.
- 2) **Migrain**, adalah nyeri kepala berdenyut yang disertai mual dan muntah yang terjadi akibat adanya hiperaktivitas impuls listrik otak yang meningkatkan aliran darah di otak dan mengakibatkan terjadinya pelebaran pembuluh darah otak serta proses inflamasi (peradangan).
- 3) **Parkinson**, penyakit yang disebabkan oleh berkurangnya **neurotranslator dopamin** pada dasar ganglion dengan gejala tangan gemetar sewaktu istirahat (tetapi gemetar itu hilang sewaktu tidur), sulit bergerak, kekakuan otot, otot muka kaku menimbulkan kesan seolah-olah bertopeng, mata sulit berkedip dan langkah kaki menjadi kecil dan kaku.
- 4) **Neuritis**, radang saraf yang terjadi karena pengaruh fisis seperti patah tulang, tekanan pukulan, dan dapat pula karena racun atau defisiensi vitamin B1, B6, B12.
- 5) **Amnesia**, yaitu ketidakmampuan seseorang untuk mengingat atau mengenali kejadian yang terjadi dalam suatu periode di masa lampau. Biasanya kelainan ini akibat guncangan batin atau cedera otak.
- 6) **Bell's palsy**, penyakit yang menyerang saraf wajah hingga menyebabkan kelumpuhan otot pada salah satu sisi wajah.
- 7) **Ayan** atau **Epilepsi**. Pada penderita ayon, sinyal-sinyal yang berhubungan dengan perasaan penglihatan, berpikir, dan bergerak tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
- 8) **Lumpuh otak** (Inggris: *cerebral palsy, spastic paralysis, spastic hemiplegia, spastic diplegia, spastic quadriplegia, (CP)*) adalah suatu kondisi terganggunya fungsi otak dan jaringan saraf yang mengendalikan gerakan, laju belajar, pendengaran, penglihatan, kemampuan berpikir.



- 9) **Meningitis** adalah radang selaput pelindung sistem saraf pusat (**meninges**). Penyakit ini dapat disebabkan oleh mikroorganisme, luka fisik, kanker, atau obat-obatan tertentu.
- 10) **Sklerosis multipel**, merupakan suatu kelainan peradangan yang terjadi pada otak dan sumsum tulang belakang yang disebabkan oleh banyak faktor, terutama **focal lymphocytic infiltration** (sel T secara terus-menerus bermigrasi menuju lokasi dan melakukan penyerangan seperti yang layak terjadi pada setiap infeksi) dan berakibat pada kerusakan mielin dan akson.
- 11) **Sindrom Kleine-Levin** (Inggris: **Kleine-Levin Syndrome** disingkat **KLS**) adalah penyakit syaraf yang langka dimana penderita tidak bisa mengontrol rasa kantuknya.
- 12) **Radang otak** (bahasa Inggris: **encephalitis**) adalah peradangan akut otak yang disebabkan oleh infeksi virus. Terkadang ensefalitis dapat disebabkan oleh infeksi bakteri, seperti meningitis, atau komplikasi dari penyakit lain seperti rabies (disebabkan oleh virus) atau sifilis (disebabkan oleh bakteri).
- 13) **Sindrom Alice di Wonderland** atau **mikropsia** adalah keadaan disorientasi saraf yang memengaruhi persepsi penglihatan pada manusia, penderita sindrom ini akan merasa melihat rekannya, bagian tubuh dari manusia, hewan, objek tak bergerak menjadi lebih kecil dari kenyataan.
- 14) **Tumor otak**, adalah proliferasi dan pertumbuhan tak terkendali sel-sel di dalam dan di sekitar jaringan otak.
- 15) **Optic neuritis**, peradangan pada saraf optik. Rasa sakit dan kehilangan penglihatan sementara adalah gejala umum dari optic neuritis.

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep sistem saraf. Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen dan non eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan.

Mengamati Reflek pada Manusia

Gerak Reflek

Masalah : Bagaimanakah reflek yang terjadi pada manusia ?

Tujuan : Untuk mengetahui beberapa macam reflek pada manusia,



Alat dan Bahan:

1. Pemukul dari karet
2. Kipas

Cara Kerja:

1. Reflek tendon miotatik.
 - a. Reflek patela
 - Pelaku duduk di atas meja dengan kedua kaki terjantai bebas. Pukullah ligamentum patellaris dengan pemukul.
 - Apa yang terjadi pada kaki?
 - Pusatkan perhatian pelaku pada objek/kegiatan tertentu. Pukul ligamen patellaris.
 - Apa yang terjadi pada kaki. (bandingkan dengan perlakuan pertama)
 - b. Sentakan achilles
 - Pelaku duduk di atas bangku dengan kedua kaki tergantung bebas pada tepi bangku. Tekuklah kaki sehingga ketegangan otot gastrocnemius bertambah. Tepuklah tendon achilles,
 - Bagaimana reaksi kaki. Rabalah otot gastrocnemius sewaktu tendon ditepuk.
2. Reflek superficialis.

Reflek kornea

 - Sentuhlah kornea dengan ujung kapas.
3. Reflek Organik
 - a. Reflek foto-pupil
 - Pelaku menghadap kearah sinar dengan mata tertutup, selama ± 2 menit.
 - Segeralah mata dibuka, amati pupilnya, amati terus selama beberapa detik, adakah perubahan pada pupil?
 - b. Reflek akomodasi pupil
 - Pelaku mengamati suatu objek yang jauh (± 20 m) pada keadaan cahaya cukup terang; perhatikan pupilnya. Dengan tiba-tiba pelaku diminta melihat obyek (misalnya pensil) yang diletakkan 20 cm dari mata.
 - Amati perubahan pupil.

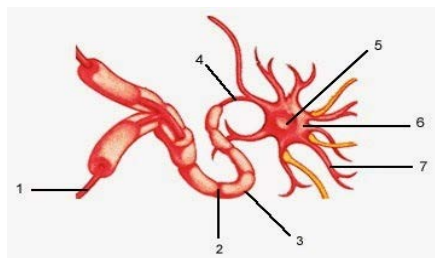


- c. Reflek ciliospinal
 - Cubit kulit pada bagian tengkuk. Amati pupilnya.
- d. Reflek konvergensi
 - Pelaku melihat sesuatu obyek yang jauh; amati posisi bola matanya.
 - Kemudian pelaku diminta melihat obyek yang dekat; amati posisi bola matanya.
- e. Reflek menelan
 - Telanlah ludah; kemudian telan lagi, telan lagi terus dengan cepat.
 - Dapatkah hal tersebut dilakukan? Bandingkan bila Anda menelan (secara terus-menerus air yang Anda minum.)

E. Latihan/Kasus/Tugas

Soal Pilihan Ganda

1. Perhatikan gambar di bawah ini!



Yang merupakan dendrit, badan sel saraf, inti, dan akson ditunjukkan pada nomor...

- a. 4, 3, 2, 1
 - b. 5, 4, 3, 2
 - c. 6, 5, 4, 2
 - d. 7, 6, 5, 2
2. Neuron yang berfungsi mengantarkan impuls saraf dari alat indera menuju ke otak atau sumsum tulang belakang adalah...
- A. neuron asosiasi
 - B. neuron sensorik



- C. neuron motorik
 - D. neuron konektor
3. Uji refleks sering dilakukan dengan cara memukulkan benda lunak perlahan-lahan ke bagian bawah tempurung lutut sehingga secara tidak sadar tungkai bawah penderita bergerak ke depan. Lengkung refleks yang menghasilkan gerakan tersebut memiliki jalur sebagai berikut....
- A. lutut - saraf motorik – sumsum tulang belakang – saraf sensorik – kaki
 - B. lutut – saraf sensorik – sumsum tulang belakang – saraf motorik – kaki
 - C. lutut – saraf sensorik – otak – saraf motorik – kaki
 - D. lutut – saraf motorik – otak – saraf sensorik – kaki
4. Terdapat ciri-ciri bagian otak sebagai berikut:
- 1. Memiliki belahan kiri dan kanan
 - 2. Belahan kiri mengkoordinasikan tubuh bagian kanan
 - 3. Belahan kanan mengkoordinasikan tubuh bagian kiri
- Bagian otak yang dimaksud merupakan....
- A. Diensefalon
 - B. Serebellum
 - C. Talamus
 - D. Serebrum
5. Penyakit radang saraf yang disebabkan karena benturan fisik misalnya pukulan, patah tulang, ada juga yang disebabkan oleh defisiensi vitamin, antara lain vitamin B1, B6, dan B12, dengan gejala kesemutan dan terasa sakit pada daerah yang disarafi adalah....
- A. Stroke
 - B. Alkzeimer
 - C. Parkinson
 - D. Neuritis



6. Salah satu perbedaan antara cara kerja sistem saraf dengan sistem hormon adalah bahwa sistem saraf....
 - A. Membantu memelihara rangsang homeostasis
 - B. Menanggapi rangsangan dengan lambat
 - C. Responnya tidak langsung
 - D. Responnya langsung terhadap rangsang

7. Hormon di bawah ini yang bekerja secara antagonis adalah....
 - A. Insulin – glukagon
 - B. Prolaktin – noradrenalin
 - C. Adrenalin – oksitosin
 - D. FSH – ADH

8. Kelainan diabetes mellitus terjadi karena tingginya konsentrasi gula dalam darah seseorang. Sebenarnya tubuh dapat mensekresikan hormon untuk mengurangi tingginya kadar gula tersebut, namun kadangkala organ penghasil hormon tersebut rusak atau mengalami gangguan. Organ yang dimaksud adalah....
 - A. Hati
 - B. Limpa
 - C. Ginjal
 - D. Pankreas

9. Vitamin A memiliki peran yang penting dalam indra penglihatan manusia, apabila kekurangan vitamin A, seseorang akan mengalami rabun/kesulitan melihat pada senja hari. Vitamin A penting dalam indera penglihatan untuk
 - A. menjaga kesehatan retina
 - B. bahan pembentuk rodopsin
 - C. bahan baku pembuatan aqueous humor
 - D. proses dilatasi dan konstriksi pupil mata



10. Obat psikotropika yang mempengaruhi pemakainya dengan cara meningkatkan kinerja seperti tetap terjaga, meningkatkan kewaspadaan, mengurangi rasa lelah/ngantuk, termasuk ke dalam jenis obat yang bersifat :
- A. Stimulan, mengurangi kegiatan sistem saraf sehingga susunan saraf menjadi pasif
 - B. Stimulan, menstimulasi sistem saraf simpatetik melalui pusat hipotalamus
 - C. Halusinogen, mempengaruhi persepsi penglihatan dan pendengaran
 - D. Halusinogen, mempengaruhi peningkatan respons emosional

F. Rangkuman

Unit dari sistem saraf adalah neuron. Masing-masing sel saraf terdiri atas badan sel, akson, dan dendrit. Dendrit membawa rangsangan dari reseptor menuju ke arah badan sel. Akson membawa rangsangan dari suatu badan sel ke efektor atau neuron lainnya. Ada tiga jenis sel saraf yaitu sensoris, motoris dan neuron asosiasi. Rangsangan merupakan pesan elektrokimia yang dipindahkan karena adanya perubahan pada membran neuron. Neurotransmitter membangkitkan rangsangan baru atau efektor untuk menghasilkan aksi.

Sistem saraf terdiri atas sistem saraf pusat dan sistem saraf perifer. Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang. Otak terdiri atas otak depan, otak tengah, dan otak belakang. Sistem saraf perifer terdiri atas somatik dan sistem otonom. Sistem saraf somatik mengontrol gerakan-gerakan otot anggota. Sistem saraf otonom terdiri atas sistem simpatik dan para simpatik. Sistem saraf otonom mengontrol otot polos, organ bagian dalam dan kelenjar. Sistem saraf simpatik menyiapkan tubuh terhadap tekanan (stres), sedangkan parasimpatik merelaksasikan tubuh.

Manusia memiliki lima macam alat indera yang terdiri dari mata, telinga, hidung, lidah, dan kulit. Kelima alat indera ini mampu menerima rangsang yang berbeda dan selanjutnya rangsang tersebut dibawa ke otak untuk diproses.



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 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Belajar pada Modul berikutnya yaitu Kegiatan Belajar 08, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali Kegiatan Belajar 07 ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PEWARISAN SIFAT

Salah satu keistimewaan ciptaan Tuhan Yang Maha Esa adalah keanekaragaman yang dimiliki oleh makhluk hidup. Keanekaragaman yang sangat tinggi di antara makhluk hidup tidak hanya ada di level kingdom, akan tetapi keanekaragaman tersebut terdapat di level spesies. Di antara spesies yang sama dapat kita temukan variasi yang sangat banyak. Bahkan untuk dua orang anak kembar identik, selalu bisa ditemukan perbedaan ciri dan sifat di antara keduanya. Bila Anda memperhatikan sekumpulan anak ayam yang sedang mencari makan dengan induknya, Anda akan melihat bahwa beberapa sifat anak ayam ada yang mirip dengan sifat induk betina, dan atau induk jantannya. Misalnya, sifat yang nampak pada warna bulu, kaki, ekor, dan sebagainya. Hal yang serupa juga terdapat pada tanaman, misalnya padi. Sifat-sifat yang dimiliki tanaman padi unggul diperoleh dari bibit-bibit yang memiliki sifat-sifat unggul ini. Sifat ini diturunkan dari induk ke keturunannya melalui perkawinan/persilangan/pembastaran. Sifat ini dibentuk oleh faktor pembawa sifat keturunan yang disebut gen.

Pada peristiwa tersebut, Anda dapat menyimpulkan bahwa ada pewarisan sifat dari orang tua kepada anak-anaknya. Keanekaragaman ciri dan sifat itu bersifat unik dan bisa digunakan untuk membedakan satu individu dengan individu lainnya. Sifat dan ciri makhluk hidup tersebut ada yang bisa diturunkan ada juga yang tidak bisa diturunkan ke anaknya. Modul pewarisan ini membahas bagaimana sifat-sifat yang dimiliki makhluk hidup diturunkan dengan pola-pola tertentu.



A. Tujuan

Modul ini akan membahas tentang Hukum Mendel dalam proses pewarisan sifat dan penerapannya, macam-macam interaksi gen dan analisis pola pewarisan sifat pada manusia.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui pembelajaran ini adalah:

1. Menjelaskan hukum mendel dalam proses pewarisan sifat;
2. Menerapkan hukum Mendel I dan II secara teoritis dalam persilangan tumbuhan;
3. Menentukan macam-macam interaksi gen yang terjadi pada makhluk hidup;
4. Menerapkan interaksi gen dalam dalam persilangan;
5. Menjelaskan pola pewarisan sifat pada makhluk hidup berdasarkan Hukum Mendel.

C. Uraian Materi

Hukum Mendel



Gambar 2.1 Gregor Mendel

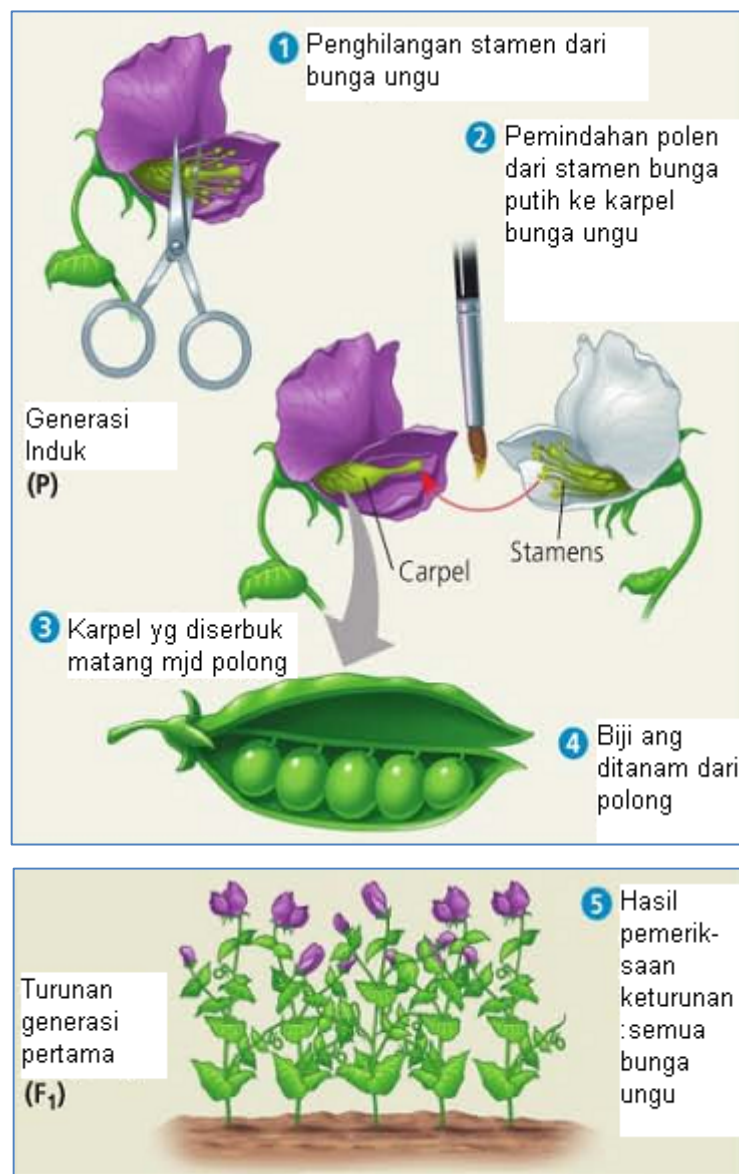
Johann Mendel lahir tanggal 22 Juli 1822 di kota kecil Heinzendorf di Silesia, Austria. (Sekarang kota itu bernama Hranice wilayah Republik Ceko.) Johann Gregor Mendel adalah orang yang sampai kini dianggap sebagai peletak dasar ilmu keturunan atau genetika. Semasa hidupnya, beliau senang melakukan percobaan di kebunnya untuk menyelidiki bagaimana sifat-sifat tanaman induk diturunkan kepada keturunannya. Hasil percobaannya diumumkan pada tahun

1865, dan sejak tahun itu ilmu tentang keturunan tumbuh dengan teori-teori yang lebih ilmiah.



Eksperimen Mendel

Eksperimen Mendel dimulai saat dia berada di biara Brunn didorong oleh keingintahuannya tentang suatu ciri tumbuhan diturunkan dari induk keturunannya. Jika misteri ini dapat dipecahkan, petani dapat menanam hibrida dengan hasil yang lebih besar. Prosedur Mendel merupakan langkah yang cemerlang dibanding prosedur yang dilakukan waktu itu. Mendel sangat memperhitungkan sifat atau karakter dari keturunan dan keturunan tersebut diteliti sebagai satu kelompok, bukan sejumlah keturunan yang istimewa.

















Gambar 2.2 Proses Penyilangan

Sumber: Campbell, et al. 2009



Dia juga memisahkan berbagai macam ciri dan meneliti satu jenis ciri saja pada waktu tertentu, tidak memusatkan perhatian pada tumbuhan secara keseluruhan. Dalam eksperimennya, Mendel memilih tumbuhan biasa, kacang polong, sedangkan para peneliti lain umumnya lebih suka meneliti tumbuhan langka. Seperti pada gambar 4, Mendell melakukan penyilangan terhadap kacang polong. Dari berbagai hasil penelitiannya, Mendell mengidentifikasi tujuh ciri berbeda yang kemudian dia teliti seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Hasil penyilangan yang dilakukan oleh Mendel

Character	Dominant Trait	x	Recessive Trait	F ₂ Generation Dominant:Recessive	Ratio
Flower color	Purple 	×	White 	705:224	3.15:1
Flower position	Axial 	×	Terminal 	651:207	3.14:1
Seed color	Yellow 	×	Green 	6,022:2,001	3.01:1
Seed shape	Round 	×	Wrinkled 	5,474:1,850	2.96:1
Pod shape	Inflated 	×	Constricted 	882:299	2.95:1
Pod color	Green 	×	Yellow 	428:152	2.82:1
Stem length	Tall 	×	Dwarf 	787:277	2.84:1

Mendel menyilangkan tumbuhan tinggi dengan tumbuhan pendek dengan menaruh tepung sari dari yang tinggi pada bunga pohon yang pendek, demikian sebaliknya. Mendel mengharapkan bahwa semua keturunan generasi pertama hasil persilangan itu akan berupa pohon berukuran sedang atau separuh tinggi



dan separuh pendek. Namun ternyata, semua keturunan generasi pertama berukuran tinggi.

Rupanya sifat pendek telah hilang sama sekali. Lalu Mendel membiarkan keturunan generasi pertama itu berkembang biak sendiri menghasilkan keturunan generasi kedua. Kali ini, tiga perempat berupa tumbuhan tinggi dan seperempat tumbuhan pendek. Ciri-ciri yang tadinya hilang muncul kembali. Dia menerapkan prosedur yang sama pada enam ciri lain. Dalam setiap kasus, satu dari ciri-ciri yang berlawanan hilang dalam keturunan generasi pertama dan muncul kembali dalam seperempat keturunan generasi kedua.

Dari percobaan tersebut, Mendell melahirkan hukum mengenai pewarisan sifat yang dikenal dengan Hukum Mendel. Hukum ini terdiri dari dua bagian:

1. Hukum pemisahan (*segregation*) dari Mendel, juga dikenal sebagai **Hukum Pertama Mendel**,
2. Hukum berpasangan secara bebas (*independent assortment*) dari Mendel, juga dikenal sebagai **Hukum Kedua Mendel**.

Hukum Mendel Pertama

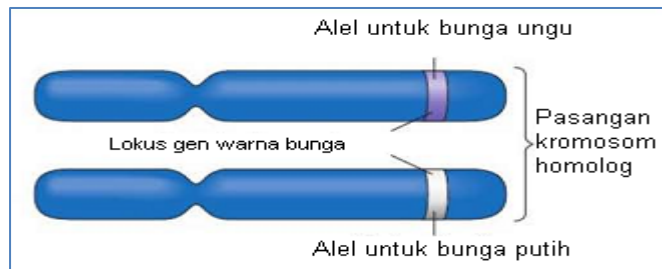
Mendel menarik beberapa kesimpulan dari hasil penelitiannya. Dia menyatakan bahwa setiap ciri dikendalikan oleh dua macam informasi, satu dari sel jantan (tepung sari) dan satu dari sel betina (indung telur di dalam bunga). Kedua informasi ini (kelak disebut pembawa sifat keturunan atau gen) menentukan ciri-ciri yang akan muncul pada keturunan. Sekarang, konsep ini disebut Hukum Mendel Pertama yaitu Hukum Segregasi Bebas. Hukum segregasi bebas menyatakan bahwa pada pembentukan gamet, kedua gen yang merupakan pasangan alel itu akan memisah sehingga tiap-tiap gamet menerima satu gen dari alelnya.

Secara garis besar, hukum ini mencakup tiga pokok:

1. Gen memiliki bentuk-bentuk alternatif yang mengatur variasi pada karakter. Ini adalah konsep mengenai alel.
2. Setiap individu membawa sepasang gen, satu dari induk jantan dan satu dari induk betina.



3. Jika sepasang gen ini merupakan dua alel yang berbeda, alel dominan akan terekspresikan. Alel resesif yang tidak terekspresikan, tetap akan diwariskan pada gamet yang dibentuk.



Gambar 2.3 Alel pada warna bunga.

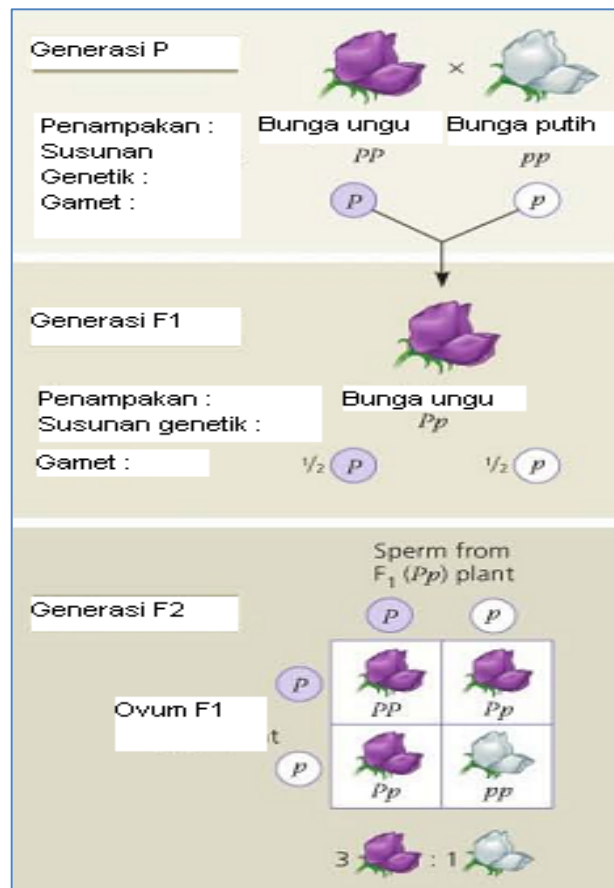
Alel untuk warna bunga berada pada lokus gen yang sama pada pasangan kromosom homolog.

Untuk setiap ciri yang diteliti oleh Mendel dalam kacang polong, ada satu ciri yang dominan sedangkan lainnya resesif. Induk galur murni dengan ciri dominan mempunyai sepasang gen dominan (PP) dan dapat memberi hanya satu gen dominan (P) kepada keturunannya. Induk galur murni dengan ciri yang resesif mempunyai sepasang gen resesif (pp) dan dapat memberi hanya satu gen resesif (p) kepada keturunannya. Maka keturunan generasi pertama menerima satu gen dominan dan satu gen resesif (Pp) dan menunjukkan ciri-ciri gen dominan. Bila keturunan ini berkembang biak sendiri menghasilkan keturunan generasi kedua, sel-sel jantan dan betina masing-masing dapat mengandung satu gen dominan (P) atau gen resesif (p). Oleh karenanya, ada empat kombinasi yang mungkin: PP, Pp, pP dan pp. Tiga kombinasi yang pertama menghasilkan tumbuhan dengan sifat dominan, sedangkan kombinasi terakhir menghasilkan satu tumbuhan dengan sifat resesif.

Percobaan Mendel yang dipaparkan di atas adalah satu contoh persilangan monohibrid (gambar 6). Hasil dari percobaan ini menunjukkan sifat warna ungu dominan terhadap sifat warna putih. Oleh karena itu, simbol sifat ini dilambangkan dengan P (huruf pertama dari purple) untuk yang dominan dan p untuk yang resesif. Dalam percobaan ini, Mendel menggunakan individu dari galur murni, yaitu individu yang selalu menurunkan sifat kepada keturunannya yang sama dengan sifat induknya. Sifat ini dimungkinkan jika individu itu



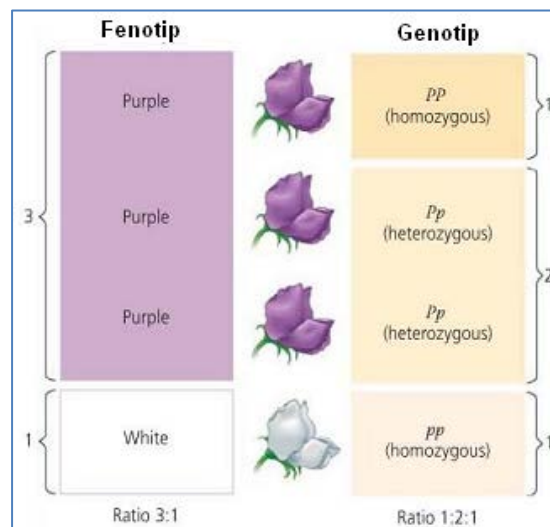
homozigot. Ketika pembentukan gamet (sel kelamin), kromosom terpisah dari pasangannya, sehingga tiap gamet hanya memiliki setengah dari jumlah kromosom yang dimiliki individu.



Gambar 2.4 Persilangan Monohibrid

Sumber : Campbell, et al. 2009

Dengan demikian setiap gamet memperoleh gen separuh dari jumlah yang dimiliki individu. Jadi, setiap gamet memiliki satu lambang, yaitu P atau p. Oleh karena itu genotip semua keturunan pertama (F1) adalah Pp sehingga sifatnya yang nampak adalah warna ungu. Untuk memperoleh keturunan kedua (F2), dilakukan perkawinan sesama keturunan pertama (F1). Genotip dari semua keturunan pertama adalah Pp, sehingga genotip pada masing-masing gamet (♂ dan ♀) adalah P dan p. Gamet ini akan menghasilkan keturunan kedua (F2) dengan genotip PP (25%), Pp (50%), dan pp (25%) dan fenotip F2 adalah warna bunga ungu (75%) dan putih (25%) seperti yang terlihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Rasio Genotip dan Fenotip pada Persilangan Monohibrid

Hukum Mendel Kedua

Kemudian Mendel meneliti dua ciri sekaligus, yakni bentuk biji (bulat atau keriput) dan warna biji (kuning atau hijau). Dia menyilang tumbuhan yang selalu menunjukkan ciri-ciri dominan (bentuk bundar dan warna kuning) dengan tumbuhan berciri terpendam (bentuk keriput dan warna hijau). Sekali lagi, ciri terpendam tidak muncul dalam keturunan generasi pertama. Jadi, semua tumbuhan generasi pertama mempunyai benih kuning bulat. Gambar 2.7 menunjukkan bahwa ada 16 kombinasi gen pada keturunan ke dua (F_2). Dari 16 kombinasi ini, bulat kuning ada 9, bulat hijau ada 3, kisut kuning ada 3, dan kisut hijau ada 1. Dengan demikian perbandingan kuning : bulat hijau : kisut kuning : kisut hijau adalah 9 : 3 : 3 : 1. Perbandingan ini akan terpenuhi pada pembastaran dihibrid jika dua sifat tanda beda dalam keadaan dominan penuh.

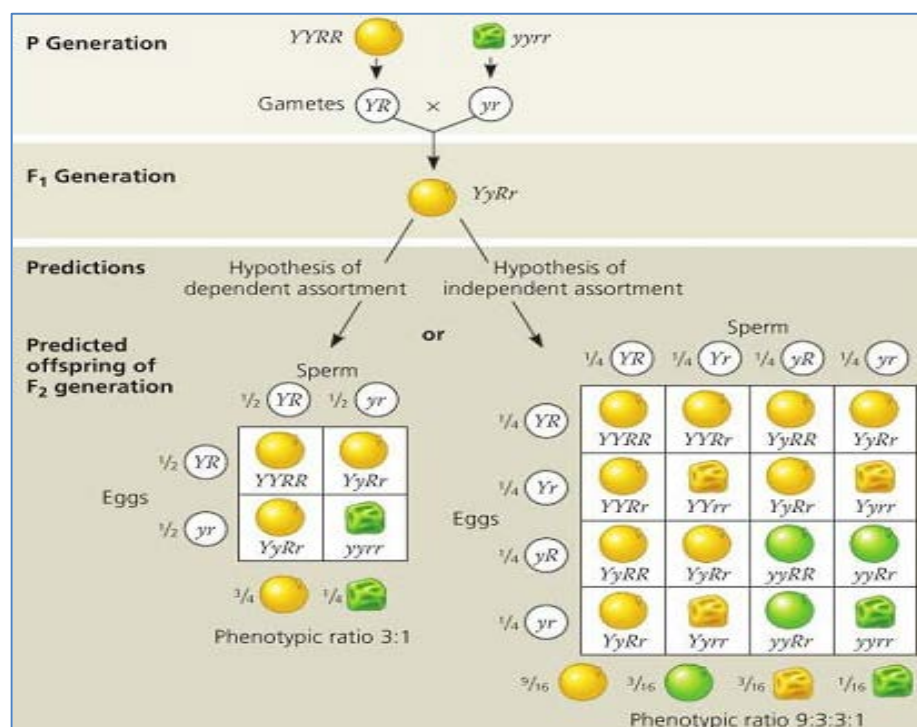
Kacang polong yang semuanya bulat dan kuning pada turunan pertama menunjukkan bahwa sifat bulat dominan terhadap kisut dan kuning dominan terhadap hijau. Jadi kacang polong yang berbiji bulat kuning dapat dilambangkan dengan YYRR dan yang kisut hijau dengan yyrr.

Mendel mengecek hasil ini dengan kombinasi dua ciri lain. Perbandingan yang sama muncul lagi. Perbandingan 9:3:3:1 menunjukkan bahwa kedua ciri tidak saling tergantung, sebab perbandingan 3:1 untuk satu ciri bertahan dalam setiap subkelompok ciri yang lain, dan sebaliknya. Dalam pembentukan gamet, gen-gen



membentuk kombinasi secara bebas. Hal ini menunjukkan bahwa sepasang gen tidak dipengaruhi oleh pasangan gen lainnya. Peristiwa ini biasa disebut hukum Mendel II atau hukum berpasangan secara bebas.

Hukum kedua Mendel menyatakan bahwa bila dua individu mempunyai dua pasang atau lebih sifat, maka diturunkannya sepasang sifat secara bebas, tidak bergantung pada pasangan sifat yang lain. Dengan kata lain, alel dengan gen sifat yang berbeda tidak saling mempengaruhi. Hal ini menjelaskan bahwa gen yang menentukan seperti tinggi tanaman dengan warna bunga suatu tanaman, tidak saling mempengaruhi. Eksperimen Mendel (gambar 2.6) menunjukkan bahwa ketika tanaman induk membentuk sel-sel reproduksi jantan dan betina, semua kombinasi bahan genetik dapat muncul dalam keturunannya, dan selalu dalam proporsi yang sama dalam setiap generasi. Informasi genetik selalu ada meskipun ciri tertentu tidak tampak di dalam beberapa generasi karena didominasi oleh gen yang lebih kuat. Dalam generasi kemudian, bila ciri dominan tidak ada, ciri resesif itu akan muncul lagi.



Gambar 2.6 Persilangan Dhibrid

Sumber: Campbell, et al. 2009



Polihibrid

Polihibrid adalah persilangan dua individu yang sejenis dengan tiga sifat beda atau lebih. Apakah prinsip-prinsip Mendel juga berlaku pada polihibrid? Pada dasarnya polihibrid sama dengan dihibrid. Sebagai contoh, persilangan individu dengan tiga sifat beda, yang dinyatakan dengan AABBCc dominan terhadap aabbcc. Keturunan F₁ memiliki genotip yang sama yaitu AaBbCc. Kemungkinan kombinasi gen pada gamet-gamet yang dihasilkannya adalah: ABC, ABc, Abc, abc, aBC, abC, AbC, abc. Jadi diperoleh 8 macam kombinasi gen pada gamet-gamet. Dengan demikian, jika gamet-gamet ini mengadakan persilangan di antara sesamanya maka akan dihasilkan 82 kombinasi gen pada F₂, yaitu 64 macam kombinasi.

Berapa macam kombinasi gen pada gamet-gamet yang dihasilkan F₁, dan berapa jumlah kombinasi gen yang terjadi pada F₂ jika terjadi persilangan antara sesama F₁ secara matematik dapat kita ramalkan sebagai berikut. Jumlah sifat beda dinyatakan dengan angka pangkat dari bilangan pokok 2. Misalnya, macam kombinasi gen pada gamet-gamet yang dihasilkan F₁ pada 3 sifat beda adalah 2³ yaitu 8 macam kombinasi gen. Dengan demikian kombinasi gen pada F₂ hasil persilangan antara sesama F₁ adalah 8² yaitu 64 kombinasi. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan kemungkinan kombinasi gen yang terjadi pada gamet-gamet yang dihasilkan F₁ dan kombinasi gen (genotip) serta fenotip pada F₂

Tabel 2.2. Hubungan antara jumlah sifat beda dengan jumlah kombinasi gen pada gamet yang dihasilkan F₁, genotip dan fenotip F₂

Jumlah sifat beda	Jumlah kombinasi gen pada gamet F ₁	Kemungkinan terjadinya genotif F ₂	Kemungkinan terjadinya fenotip F ₂	Pemisahan fenotip
1	2 ¹ = 2	3 ¹ = 3	2	3 : 1
2	2 ² = 4	3 ² = 9	4	
3	2 ³ = 8	3 ³ = 27	8	9 : 3 : 3 : 1
4	2 ⁴ = 16	3 ⁴ = 81	16	27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
N	2 ⁿ	3 ⁿ	2 ⁿ	81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1

Segi tiga pascal

$$\begin{array}{ccccccccc}
 & & & & 1 & & & & \\
 & & & 1 & & 2 & & 1 & \\
 & & 1 & & 3 & & 3 & & 1 \\
 & 1 & & 4 & & 6 & & 4 & & 1 \\
 1 & & 5 & & 10 & & 10 & & 5 & & 1
 \end{array}$$

Pentahibrid

Kemungkinan perbandingan fenotip F_2 adalah:

$$\begin{array}{ccccccccc} \underline{3^n} & : & \underline{3^{n-1}} & : & \underline{3^{n-2}} & : & \underline{3^{n-3}} & : & \underline{3^{n-4}} & : & \underline{3^{n-5}} \\ 1 & & 5 & & 10 & & 10 & & 5 & & 1 \end{array}$$

Jumlah sifat beda = $n = 5$

Jadi kemungkinan perbandingan fenotip F_2 adalah:

$$\begin{array}{cccccc}
\underline{3^5} & : & \underline{3^{5-1}} & : & \underline{3^{5-2}} & : & \underline{3^{5-3}} & : & \underline{3^{5-4}} & : & \underline{3^{5-5}} \\
= & & & & & & & & & & \\
1 & & 5 & & 10 & & 10 & & 5 & & 1 \\
\underline{3^5} & : & \underline{3^4} & : & \underline{3^3} & : & \underline{3^2} & : & \underline{3^1} & : & \underline{3^0} \\
= & & & & & & & & & & \\
1 & & 5 & & 10 & & 10 & & 5 & & 1 \\
\underline{243} & : & \underline{81} & : & \underline{27} & : & \underline{9} & : & \underline{3} & : & \underline{1} \\
= & & & & & & & & & & \\
1 & & 5 & & 10 & & 10 & & 5 & & 1
\end{array}$$

Jadi pemisahan fenotip F_2 adalah:

243 : 81 ; 81 : 81 ; 81 : 81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 27 : 27 : 27 : 27 :
27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1

INTERAKSI GEN

Pada tahun 1906, W. Bateson dan R.C Punnet menemukan bahwa pada persilangan F2 dapat menghasilkan rasio fenotipe 14 : 1 : 1 : 3.



Merekamenyilangkan kacang kapri berbunga ungu yang serbuk sarinya lonjong dengan bunga merah yang serbuk sarinya bulat. Rasio fenotipe dari keturunan ini menyimpang dari hukum Mendel yang seharusnya pada keturunan kedua (F₂) perbandingan rasionya 9 : 3 : 3 : 1.

Tahun 1910 T.H. Morgan, seorang sarjana Amerika dapat memecahkan misteri tersebut. Morgan menemukan bahwa kromosom mengandung banyak gen dan mekanisme pewarisannya menyimpang dari Hukum II Mendel. Pada lalat buah, sampai saat ini telah diketahui kira-kira ada 5.000 gen, sedangkan lalat buah hanya memiliki 4 pasang kromosom saja.

Berarti, pada sebuah kromosom tidak terdapat sebuah gen saja, melainkan puluhan bahkan ratusan gen. Pada umumnya, gen memiliki pekerjaan sendiri-sendiri untuk menumbuhkan sifat, tetapi ada beberapa gen yang berinteraksi atau dipengaruhi oleh gen lain untuk menumbuhkan sifat. Gen tersebut mungkin terdapat pada kromosom yang sama atau pada kromosom yang berbeda.

Interaksi antargen akan menimbulkan perbandingan fenotipe yang keturunannya menyimpang dari hukum Mendel, keadaan ini disebut penyimpangan semu hukum Mendel. Jika pada persilangan dihibrid, menurut Mendel perbandingan fenotipe F₂ adalah 9 : 3 : 3 : 1, pada penyimpangan semu perbandingan tersebut dapat menjadi (9 : 3 : 4), (9 : 7), atau (12 : 3 : 1).

Perbandingan tersebut merupakan modifikasi dari 9 : 3 : 3 : 1. Interaksi gen yang menyebabkan terjadinya penyimpangan hukum Mendel terdapat 4 bentuk, yaitu polimeri, kriptomeri, epistasis, hipostasis, dan komplementer.

1. Polimeri

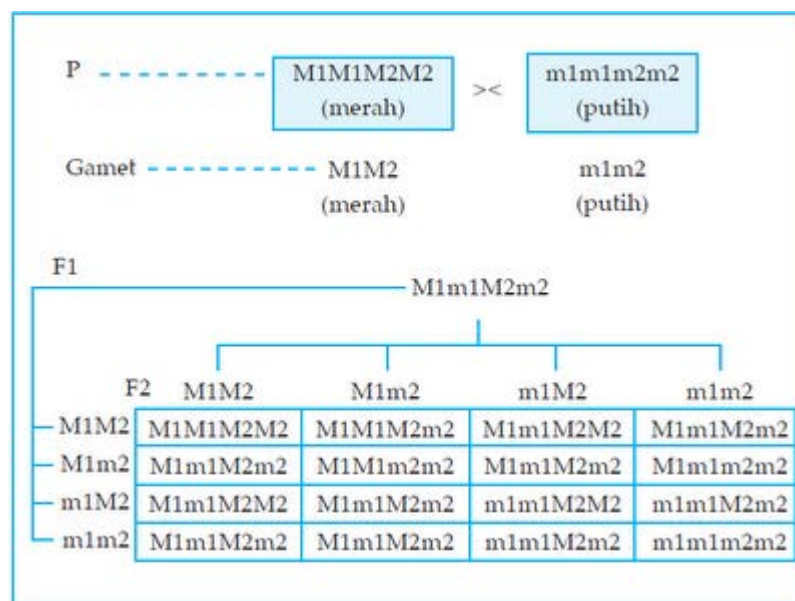
Sifat yang muncul pada pembastaran heterozigot dengan sifat beda yang berdiri sendiri-sendiri tetapi mempengaruhi karakter dan bagian organ tubuh yang sama dari suatu organisme disebut polimeri.

Pada salah satu percobaannya, Nelson Ehle, menyilangkan gandum berbiji merah dengan gandum berbiji putih, fenotipe F₁ semua berbiji merah tetapi tidak semerah biji induknya. Pada kasus ini, seolah-olah terjadi peristiwa dominan tidak penuh, sedangkan pada F₂ diperoleh keturunan dengan ratio fenotipe 15 merah dan 1 putih adalah berasal dari penggabungan (9+3+3):1, berwarna merah ada 4 variasi yaitu merah tua, merah sedang, merah muda, dan merah



muda sekali, sedangkan berwarna putih hanya ada 1 variasi, maka percobaan ini dikatakan bahwa pembastaran tersebut adalah dihibrida dan dua pasang alel yang berlainan tadi sama-sama mempengaruhi sifat yang sama yaitu warna bunga.

Apabila gen yang menimbulkan pigmen merah diberi simbol M1 dan M2, alel yang mengakibatkan tidak terbentuknya warna diberi simbol m1 dan m2, maka dapat digambarkan dalam diagram persilangan sebagai berikut. Perhatikan peristiwa polimeri pada persilangan antara gandum merah dan gandum putih



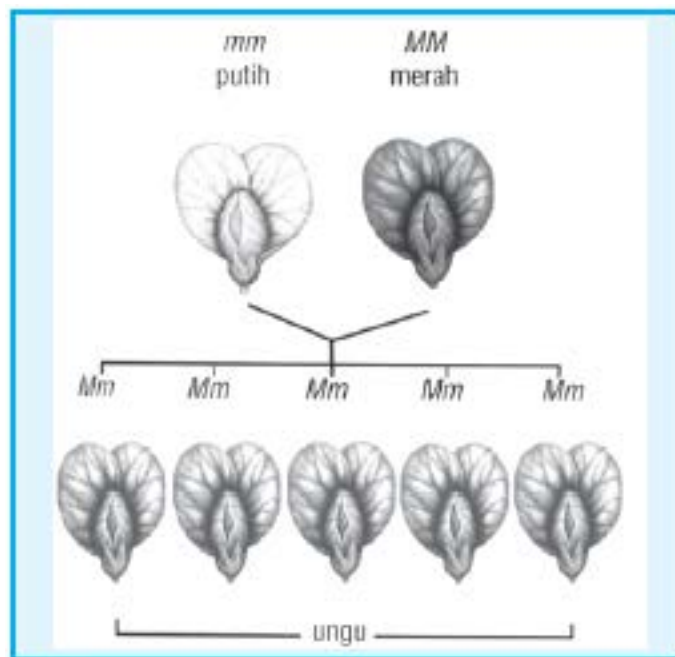
Keterangan:

No	Genotipe	Jumlah Gen Warna Merah	Fenotipe	Frekuensi
1	M1M1M2M2	4	Merah Tua	1/16
2, 3, 5, 9	M1M1M2m2 M1m1M2M2	3	Merah Sedang	4/16
6	M1M1m2m2	1	Merah Muda	1/16
4, 7, 10, 13	M1m1M2m2	4	Merah Muda	4/16
11	m1m1M2M2	1	Merah Muda	1/16
8, 12, 14	M1m1m2m2	3	Merah Muda Sekali	3/16
15	m1m1M2m2	1	Merah Muda Sekali	1/16
16	m1m1m2m2	0	Putih	1/16



2. Kriptomeri

Kriptomeri adalah gen dominan yang seolah-olah tersembunyi apabila berdiri sendiri-sendiri dan pengaruhnya baru tampak apabila bersama-sama dengan gen dominan lainnya. Correns pernah menyilangkan tumbuhan *Linaria maroccana* berbunga merah galur murni dengan yang berbunga putih juga galur murni. Diperoleh F1 semua berbunga ungu, sedangkan F2 terdiri atas tanaman *Linaria maroccana* berbunga ungu : merah : putih = 9 : 3 : 4.



Gambar 2.7 Kriptomeri

Berdasarkan penyelidikan terhadap plasma sel bunga *Linaria*, ternyata warna merah disebabkan oleh adanya pigmen antosianin dalam lingkungan plasma sel yang bersifat asam, sedangkan dalam lingkungan basa akan memberikan warna ungu. Tetapi apabila dalam plasma sel tidak terdapat antosianin, dalam lingkungan asam atau basa tetap akan membentuk warna putih.

Apabila:

A = ada bahan dasar pigmen antosianin,

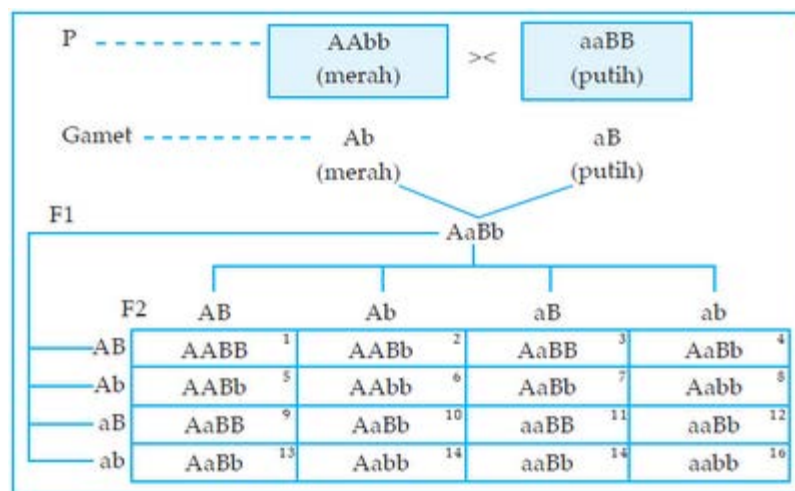
a = tidak ada bahan dasar pigmen antosianin,

B = reaksi plasma sel bersifat basa, dan

b = reaksi plasma sel bersifat asam.



Gen A dominan terhadap a, dan gen B dominan terhadap b, sehingga diagram persilangannya dapat digambarkan, seperti pada diagram berikut. Perhatikan diagram peristiwa kriptomeri pada *Linaria maroccana* yang menghasilkan kombinasi ungu : merah : putih = 9 : 3 : 4.



Individu genotipe F2 mempunyai:

- A.B (antosianin dalam lingkungan basa) warna bunganya ungu sebanyak 9 kombinasi.
- A.bb (antosianin dalam lingkungan asam) warna bunganya merah sebanyak 3 kombinasi.
- aaB. dan aa bb (tidak mengandung antosianin) warna bunganya putih sebanyak 4 kombinasi.

3. Epistasis dan Hipostasis

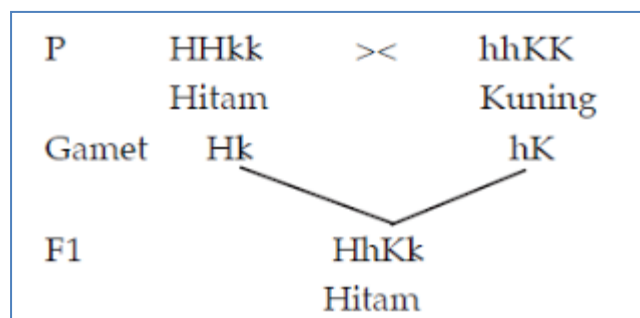
Epistasis dan hipostasis adalah salah satu bentuk interaksi antara gen dominan menutupi gen lainnya yang bukan sealel. Gen yang menutup gen lainnya disebut epistasis dan gen yang tertutup itu disebut hipostasis.

Peristiwa ini terjadi baik pada tumbuhan, hewan, maupun manusia. Pada tumbuhan, peristiwa epistasis dan hipostasis dijumpai pada warna kulit gandum dan warna kulit labu squash, sedangkan pada hewan dapat dijumpai bulu mencit. Pada manusia, peristiwa tersebut juga dapat dijumpai misalnya pada warna mata.



Nelson Ehle mengadakan percobaan persilangan dengan objek tanaman gandum. Gandum berkulit biji hitam disilangkan dengan gandum berkulit putih kuning. Hasilnya (F1) 100% berkulit biji hitam. Pada F2 diharapkan akan dihasilkan keturunan dengan fenotipe 75% hitam dan 25% kuning, tetapi ternyata tidak demikian, hasil yang diperoleh mempunyai perbandingan sebagai berikut 12 hitam : 3 kuning : 1 putih. Persilangan ini mirip prinsip Mendel yaitu $(9 + 3) : 3 : 1$.

Setelah dianalisis, ternyata gen yang menimbulkan pigmentasi hitam dan kuning berdiri sendiri-sendiri dan keduanya merupakan faktor dominan terhadap faktor putih. Jadi, gen H (hitam) dominan terhadap h (putih) gen K (kuning) dominan terhadap k (putih). Perhatikan diagram persilangan antara gandum berkulit biji hitam HHkk dengan gandum berkulit biji kuning hhKK berikut!



Genotipe F1 Hhkk fenotipenya adalah hitam. Ini menunjukkan bahwa faktor H menutup faktor K, faktor H disebut epistasis dan faktor K disebut hipostasis. Jika F1 mengadakan meiosis akan menghasilkan gamet Hk, Hk, hK, dan hk, sehingga kemungkinan kombinasi F2 adalah seperti diagram berikut.

Peristiwa hipostasis dan epistasis menghasilkan kombinasi yaitu hitam : kuning : putih = 12 : 3 : 1.

	HK	Hk	hK	hk
HK	HHKK ¹	HHKk ²	HhKK ³	HhKk ⁴
Hk	HHKk ⁵	HHkk ⁶	HhKk ⁷	Hhkk ⁸
hK	HhKK ⁹	HhKk ¹⁰	hhKK ¹¹	hhKk ¹²
hk	HhKk ¹³	Hhkk ¹⁴	hhKk ¹⁵	hhkk ¹⁶



Keterangan:

Semua kombinasi yang mengandung H, fenotipenya adalah hitam. Kombinasi yang mengandung faktor dominan K hanya menampakkan warna kuning jika bersama faktor H. Kemungkinan kombinasi 1/16 adalah kombinasi dua faktor resesif dari kedua pasangan alel hhkk. Individu ini tidak mengandung faktor dominan dan menampakkan warna putih. Ini adalah jenis homozigot baru yang hanya mungkin timbul dari persilangan dihibrid.

4. Komplementer

Salah satu tipe interaksi gen-gen pada organisme adalah saling mendukung munculnya suatu fenotipe atau sifat. W. Bateson dan R.C. Punnett yang bekerja pada bunga *Lathyrus adoratus* menemukan kenyataan ini.

Mereka melakukan persilangan sesama bunga putih dan menghasilkan keturunan F₂ bunga berwarna ungu seluruhnya. Pada persilangan bunga-bunga berwarna ungu F₂, ternyata dihasilkan bunga dengan warna putih dalam jumlah yang banyak dan berbeda dengan perkiraan sebelumnya, baik hukum Mendel atau sifat kriptomeri.

Penelitian lebih lanjut yang dilakukan oleh keduanya mengungkapkan ada dua gen yang berinteraksi memengaruhi warna bunga, yakni gen yang mengontrol munculnya bahan pigmen (C) dan gen yang mengaktifkan bahan tersebut (P). Jika keduanya tidak hadir bersamaan, tentu tidak saling melengkapi antara sifat satu dengan yang lainnya dan menghasilkan bunga dengan warna putih (tidak berpigmen). Apabila tidak ada bahan pigmen, tentu tidak akan muncul warna, meskipun ada bahan pengaktif pigmennya.

Begitupun sebaliknya, apabila tidak ada pengaktif pigmen maka pigmen yang telah ada tidak akan dimunculkan dan tetap menghasilkan bunga tanpa pigmen (berwarna putih). Persilangan yang dilakukan oleh Bateson dan Punnett dapat diamati pada diagram berikut ini.

Sifat yang dihasilkan oleh interaksi gen yang saling melengkapi dan bekerja sama ini dinamakan dengan komplementer. Ketidakhadiran sifat dominan pada suatu pasangan gen tidak akan memunculkan sifat fenotipe dan hanya akan muncul apabila hadir bersama-sama dalam pasangan gen dominannya.



Contoh: Perkawinan pria bisu tuli dengan wanita bisu tuli.

P1 ♀ rrBB X ♂ RRbb
 bisu tuli bisu tuli
 G rB Rb
 F1 RrBb
 Normal
 Gamet RB , Rb , rB , rb

♂ ♀	RB	Rb	rB	rb
RB	RRBB normal	RRBb normal	RrBB normal	RrBb normal
Rb	RRBb normal	RRbb bisu tuli	RrBb normal	Rrbb bisu tuli
rB	RrBB normal	RrBb normal	rrBB bisu tuli	rrBb bisu tuli
rb	RrBb normal	Rrbb bisu tuli	rrBb bisu tuli	rrbb bisu tuli

Perbandingan fenotip F₂: normal : bisu tuli = 9 : 7

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep pewarisan sifat Anda dapat mempelajari kegiatan eksperimen dan non eksperimen yang dalam modul ini disajikan petunjuknya dalam lembar kegiatan. Untuk kegiatan ekaperimen, 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.



LK. PERSILANGAN MONOHIBRID DAN DIHIBRID

Pendahuluan

Beberapa kali eksperimen penyilangan kacang polong (*Pisum sativum*) secara galur murni, Gregor Mendel selalu memperoleh hasil yang bervariasi dengan angka-angka perbandingan fenotip tertentu. Dari hasil eksperimen tersebut Mendel menyusun hipotesis yang antara lain menyatakan bahwa tiap sifat organisme dikendalikan oleh sepasang faktor keturunan (gen), satu berasal dari induk jantan, satu lagi berasal dari induk betina.

Melalui kegiatan ini Anda diharapkan dapat mengembangkan ketrampilan, mengamati, menginterpretasikan, dan menyimpulkan hasil pengamatan.

Tujuan

Setelah melakukan kegiatan ini, Anda diharapkan dapat :

1. Menentukan angka-angka perbandingan fenotip pada monohibrid dan dihibrid;
2. Membuat diagram persilangan pada monohibrid dan dihibrid; dan
3. Menyimpulkan hasil persilangan monohibrid dan dihibrid.

Alat dan bahan

1. Kancing genetika (model gen) warna merah , 100 butir.
2. Kancing genetika (model gen) warna putih , 100 butir.
3. Kancing genetika (model gen) warna hitam , 100 butir.
4. Kancing genetika (model gen) warna kuning , 100 butir.
5. Wadah 2 buah
6. Balok genetika

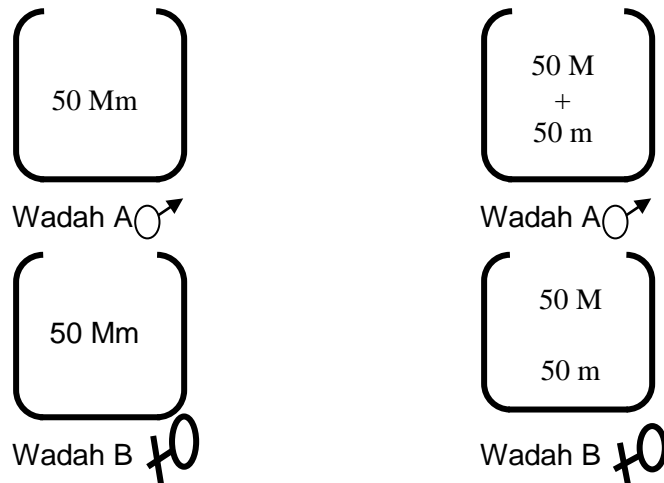
Cara kerja

1. PERSILANGAN MONOHIBRID

- a. Sediakan model gen warna merah dan putih masing-masing 100 butir. Model gen warna merah diberi kode M, dan model gen warna putih diberi kode m. Selanjutnya model gen warna merah (M) dipasang-pasangkan dengan model gen warna putih (m), sehingga diperoleh model individu bergenotip Mm sebanyak 100 buah.
- b. Tandai wadah A sebagai induk jantan dan wadah B sebagai induk



betina. Masukkanlah ke dalam wadah A dan B masing-masing 50 buah Mm. Kemudian setiap genotip Mm dipisahkan lagi sehingga diperoleh model gamet M 50 butir, dan model gamet m 50 butir. Akhirnya dalam masing-masing wadah A dan B terdapat 50 butir gamet M dan 50 gamet m. Untuk lebih jelasnya lihat gambar berikut ini.



- Kocoklah wadah A dan B itu sehingga isinya tercampur aduk dengan benar.
- Dengan mata tertutup, ambillah secara acak serentak model gamet wadah A dan wadah B masing-masing sebutir berulang kali semapai habis.
- Amatilah model gamet yang terambil, kemudian catatlah kode rangkaian model gamet itu dalam tabel hasil pengamatan.

Hasil pengamatan

No.	Macam pasangan	Genotip Tabulasi/Ijiran	Jumlah
1.	Merah – merah		
2.	Merah – putih		
3.	Putih - putih		

Catatan : Jika dalam kegiatan ini diperoleh angka perbandingan yang tidak merupakan bilangan bulat, maka bulatkan ke angka yang paling mendekati.



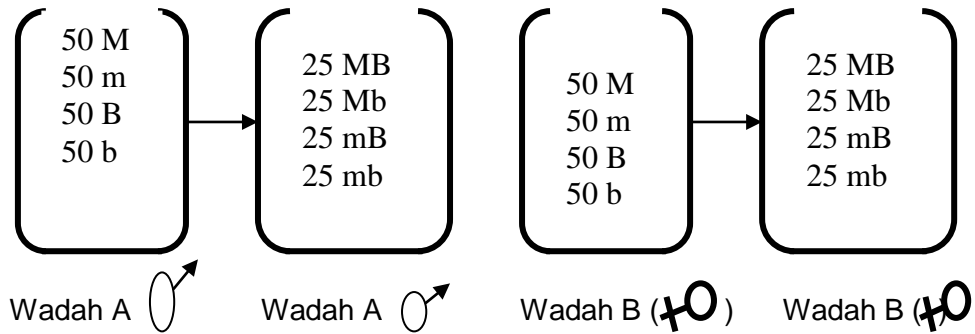
Pertanyaan

- Bagaimanakah perbandingan genotip pada persilangan monohibrid dari hasil kegiatan Anda?
- Bagaimanakah perbandingan fenotip pada persilangan monohibrid, jika sifat merah (M) dominan terhadap sifat putih (m) dari hasil kegiatan Anda?
- Bagaimanakah perbandingan fenotip pada persilangan monohibrid tersebut, jika terjadi peristiwa intermedier?
- Buatlah diagram persilangan pada monohibrid tersebut, jika individu-individu itu bergenotip MM dan mm mulai F_1 hingga F_2 (gen M dominan terhadap gen m). Bagaimana perbandingan fenotip F_1 dan F_2 -nya?
- Apa yang dapat disimpulkan dari persilangan monohibrid tersebut di atas? Jelaskan!

2. PERSILANGAN DIHIBRID

Pakai kancing genetika

- Masukkan ke dalam wadah A dan B, masing-masing 50 butir model gen warna merah. 50 butir model gen warna putih, 50 butir model gen warna hitam, dan 50 butir model gen warna kuning. Model gen warna merah (M) untuk sifat bunga warna merah. Model gen warna putih (m) untuk sifat bunga warna putih. Model gen warna hitam (B) untuk sifat buah besar. Model gen warna kuning (b) untuk sifat buah kecil.
- Tandai wadah A sebagai induk jantan, dan wadah B sebagai induk betina.
- Dalam masing-masing wadah A dan B, gabung-gabungkanlah model gen M dan B, sehingga menjadi model gamet MB sebanyak 25 buah, gen M dan b, sehingga menjadi gamet Mb sebanyak 25 buah, gen m dan B, sehingga menjadi mB sebanyak 25 buah, dan akhirnya gen m dan b, sehingga menjadi gamet mb sebanyak 25 buah. Untuk lebih jelasnya, lihat gambar berikut ini.



- Kocoklah wadah A dan B itu hingga isinya tercampur aduk benar.
- Dengan mata tertutup, ambillah secara serentak model gamet dari wadah A dan wadah B masing-masing sebuah berulang kali sampai habis.
- Isilah tabel di bawah ini sebagai hasil kegiatan.

NO	MACAM PASANGAN	GENOTIP	FENOTIP	TABULASI	JUMLAH
1	Merah-merah, Hitam-hitam				
2	Merah-merah, Hitam kuning				
3	Merah-merah, Kuning-kuning				
4	Merah-putih, Hitam-hitam				
5	Merah-putih, Hitam-kuning				
6	Merah-putih, Kuning-kuning				
7	Putih-putih, Hitam-hitam				
8	Putih-putih. Hitam-kuning				
9	Putih-putih, Kuning-kuning				

Pakai Balok Genetika



- g. Lemparkan kedua balok genetika secara bersamaan dan perhatikan permukaan yang menghadap ke atas ketika kedua balok itu jatuh di meja.
- h. Bila permukaan balok yang satu memperlihatkan merah penuh dan biru penuh berarti MB, dan bila permukaan balok yang satu lagi memperlihatkan merah tidak penuh dan biru tidak penuh berarti mb. Hasil persilangan berarti MmBb. Isikan hasil persilangan ini ke tabel hasil kegiatan.
- i. Lakukan pelemparan balok sampai ± 100 kali, setiap kali melemparkan isikan hasil persilangan ke dalam tabel hasil kegiatan.

PERTANYAAN

1. Bagaimanakah perbandingan genotip pada persilangan dihibrid dari hasil kegiatan Anda?
2. Bagaimanakah perbandingan fenotifnya pada persilangan dihibrid, jika sifat merah (M) dominan terhadap sifat putih (m), dan sifat besar (B) dominan terhadap sifat kecil (b) dari hasil kegiatan Anda?
3. Buatlah diagram persilangan pada dihibrid tersebut jika individu-individu itu bergenotip MMBB dan mmBB mulai F1 hingga F2 (gen M dominan terhadap gen m, gen B dominan terhadap gen b. Bagaimanakah perbandingan fenotif F1 dan f2-nya?
4. Apa yang dapat disimpulkan dari persilangan dihibrid tersebut di atas? Jelaskan!

E. Latihan/Kasus/Tugas

Soal Pilihan Ganda.

1. Seekor sapi pejantan yang bertanduk panjang dikawinkan dengan betina yang bertanduk pendek, ternyata semua anak-anaknya bertanduk panjang. Jika antar anak-anak ini dikawinkan, maka akan menghasilkan anak-anak bertanduk panjang dan pendek dengan perbandingan . . .
 - A. 1 : 1
 - B. 2 : 1
 - C. 3 : 1
 - D. 4 : 1



2. Bila suami istri menderita Akroondoplasia heterozygot maka kemungkinan anak mereka yang normal adalah
 - A. tidak akan mendapat keturunan yang normal
 - B. 25 % kemungkinan akan mendapat keturunan normal
 - C. 75 % kemungkinan didapatkan yang normal
 - D. 10 % saja
3. Seorang ibu hamil memiliki golongan darah A heterozygot pembawa sifat hemofilia. Jika suaminya bergolongan darah B heterozygot dan normal, berapakah kemungkinan anak laki-laki yang lahir dengan golongan darah O dan hemofilia.
 - A. 25 %
 - B. 12,5 %
 - C. 6,25 %
 - D. 3,125 %
4. Determinasi seks pada belalang adalah dengan metode XO. Sel somatis seekor belalang dianalisis dan diketahui mengandung 23 kromosom. Tentukan frekuensi tipe gametnya adalah ...
 - A. 22 A + XO
 - B. 11 A + X
 - C. 22 A + XX
 - D. 11 A + X A atau 11 A
5. Faktor rambut keriting dominan terhadap rambut lurus. Dapatkan orang tua yang berambut keriting semua mempunyai anak yang berambut lurus.
 - A. tidak dapat, karena faktor rambut lurus dominan
 - B. dapat, asal kedua orang tua homozygot
 - C. tidak dapat, karena faktor rambut lurus resesif
 - D. dapat asal kedua orang tuanya heterozygot
6. Disilangkan tanaman kacang tahan penyakit dan berbuah jarang dengan yang tidak tahan penyakit dan berbuah lebat. Hasil F_1 semuanya tahan penyakit dan berbuah lebat. Jika F_1 disilangkan sesamanya, maka kemungkinan tumbuhan kacang yang lebih baik dari kedua induknya adalah



- A. 18,75%
B. 25,00%
C. 56,25%
D. 75,00%
7. Jumlah kombinasi gen yang berbeda, yang mungkin dari gamet tumbuhan trihibrid $TtYySs$ adalah
A. 4
B. 6
C. 8
D. 1
8. Jika sepasang marmot hitam hibrid dikawinkan, dan ada empat keturunan, kemungkinan fenotipnya adalah....
A. Semua hitam
B. Tiga hitam, satu putih
C. Dua hitam, dua putih
D. Satu hitam, tiga putih
9. Berikut ini adalah jenis penyakit menurun seperti:
1. buta warna;
2. sickle cells;
3. hemofilia;
4. talasemia.
- Penyakit menurun yang terpaut pada autosom, yaitu
A. 3 - 4
B. 2 - 4
C. 2 - 3
D. 1 - 3
10. Seorang laki-laki normal menikah dengan wanita buta warna, salah seorang anak wanitanya kemudian menikah dengan laki-laki buta warna. Persentase cucunya yang buta warna, yaitu
A. 25%
B. 50%
C. 60%
D. 75%



F. Rangkuman

Mendel melakukan persilangan dua individu dengan satu sifat beda (monohibrid), yaitu kacang polong berbiji bulat (BB) dengan kacang polong berbiji kisut (bb). Biji bulat atau kisut yang tampak pada biji kacang polong disebut fenotip, sedangkan susunan gennya disebut genotip (misalnya BB dan bb). Individu yang mempunyai fenotip sama, belum tentu mempunyai genotip sama, tetapi individu yang mempunyai genotip sama dapat dipastikan mempunyai fenotip yang sama. Persilangan dua individu tidak terbatas dengan satu sifat beda (monohibrid), tetapi dapat juga persilangan dengan dua sifat beda (dihibrid), tiga sifat beda (trihibrid), empat sifat beda (tetrahibrid) atau banyak sifat beda (polihibrid).

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 bagian akhir 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 GULA

Penguasaan konsep tentang respirasi seluler ini merupakan topik yang sangat penting, untuk membantu guru dalam memahami konsep-konsep lainnya, seperti kebutuhan energi dalam bergerak, proses pengubahan bahan makanan pada sistem pencernaan dan proses pernapasan.

Bahan ajar ini berisi uraian materi dan beberapa alternatif kegiatan atau praktikum yang mengacu pada standar isi di Sekolah Menengah Atas untuk mata pelajaran Biologi. Materi pelatihan ini disusun untuk membimbing guru dalam mencapai kompetensi sesuai dengan silabus yang telah ditetapkan.

A. Tujuan

Kegiatan pembelajaran ini bertujuan meningkatkan pengetahuan kaktor-faktor yang terlibat dan yang mempengaruhi proses respirasi sel secara aerob, peran respirasi bagi sel, serta tahapan proses respirasi mulai dari glikolisis sampai pada tahapan transfer elektron dan keterampilan praktik dalam topik respirasi seluler.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

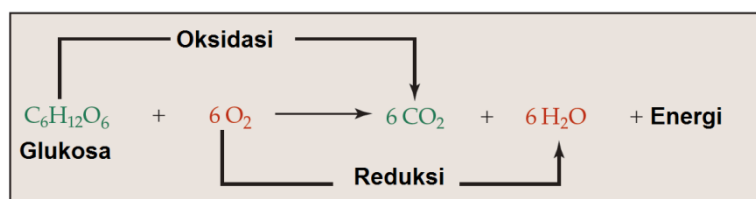
Setelah melakukan pembelajaran ini guru mampu:

1. Menjelaskan konsep respirasi.
2. Menjelaskan peran respirasi bagi sel.
3. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat pada proses respirasi aerob.
4. Menjelaskan tahapan proses respirasi sampai menghasilkan energy.



C. Uraian Materi

Makhluk hidup bernapas memerlukan pasokan oksigen untuk proses respirasi sel. Respirasi sel adalah proses di mana sel memperoleh energi dengan memecah molekul glukosa. Respirasi sel membutuhkan oksigen (O_2) dan mengeluarkan karbondioksida (CO_2). Secara umum, reaksi kimia respirasi sel adalah pemecahan glukosa menjadi karbon dioksida dan air (H_2O).

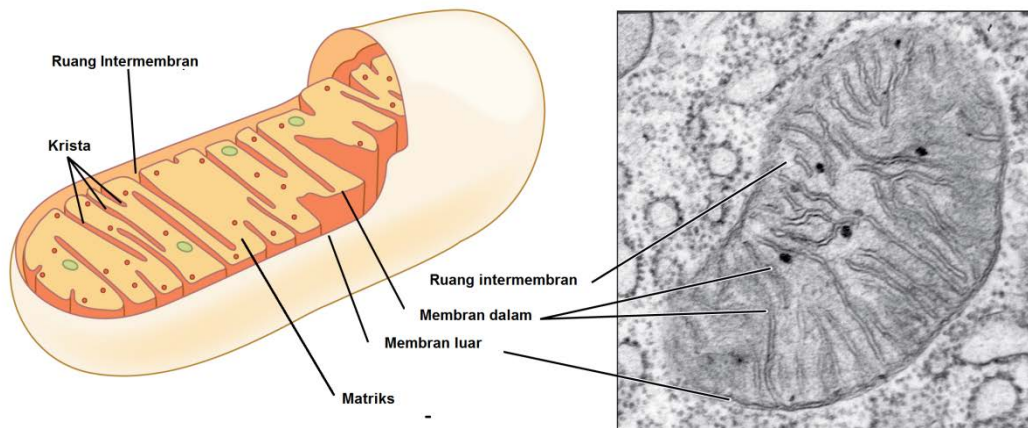


Persamaan reaksi tersebut menunjukkan bahwa respirasi seluler adalah reaksi oksidasi reduksi. Glukosa adalah molekul berenergi tinggi, dan produk pecahannya, CO_2 dan H_2O , adalah molekul rendah energi. Sel melakukan respirasi seluler untuk membangun molekul ATP. Proses respirasi sel terjadi di mitokondria.

1. Mitokondria

Mitokondria adalah organel yang berukuran sekitar 0,5-1 μm dan sampai 7 μm . Bentuknya seperti bola, batang atau badan berserabut, tetapi struktur umum adalah sama. Jumlah mitokondria per sel bervariasi tergantung pada kebutuhan energi. Bentuk dan jumlah mitokondria di setiap sel tergantung pada jenis jaringan tertentu. Jaringan dengan kapasitas yang tinggi untuk melakukan fungsi metabolisme aerobik, seperti otot rangka atau ginjal akan memiliki jumlah mitokondria yang lebih banyak.

Mitokondria memiliki dua membran, masing-masing terdiri dari *bilayer fosfolipid*. Kedua membran tersebut berbeda dalam strukturnya, sehingga menentukan fungsi biokimia masing-masing membran. Membran dalam dan luar ditandai dengan komposisi fosfolipid yang berbeda. Rasio komposisi fosfolipid untuk membran luar adalah 50:50 karena berfungsi transpotasi dengan edikit enzimatik. Membran luar secara luas permeabel untuk ion dan molekul yang lebih besar.



Gambar 3.1 Struktur mitokondria
Sumber: <http://biowiki.ucdavis.edu>

Membran dalam memiliki rasio *protein-lipid* adalah 80:20. Membran dalam membungkus matriks mitokondria dengan membentuk krista. Bentuk ini berfungsi untuk meningkatkan luas permukaan membran mesin enzimatik utama pada saat fosforilasi oksidatif. Membran mitokondria bagian lebih permeabel untuk ion dan molekul kecil dari membran luar, sehingga memberikan kompartementalisasi melalui pemisahan matriks dari lingkungan sitosol.

Ruang yang terdapat di antara dua membran dinamakan ruang intra cista atau ruang inter membrane. Ruang yang terdapat disisi dalam pada membran dalam disebut ruang matriks. Matriks mitokondria berisi berbagai enzim yang terlibat pada saat terjadinya metabolisme utama, seperti karbohidrat, lipid dan asam amino oksidasi dan urea dan biosintesis heme.

Mitokondria itu merupakan struktur yang dapat memperbanyak dirinya sendiri, yang berarti bahwa satu mitokondria dapat membentuk mitokondria kedua, ketiga dan seterusnya, hal ini diperlukan oleh sel untuk meningkatkan jumlah ATP-nya

2. Proses Respirasi Sel

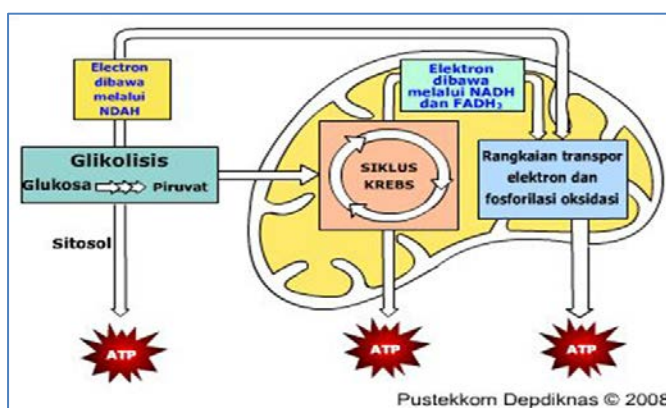
Glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron adalah tiga langkah dari respirasi aerobik. Mereka terdiri dari serangkaian reaksi metabolisme yang terjadi di sitoplasma (bagian luar) dan mitokondria (bagian dalam) dari sel-sel dari organisme hidup. Energi biokimia yang diperoleh dari nutrisi diubah menjadi ATP (Adenosin tri-fosfat), karbon dioksida dan air selama respirasi aerobik.



Tahapan glikolisis dan siklus Krebs merupakan jalur katabolik yang menguraikan glukosa dan bahan bakar organik lainnya. Glikolisis terjadi di dalam sitosol merupakan proses awal perombakan dengan pemecahan glukosa menjadi dua molekul senyawa yang disebut piruvat. Siklus Krebs, yang terjadi dalam matriks mitokondria, menyempurnakan pekerjaan ini dengan menguraikan turunan piruvat menjadi karbon dioksida (CO_2). Dengan demikian, karbon dioksida yang dihasilkan oleh respirasi merupakan fragmen molekul organik yang teroksidasi. Sebagian tahap glikolisis dan siklus Krebs ini merupakan reaksi redoks, di mana enzim dehidrogenase mentransfer elektron dari substrat ke NAD^+ untuk membentuk NADH.

Pada proses rantai transpor elektron terjadi proses penerimaan elektron dari produk hasil proses glikolisis dan siklus Krebs (biasanya NADH) dan melewati elektron ini dari satu molekul satu ke molekul yang lainnya. Tempat transpor elektron dan fosforilasi oksidatif adalah membran dalam mitokondria. Pada akhir rantai ini, elektron digabungkan dengan ion hidrogen dan oksigen molekuler untuk membentuk air (H_2O).

Selama langkah respirasi aerobik, glukosa teroksidasi dan energi dilepaskan. Energi dalam bentuk ATP dilepaskan melalui respirasi aerobik. ATP adalah nukleotida multifungsi yang bertindak sebagai sumber energi untuk sel. ATP adalah gudang energi dalam menyediakan energi untuk sel. Respirasi sel membantu energi panen kimia dari makanan dan menyimpannya dalam molekul ATP. ATP paling banyak dihasilkan pada saat fosforilasi oksidatif, sekitar 90%. Sebagian kecil ATP dihasilkan pada saat glikolisis dan siklus Krebs, yaitu 10%.



Gambar 3.2 Skema respirasi sel dapat dijelaskan sebagai Reaksi pembongkaran glukosa sampai menjadi $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Energi}$.



a. Glikolisis

Glikolisis adalah jalur metabolik yang merupakan urutan dari 10 reaksi yang dikatalisis enzim. Urutan reaksi ini mengubah glukosa menjadi piruvat. Glikolisis adalah langkah pertama dalam respirasi aerobik. Langkah ini sebenarnya anaerobik karena tidak membutuhkan oksigen. Setiap sel dalam tubuh, mampu melakukan glikolisis di sitosol (sitoplasma). Dalam langkah ini, glukosa teroksidasi sebagian. Sementara tubuh enzim mentransfer glukosa ke molekul piruvat (zat organik juga dikenal sebagai asam piruvat), gugus fosfat akan dihapus dengan bantuan enzim katalis yang lainnya. Karbon dengan dua molekul oksigen akan dihapus karena tidak lagi mengandung energi di dalamnya. Berdasarkan perolehan energi, urutan reaksi glikolisis dipisahkan menjadi dua fase, yaitu fase persiapan dan fase panen.

Fungsi glikolisis adalah untuk memecah glukosa:

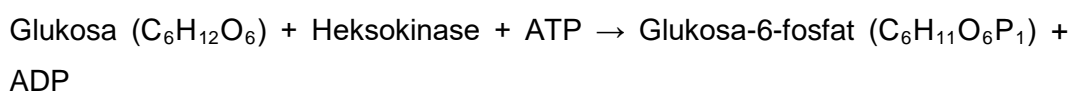
- Untuk membentuk NADH dan ATP sebagai sumber energi untuk sel.
- Sebagai bagian dari respirasi aerobik piruvat dibuat tersedia untuk siklus asam sitrat.
- Proses ini menghasilkan senyawa antara, yang dapat digunakan pada berbagai langkah untuk tujuan seluler lainnya.

1) Tahap persiapan

Tahap persiapan adalah tahap di mana ada konsumsi ATP dan juga dikenal sebagai fase investasi. Fase panen adalah di mana ATP dihasilkan. Lima langkah pertama dari reaksi glikolisis dikenal sebagai fase persiapan atau investasi. Tahap ini mengkonsumsi energi untuk mengubah molekul glukosa menjadi dua molekul molekul gula tiga-karbon.

Langkah 1

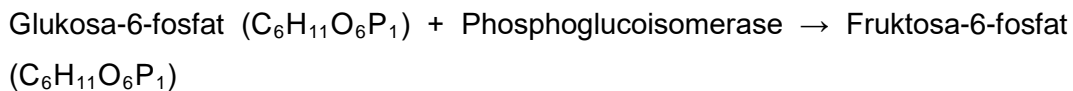
Langkah satu dalam glikolisis adalah fosforilasi. Langkah ini Glukosa terfosforilasi oleh enzim heksokinase. Dalam proses ini, molekul ATP dikonsumsi. Sebuah gugus fosfat dari ATP ditransfer ke molekul glukosa untuk menghasilkan glukosa 6-fosfat.





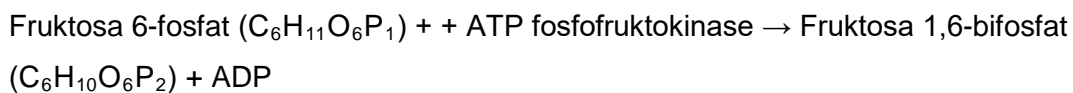
Langkah 2

Tahap kedua dari glikolisis merupakan reaksi isomerisasi. Dalam reaksi ini glukosa-6-fosfat diatur ulang menjadi fruktosa-6-fosfat oleh isomerase fosfat enzim glukosa. Ini adalah reaksi reversibel dalam kondisi normal sel.



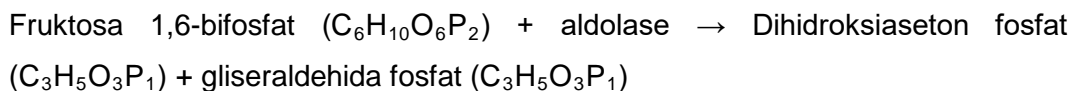
Langkah 3

Pada langkah ketiga glikolisis adalah reaksi fosforilasi. Pada langkah ini enzim fosfofruktokinase yang mentransfer gugus fosfat untuk membentuk fruktosa 1,6-bifosfat. Molekul ATP lain yang digunakan dalam langkah ini.



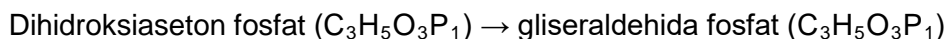
Langkah 4

Langkah ini dalam glikolisis adalah langkah destabilisasi, di mana aksi enzim aldolase memecah fruktosa 1,6-bifosfat menjadi dua gula. Gula ini isomer satu sama lain, mereka adalah dihidroksiaseton fosfat dan gliseraldehida fosfat.



Langkah 5

Langkah 5 glikolisis merupakan reaksi interkonversi. Di sini, enzim triose isomerase fosfat interkonversi molekul fosfat dihidroksiaseton dan gliseraldehida fosfat.



Langkah ini menandai akhir dari persiapan atau fase investasi glikolisis. Jadi pada akhir di sini, molekul glukosa 6-karbon dibagi menjadi dua molekul tiga karbon dengan mengorbankan molekul ATP.

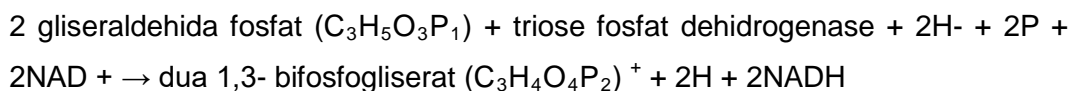


2) Tahap panen

Tahap kedua glikolisis dikenal sebagai fase panen dari glikolisis. Fase ini ditandai dengan keuntungan dari molekul yang kaya energi ATP dan NADH.

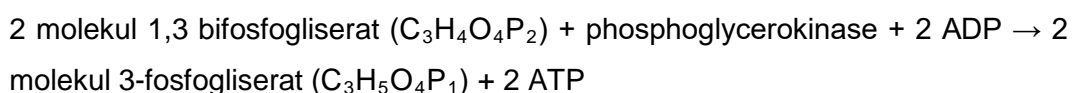
Langkah 6

Langkah glikolisis ini merupakan langkah dehidrogenasi. Enzim triose fosfat dehidrogenase, dehidrogenates gliseraldehida 3-fosfat dan menambahkan fosfat anorganik untuk membentuk 1,3- bifosfoglisarat. Pertama, aksi enzim mentransfer sebuah H (hidrogen) dari gliseraldehida fosfat ke + NAD yang merupakan agen pengoksidasi untuk membentuk NADH. Enzim juga menambahkan fosfat anorganik dari sitosol ke gliseraldehida fosfat untuk membentuk 1,3- bifosfoglisarat. Reaksi ini terjadi dengan kedua molekul yang dihasilkan pada langkah sebelumnya.



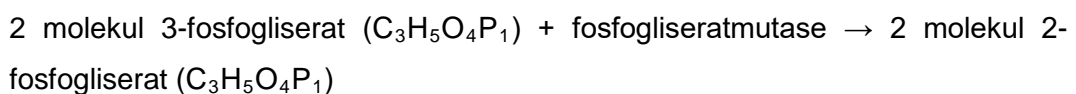
Langkah 7

Langkah 7 glikolisis adalah langkah fosforilasi tingkat substrat, di mana enzim phosphoglycerokinase mentransfer gugus fosfat dari 1,3- bifosfoglisarat. Fosfat ditransfer ke ADP untuk membentuk ATP. Proses ini menghasilkan dua molekul molekul 3-fosfoglisarat dan dua molekul ATP. Ada dua molekul ATP yang disintesis dalam langkah glikolisis ini.



Langkah 8

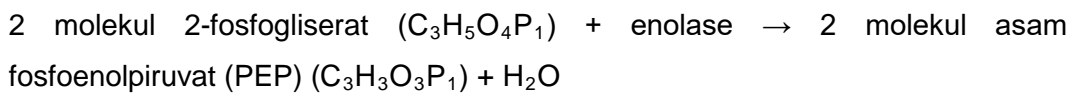
Langkah glikolisis ini merupakan langkah mutase, terjadi di hadapan enzim mutase fosfoglisarat. Enzim ini merelokasi fosfat dari posisi karbon ketiga 3-fosfoglisarat molekul ke posisi karbon kedua, hasil dalam pembentukan ini 2-fosfoglisarat.





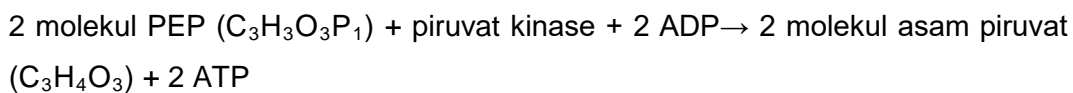
Langkah 9

Langkah glikolisis ini adalah reaksi liase, yang terjadi dengan adanya enzim enolase. Dalam reaksi ini enzim menghilangkan molekul air dari 2-fosfoglisarat untuk membentuk asam fosfoenolpiruvat (PEP)

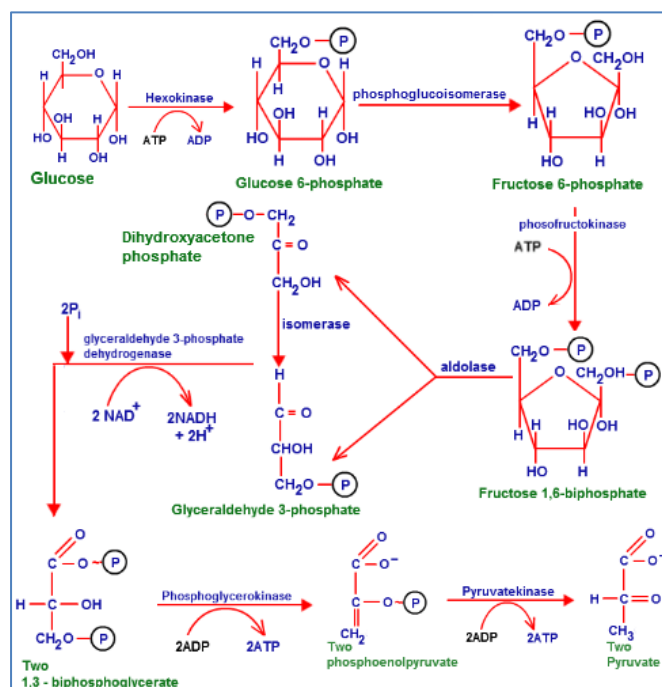


Langkah 10

Ini adalah tahap akhir dari glikolisis yang merupakan langkah fosforilasi tingkat-substrat. Dalam kehadiran kinase enzim piruvat, ada transfer molekul fosfat bentuk molekul fosfoenolpiruvat anorganik ke ADP untuk membentuk asam piruvat dan ATP. Reaksi ini menghasilkan 2 molekul asam piruvat dan dua molekul ATP.



Reaksi ini menandai akhir dari glikolisis, dengan ini menghasilkan dua molekul ATP per molekul glukosa.



Gambar 3.3. Jalur glikolisis



Proses ini juga melepaskan 2 molekul air dan 2 molekul NADH yang kaya energi. Pada akhir langkah ini, 90% dari energi yang tersedia dari glukosa tidak dilepaskan, karena masih terkunci dalam elektron asam piruvat. Piruvat ini bergerak dari sitosol menuju mitokondria, tempat terjadinya siklus Krebs.

b. Siklus Krebs

Glikolisis melepaskan energi kurang dari seperempat energi kimiawi yang tersimpan dalam glukosa, sebagian besar energi masih tersimpan dalam bentuk piruvat. Jika terdapat oksigen, piruvat ini akan memasuki mitokondria. Di dalam mitokondria ini terjadi siklus Krebs, sebagai proses penyempurnaan oksidasi. Siklus krebs merupakan tahap kedua respirasi aerob. Nama siklus ini berasal dari nama orang yang menemukan reaksi tahap kedua respirasi aerob ini, yaitu Hans Krebs. Siklus ini disebut juga siklus asam sitrat. Siklus krebs diawali dengan adanya 2 molekul asam piruvat yang dibentuk pada glikolisis yang meninggalkan sitoplasma masuk ke mitokondria. Sehingga, siklus krebs terjadi di dalam mitokondria. Fungsi utama siklus asam Krebs adalah sebagai lintasan akhir bersama untuk oksidasi karbohidrat, lipid dan protein. Hal ini terjadi karena glukosa, asam lemak dan banyak asam amino dimetabolisir menjadi asetil KoA atau intermediat yang ada dalam siklus tersebut

1) Tujuan Siklus Krebs

Adapun tujuan dari siklus krebs adalah sebagai berikut:

- a) Menjelaskan reaksi-reaksi metabolik akhir yang umum terdapat pada jalur biokimia utama katabolisme tenaga.
- b) Menggambarkan bahwa CO_2 tidak hanya merupakan hasil akhir metabolisme, namun dapat berperan sebagai zat antara, misalnya untuk proses lipogenesis.
- c) Mengenali peran sentral mitokondria pada katalisis dan pengendalian jalur-jalur metabolik tertentu, mitokondria berfungsi sebagai penghasil energi.

2) Fungsi Siklus Krebs

Fungsi siklus krebs adalah sebagai berikut:

- a) Menghasilkan sebagian besar CO_2 .



- b) Metabolisme lain yang menghasilkan CO_2 misalnya jalur pentosa fosfat atau P3 (pentosa phospat pathway) atau kalau di harper heksosa monofosfat.
- c) Sumber enzim-enzim tereduksi yang mendorong RR (Rantai Respirasi).
- d) Merupakan alat agar tenaga yang berlebihan dapat digunakan untuk sintesis lemak sebelum pembentukan TG untuk penimbunan lemak.
- e) Menyediakan prekursor-prekursor penting untuk sub-sub unit yang diperlukan dalam sintesis berbagai molekul.
- f) Menyediakan mekanisme pengendalian langsung atau tidak langsung untuk lain-lain sistem enzim.

Setelah memasuki mitokondria, piruvat mula-mula diubah menjadi asetil CoA. Langkah ini merupakan penghubung antara glikolisis dan siklus Krebs, melalui tiga langkah reaksi.

- a) Gugus karboksil pada piruvat dilepaskan sebagai CO_2 .
- b) Setelah karboksilnya dilepaskan, fragmen berkarbon 2 dioksidasi menjadi senyawa asetat yang terionisasi. Suatu enzim mentransfer elektron yang diekstraksi ke NAD^+ , dan menyimpannya dalam bentuk NADH.
- c) Selanjutnya, koenzim A (senyawa yang mengandung sulfur) yang merupakan turunan vitamin B, diikatkan pada asetat tadi oleh ikatan yang tidak stabil yang membuat gugus asetil sangat reaktif. Asetil CoA ini siap memberikan asetatnya ke dalam siklus Krebs untuk dioksidasi lebih lanjut.

Tahapan siklus krebs adalah sebagai berikut:

Reaksi awal antara asetil-KoA dan oksaloasetat untuk membentuk sitrat dikatalisis oleh **sitrat sintase** yang membentuk ikatan karbon-ke-karbon antara karbon metal pada asetil-KoA dan karbon karbonil pada oksaloasetat. Ikatan tieoster pada sitril-KoA yang terbentuk mengalami hidrolisis dan membebaskan sitrat dan KoASH—suatu reaksi eksotermik.

Sitrat mengalami isomerisasi menjadi isositrat oleh enzim akonitase (akonitat hidratase); reaksi ini terjadi dalam dua tahap; dehidrasi menjadi *cis*-akonitat dan rehidrasi menjadi isositrat. Meskipun sitrat adalah suatu molekul simetris, namun akotinase bereaksi dengan sitrat secara asimetris sehingga dua atom karbon yang lenyap dalam reaksi-reaksi berikutnya pada siklus bukanlah atom karbon



yang ditambahkan dari asetil-KoA. Perilaku asimetri ini terjadi karena **channelling**-pemindahan produk sitrat sintase secara langsung ke bagian aktif akonitase, tanpa memasuki larutan bebas. Hal ini menghasilkan integrasi aktivitas siklus asam sitrat dan penyediaan sitrat di sitosol sebagai sumber asetil KoA untuk sintesis asam lemak.

Isositrat mengalami dehidrogenasi yang dikatalisis oleh **isositrat dehidrogenase** untuk membentuk oksalosuksinat pada awalnya, yang tetap terikat pada enzim dan mengalami dekarboksilasi menjadi α -ketoglutarat. Dekarboksilasi ini memerlukan ion Mg^{++} atau Mn^{++} . Terdapat tiga isoenzim isositrat dehidrogenase. Salah satunya yang menggunakan NAD^+ , hanya terdapat di mitokondria. Dua lainnya menggunakan $NADP^+$ dan ditemukan di mitokondria dan sitosol. Oksidasi isositrat terkait rantai respiratorik berlangsung hampir sempurna melalui enzim yang dependen- NAD^+ .

α -Ketoglutarat mengalami **dekarboksilasi oksidatif** dalam suatu reaksi yang dikatalisis oleh suatu kompleks multi-enzim yang mirip dengan kompleks multienzim yang berperan dalam dekarboksilasi oksidatif piruvat. Kompleks α -ketoglutarat dehidrogenase memerlukan kofaktor yang sama dengan kofaktor yang diperlukan oleh kompleks piruvat dehidrogenase—tiamin difosfat, lipoat, NAD^+ , FAD dan KoA serta menyebabkan terbentuknya suksinil KoA. Keseimbangan reaksi ini jauh lebih menguntungkan pembentukan suksinil KoA sehingga secara fisiologis reaksi ini harus dianggap berjalan satu arah. Seperti halnya oksidasi piruvat, arsenit menghambat reaksi ini yang menyebabkan akumulasi substrat yaitu α -ketoglutarat.

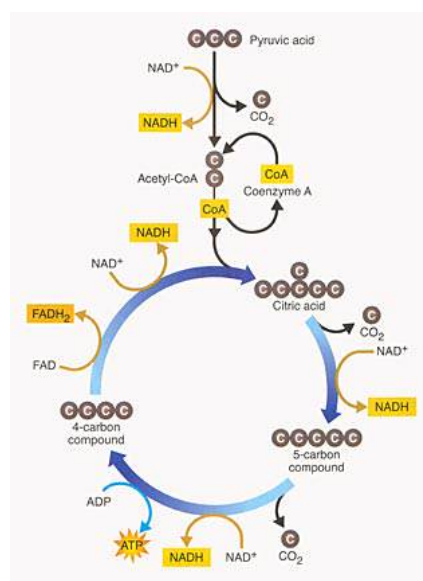
Suksinil-KoA diubah menjadi suksinat oleh enzim **suksinat tiokinase (suksinil-KoA sintetase)**. Reaksi ini adalah satu-satunya contoh fosforilasi tingkat substrat dalam siklus asam sitrat. Jaringan tempat terjadinya glukoneogenesis (hati dan ginjal) mengandung dua isoenzim suksinat tiokinase, satu spesifik untuk GDP dan yang lain untuk ADP. GTP yang terbentuk digunakan untuk dekarboksilasi oksaloasetat menjadi fosfoenolpiruvat dalam glukoneogenesis, dan menghasilkan hubungan regulatorik antara aktivitas siklus asam sitrat dan penghentian oksaloasetat untuk glukoneogenesis. Jaringan non-glukoneogenetik hanya memiliki isoenzim yang menggunakan ADP.



Jika metabolisme badan keton terjadi di jaringan ekstrahepatik, terdapat suatu reaksi alternatif yang dikatalisis oleh **suksinil-KoA-asetoasetat-KoA transferase (tioforase)** yang melibatkan pemindahan KoA dari suksinil-KoA ke asetoasetat, dan membentuk asetoasetil-KoA.

Metabolisme suksinat yang menyebabkan terbentuknya oksaloasetat, memiliki rangkaian reaksi kimia yang sama seperti yang terjadi pada oksidasi- β asam lemak: dehidrogenasi untuk membentuk ikatan rangkap karbon-ke-karbon, penambahan air untuk membentuk gugus hidroksil, dan dehidrogenasi lebih lanjut untuk menghasilkan gugus okso pada oksaloasetat.

Reaksi dehidrogenasi pertama yang membentuk fumarat dikatalisis oleh **suksinat dehidrogenase** yang terikat pada permukaan dalam membran dalam mitokondria. Enzim ini mengandung FAD dan protein besi-sulfur dan secara langsung mereduksi ubiquinon dalam rantai transpor elektron. **Fumarase (fumarat hidratase)** mengatalisis penambahan air pada ikatan rangkap fumarat sehingga menghasilkan malat. Malat diubah menjadi oksaloasetat oleh **malat dehidrogenase**, suatu reaksi yang memerlukan NAD^+ . Meskipun keseimbangan reaksi ini jauh menguntungkan malat, namun aliran netto reaksi tersebut adalah ke oksaloasetat karena oksaloasetat terus dikeluarkan (untuk membentuk sitrat, sebagai substrat glukoneogenesis, atau mengalami transaminasi menjadi aspartat) sehingga reoksidasi NADH terjadi secara kontinyu.



Gambar 3.4 Skema Siklus Krebs



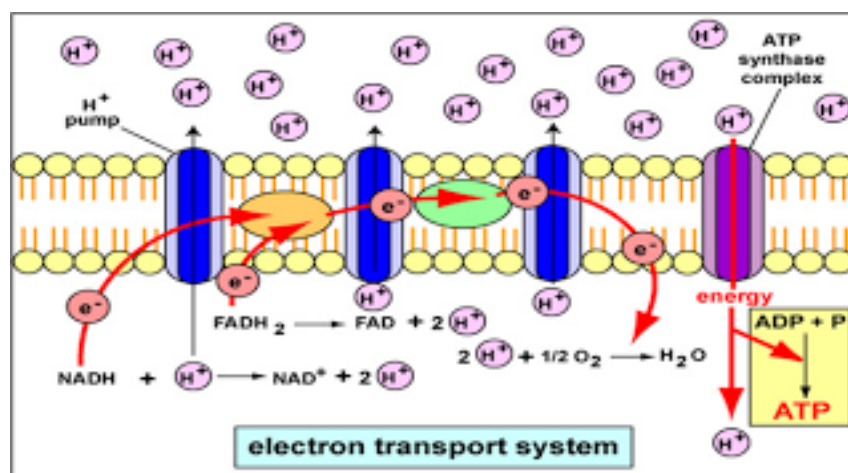
Akibat oksidasi yang dikatalisis oleh berbagai dehidrogenase pada siklus asam sitrat, dihasilkan tiga molekul NADH dan FADH_2 untuk setiap molekul aseti-KoA yang dikatabolisme per satu kali putaran siklus. Ekuivalen pereduksi ini dipindahkan ke rantai respiratorik, tempat reoksidasi masing-masing NADH menghasilkan pembentukan ~ 3 ATP, dan FADH_2 , ~ 2 ATP. Selain itu, terbentuk 1 ATP (atau GTP) melalui fosforilasi tingkat substrat yang dikatalisis oleh suksinat tiokinase.

3) Vitamin Berperan Penting dalam Siklus Asam Sitrat

Empat vitamin B merupakan faktor esensial dalam siklus asam sitrat sehingga juga penting dalam metabolisme penghasil energi:

- Ribovitamin, dalam bentuk flavin adenin dinukleotida (FAD), suatu kofaktor untuk suksinat dehidrogenase;
- Niasin, dalam bentuk nikotinamid adenine dinukleotida (NAD), akseptor elektron untuk isositrat dehidrogenase, α -ketoglutarat dehidrogenase, dan malat dehidrogenase;
- Tiamin (vitamin B1), sebagai tiamin difosfat, koenzim untuk dekarboksilasi dalam reaksi α -ketoglutarat dehidrogenase; dan
- Asam pantotenat, sebagai bagian dari koenzim A, kofaktor yang melekat pada residu asam karboksilat "aktif", misalnya asetil-KoA dan suksinil-KoA

c. Rantai Transpor Elektron

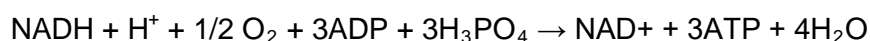


Gambar 3.5. Skema Rantai Transfer Elektron



Sistem transpor elektron merupakan suatu rantai pembawa elektron yang terdiri atas NAD, FAD, koenzim Q, dan sitokrom. Transpor elektron terjadi di membran dalam mitokondria, dan berakhir setelah elektron bersama H^+ bereaksi dengan oksigen yang berfungsi sebagai akseptor terakhir, membentuk H_2O . ATP yang dihasilkan pada tahap ini adalah 32 ATP. Reaksinya kompleks, tetapi yang berperan penting adalah NADH, FAD, dan molekul-molekul khusus, seperti Flavoprotein, ko-enzim Q, serta beberapa sitokrom. Dikenal ada beberapa sitokrom, yaitu sitokrom C1, C, A, B, dan A3. Elektron berenergi pertama-tama berasal dari NADH, kemudian ditransfer ke FMN (Flavine Mono Nukleotida), selanjutnya ke Q, sitokrom C1, C, A, B, dan A3, lalu berikatan dengan H yang diambil dari lingkungan sekitarnya. Sampai terjadi reaksi terakhir yang membentuk H_2O . Sistem transpor elektron ini berfungsi untuk mengoksidasi senyawa NADH atau $NADH_2$ dan $FADH_2$ untuk menghasilkan ATP.

Mengingat oksidasi NADH atau $NADPH_2$ dan $FADH_2$ terjadi di dalam membran mitokondria, sedangkan ada NADH yang dibentuk di sitoplasma (dalam proses glikolisis), maka untuk memasukkan setiap 1 NADH dari sitoplasma ke dalam mitokondria diperlukan 1 ATP. Keadaan ini akan mempengaruhi total hasil bersih respirasi aerob pada organisme eukariotik. Organisme prokariotik tidak memiliki sistem membran dalam sehingga tidak diperlukan ATP lagi untuk memasukkan NADH ke dalam mitokondria. Akibatnya total hasil bersih ATP yang dihasilkan respirasi aerob pada organisme prokariotik lebih tinggi daripada eukariotik. Energi (ATP) dalam sistem transpor elektron terbentuk melalui reaksi fosforilasi oksidatif. Energi yang dihasilkan oleh oksidasi 1 mol NADH atau $NADPH_2$ dapat digunakan untuk membentuk 3 mol ATP. Reaksinya sebagai berikut.



3. Respirasi seluler menghasilkan banyak molekul ATP untuk setiap molekul gula yang dioksidasinya

Setelah kita melihat lebih dekat pada proses-proses utama respirasi seluler, marilah kita kembali ke fungsi keseluruhan: pememanenan energi makanan untuk sintesis ATP.



Selama respirasi, sebagian besar energi mengalir dengan urutan: *Glukosa* → *NADH* → *rantai transpor elektron* → *gaya gerak – proton* → *ATP*.

Kita dapat melakukan sedikit penataan untuk menghitung keuntungan ATP apabila respirasi seluler mengoksidasi satu molekul karbon dioksida. Ketiga bagian utama pabrik utama pabrik metabolik ini ialah glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron, yang menggerakkan fosforilasi oksidatif. Gambar 9.16 memberikan rincian perhitungan ATP per molekul glukosa yang dioksidasi. Pencatatan perhitungan ini menambah beberapa molekul ATP yang dihasilkan langsung oleh fosforilasi tingkat-substrat selama glikolisis dan siklus krebs ke molekul ATP yang lebih banyak yang dihasilkan oleh fosforilasi oksidatif. Setiap NADH yang mentransfer sepasang elektron dari makanan ke rantai transpor elektron menyumbang gaya gerak proton yang cukup besar untuk dapat menghasilkan maksimum kira-kira tiga ATP. (hasil ATP rata-rata per NADH kemungkinan antara dua dan tiga; di sini kita membulatkan ke tiga untuk memudahkan pencatatan).

Siklus krebs juga memasok elektron ke rantai transpor elektron melalui FADH_2 tetapi setiap molekul pembawa elektron ini maksimum bernilai kira-kira dua molekul ATP.

Dalam sebagian sel eukariotik, hasil ATP yang lebih rendah per pasangan elektron ini juga berlaku pada NADH yang dihasilkan oleh glikolisis dalam sitosol. Membran-dalam mitokondria tidak permeabel terhadap NADH, sehingga NADH dalam sitosol ini terpisahkan dari peralatan fosforilasi oksidatif. Kedua elektron NADH yang ditangkap dalam glikolisis harus diantarkan ke mitokondria oleh salah satu dari beberapa sistem pembolak balik elektron. Tergantung pada proses bolak-balik mana yang beroperasi, elektron bisa dilewatkan ke NAD^+ atau ke FAD. Jika elektron dilewatkan ke FAD, hanya kira-kira 2 ATP yang dihasilkan dari setiap NADH^2 sitosolik. Jika dilewatkan ke NAD^+ mitokondria, hasilnya lebih mendekati 3 ATP.

Dengan mengasumsikan bahwa yang aktif adalah jenis bolak-balik yang menghasilkan lebih banyak energi, kita dapat menambahkan maksimum sebanyak 34 ATP yang dihasilkan oleh fosforilasi oksidatif ke selisih 4 ATP dari



fosforilasi tingkat substrat sehingga didapatkan 38 ATP pada baris terbawah. Ini hanyalah dugaan hasil ATP maksimum dari satu molekul glukosa dan tidak diragukan lagi angka ini agak tinggi. Satu variabel yang mengurangi ATP ialah penggunaan gaya gerak proton (yang dihasilkan oleh reaksi redoks respirasi) untuk menggerakkan jenis kerja lainnya. Misalnya gaya gerak proton ini menggerakkan penyerapan piruvat oleh mitokondria dari sitoplasma. Selain itu, dengan membulatkan jumlah molekul ATP yang dihasilkan per NADH dan FADH_2 masing-masing menjadi tiga dan dua, kita dapat menggenjot hasil ATP respirasi sedikitnya sebanyak 10%.

Kita sekarang dapat membuat dengan kasar dari efisiensi respirasi-dengan kata lain, Persentase energi kimiawi yang disimpan dalam glukosa yang telah disimpan –ulang dalam ATP. Ingatlah bahwa oksidasi sempurna satu mol glukosa melepaskan energi 686 kkal ($\Delta G = -686$ kkal/mol). Fosforilasi ADP untuk membentuk ATP menyimpan sedikitnya 7,3 kkal per mol ATP (hlm. 97 menjelaskan mengapa bilangan ini agaknya lebih tinggi pada kondisi seluler). Oleh sebab itu, efisiensi respirasi ialah 7,3 kali 38 (hasil ATP maksimum per glukosa) dibagi dengan 686, atau kira-kira 40%. Sisa energi simpanan hilang sebagai panas. Kita menggunakan sebagian panas ini untuk mempertahankan suhu-tubuh kita yang relatif tinggi (37°C), dan kita menghamburkan sisanya melalui keringat dan mekanisme pendinginan lainnya. Respirasi seluler ini sangat efisien dalam pengubahan energinya. Sebagai perbandingan, mobil yang paling efisien dalam pengubahan energinya. Sebagai perbandingan, mobil yang paling efisien mengubah kira-kira hanya 25% dari energi yang tersimpan dalam bensin untuk pergerakan mobil.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang disarankan dalam mempelajari modul pada pelatihan PKB Bagi Guru biologi SMA grade 6 adalah melalui diskusi kelompok, praktikum, dan mengkomunikasikan hasil analisis data yang diperoleh saat praktikum. Pada bagian E berikut ini merupakan lembar kegiatan praktikum identifikasi produk hasil glikolisis pada respirasi seluler.



Identifikasi Hasil Glikolisis

1. Tujuan

Mengidentifikasi hasil proses glikolisis pada respirasi seluler.

2. Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Tabung Durham
3. Waterbath/Penangas air.
4. Termometer
5. Larutan gula 20%
6. Larutan Ragi (mis. *Fermipan*) 30%

3. Prosedur

Percobaan dilakukan untuk 4 tabung reaksi, yang dilakukan secara bersamaan.

Tabung 1.

1. Tuangkan larutan glukosa ke dalam tabung reaksi kira-kira setinggi tabung (30 mL) Durham.
2. Masukkan larutan ragi (20 ml) ke dalam tabung reaksi yang telah berisi larutan gula tersebut. Kocoklah larutan tersebut.
3. Masukkan tabung Durham secara terbalik ke dalam tabung reaksi sehingga larutan tabung Durham terisi penuh.
4. Masukkan perangkat tabung tersebut ke dalam waterbath pada suhu 37°C
5. Amati perubahan yang terjadi pada tabung durham setiap menit selama 30 menit.

Tabung 2.

1. Tuangkan larutan glukosa ke dalam tabung reaksi kira-kira setinggi tabung (50 mL) Durham.
2. Masukkan tabung durham secara terbalik ke dalam tabung reaksi sehingga larutan tabung durham terisi penuh.
3. Masukkan perangkat tabung tersebut ke dalam waterbath pada suhu 37°C



- Amati perubahan yang terjadi pada tabung durham setiap menit selama 30 menit.

Tabung 3.

- Tuangkan larutan ragi ke dalam tabung reaksi kira-kira setinggi tabung (50 mL) Durham.
- Masukan tabung durham secara terbalik ke dalam tabung reaksi sehingga larutan tabung durham terisi penuh.
- Masukkan perangkat tabung tersebut ke dalam waterbath pada suhu 37°C
- Amati perubahan yang terjadi pada tabung durham setiap menit selama 30 menit.

Tabung 4.

- Tuangkan akuades ke dalam tabung reaksi kira-kira setinggi tabung (50 mL) Durham.
- Masukan tabung durham secara terbalik ke dalam tabung reaksi sehingga larutan tabung durham terisi penuh.
- Masukkan perangkat tabung tersebut ke dalam waterbath pada suhu 37°C
- Amati perubahan yang terjadi pada tabung durham setiap menit selama 30 menit.

4. Data Pengamatan

Kondisi tabung durham setelah beberapa waktu

Tabung	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
1						
2						
3						
4						



5. Pertanyaan

1. Bagaimana posisi Tabung Durham pada setiap penambahan waktu untuk masing-masing percobaan?
2. Apa yang menyebabkan kondisi tersebut dapat terjadi?
3. Bagaimana proses reaksi yang menyebabkan kondisi tersebut dapat terjadi?
4. Mengapa tabung reaksi harus disimpan pada suhu 37°C?

Pada proses rantai transpor elektron terjadi proses penerimaan elektron dari produk hasil proses glikolisis dan siklus Krebs (biasanya NADH) dan melewatkan elektron ini dari satu molekul satu ke molekul yang lainnya. Tempat transpor elektron dan fosforilasi oksidatif adalah membran dalam mitokondria. Pada akhir rantai ini, elektron digabungkan dengan ion hidrogen dan oksigen molekuler untuk membentuk air (H₂O).

E. Latihan/Kasus/Tugas

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Awal proses glikolisis proses dimulai dengan adanya
 - a. piruvat asam
 - b. ATP
 - c. glukosa
 - d. ADP
2. Jumlah keuntungan energi bersih dari proses glikolisis adalah
 - a. 1 ATP
 - b. 2 ATP
 - c. 1 ADP
 - d. 2 ADP
3. Akseptor elektron terakhir selama fosforilasi oksidatif adalah
 - a. oksigen
 - b. air
 - c. karbon dioksida
 - d. ATP



4. Manakah dari proses berikut menghasilkan paling banyak ATP?
 - a. glikolisis
 - b. fosforilasi oksidatif
 - c. fermentasi
 - d. siklus krebs

5. Enzim-enzim yang terlibat dalam siklus Krebs terletak di

 - a. membran mitokondria luar
 - b. ruang antarmembran dari mitokondria
 - c. membran mitokondria bagian dalam
 - d. matriks mitokondria

6. Oksigen diperlukan untuk respirasi sel karena oksigen berfungsi untuk bergabung dengan
 - a. elektron untuk membentuk CO_2
 - b. karbon untuk membentuk karbon dioksida
 - c. hidrogen membentuk karbon dioksida dan air
 - d. elektron dan ion hidrogen untuk membentuk air

7. Selama langkah respirasi aerobik, oksigen digunakan untuk
 - a. glikolisis
 - b. sistem transpor elektron
 - c. konversi piruvat menjadi asetil CoA
 - d. siklus Krebs

8. Proses di mana terjadi penggunaan NADH dan FADH_2 untuk menghasilkan ATP adalah
 - a. fosforilasi oksidatif
 - b. Fermentasi
 - c. Glikolisis
 - d. siklus krebs



9. Proses di mana sebagian besar CO_2 dihasilkan adalah
 - a. Glikolisis
 - b. Siklus krebs
 - c. Transfer elektron
 - d. Fosforilasi oksidatif

10. Urutan yang benar proses respirasi seluler adalah
 - a. glikolisis -> Rantai Transportasi Elektron -> Siklus Kreb
 - b. Rantai Transportasi Elektron -> glikolisis -> Siklus Kreb
 - c. glikolisis -> Kreb Siklus -> Rantai Transportasi Elektron
 - d. Siklus Kreb -> Rantai Transportasi Elektron -> glikolisis

F. Rangkuman

Respirasi sel adalah proses di mana sel memperoleh energi dengan memecah molekul glukosa yang dihasilkan. Proses respirasi sel terjadi di mitokondria. Jumlah mitokondria per sel bervariasi tergantung pada kebutuhan energi. Bentuk dan jumlah mitokondria di setiap sel tergantung pada jenis jaringan tertentu. Jaringan dengan kapasitas yang tinggi untuk melakukan fungsi metabolisme aerobik, seperti otot rangka atau ginjal akan memiliki jumlah mitokondria yang lebih banyak.

Tiga langkah dari respirasi aerobik secara berturut-turut, yaitu glikolisis, siklus krebs, dan rantai transfer elektron. Reaksi tersebut terdiri atas serangkaian reaksi metabolisme yang terjadi di sitoplasma (bagian luar) dan mitokondria (bagian dalam) dari sel-sel dari organisme hidup. Energi biokimia yang diperoleh dari nutrisi diubah menjadi ATP (Adenosin tri-fosfat), karbon dioksida dan air selama respirasi aerobik.

Tahapan glikolisis dan siklus Krebs merupakan jalur katabolik yang menguraikan glukosa dan bahan bakar organik lainnya. Glikolisis terjadi di dalam sitosol merupakan proses awal perombakan dengan pemecahan glukosa menjadi dua molekul senyawa yang disebut piruvat. Siklus Krebs, yang terjadi dalam matriks mitokondria, menyempurnakan pekerjaan ini dengan menguraikan turunan piruvat menjadi karbon dioksida (CO_2). Dengan demikian, karbon dioksida yang dihasilkan oleh respirasi merupakan fragmen molekul organik yang teroksidasi.



Sebagian tahap glikolisis dan siklus Krebs ini merupakan reaksi redoks, di mana enzim dehidrogenase mentransfer elektron dari substrat ke NAD^+ untuk membentuk NADH.

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 bagian akhir 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.

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

A. KUNCI JAWABAN PEMBELAJARAN 1: SISTEM KOORDINASI PADA MANUSIA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	B	B	D	D	D	C	D	A	B

B. KUNCI JAWABAN PEMBELAJARAN 2: PEWARISAN SIFAT

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	B	C	D	D	C	C	B	B	B

C. KUNCI JAWABAN PEMBELAJARAN 3: METABOLISME GULA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	B	A	D	D	D	B	A	B	C

EVALUASI

1. Terdapat ciri-ciri bagian otak sebagai berikut:
 1. Memiliki belahan kiri dan kanan
 2. Belahan kiri mengkoordinasikan tubuh bagian kanan
 3. Belahan kanan mengkoordinasikan tubuh bagian kiriBagian otak yang dimaksud merupakan....
 - A. Diensefalon
 - B. Serebellum
 - C. Talamus
 - D. Serebrum
2. Penyakit radang saraf yang disebabkan karena benturan fisik misalnya pukulan, patah tulang, ada juga yang disebabkan oleh defisiensi vitamin, antara lain vitamin B1, B6, dan B12, dengan gejala kesemutan dan terasa sakit pada daerah yang disarafi adalah....
 - A. Stroke
 - B. Alkzeimer
 - C. Parkinson
 - D. Neuritis
3. Salah satu perbedaan antara cara kerja sistem saraf dengan sistem hormon adalah bahwa sistem saraf....
 - A. Membantu memelihara rangsang homeostasis
 - B. Menanggapi rangsangan dengan lambat
 - C. Responnya tidak langsung



- D. Responnya langsung terhadap rangsang
4. Hormon di bawah ini yang bekerja secara antagonis adalah....
- A. Insulin – glukagon
 - B. Prolaktin – noradrenalin
 - C. Adrenalin – oksitosin
 - D. FSH – ADH
5. Kelainan diabetes mellitus terjadi karena tingginya konsentrasi gula dalam darah seseorang. Sebenarnya tubuh dapat mensekresikan hormon untuk mengurangi tingginya kadar gula tersebut, namun kadangkala organ penghasil hormon tersebut rusak atau mengalami gangguan. Organ yang dimaksud adalah....
- A. Hati
 - B. Limpa
 - C. Ginjal
 - D. Pankreas
6. Vitamin A memiliki peran yang penting dalam indra penglihatan manusia, apabila kekurangan vitamin A, seseorang akan mengalami rabun/kesulitan melihat pada senja hari. Vitamin A penting dalam indera penglihatan untuk
- A. menjaga kesehatan retina
 - B. bahan pembentuk rodopsin
 - C. bahan baku pembuatan aqueous humor
 - D. proses dilatasi dan kontriksi pupil mata
7. Seorang ibu hamil memiliki golongan darah A heterozygot pembawa sifat hemofilia. Jika suaminya bergolongan darah B heterozygot dan normal, berapakah kemungkinan anak laki-laki yang lahir dengan golongan darah O dan hemofilia.



- A. 25 %
 - B. 12,5 %
 - C. 6,25 %
 - D. 3,125 %
8. Determinasi seks pada belalang adalah dengan metode XO. Sel somatis seekor belalang dinalisis dan diketahui mengandung 23 kromosom. Tentukan frekuensi tipe gametnya adalah ...
- A. 22 A + XO
 - B. 11 A + X
 - C. 22 A + XX
 - D. 11 A + X A atau 11 A
9. Faktor rambut keriting dominan terhadap rambut lurus. Dapatkan orang tua yang berambut keriting semua mempunyai anak yang berambut lurus.
- A. tidak dapat, karena faktor rambut lurus dominan
 - B. dapat, asal kedua orang tua homozygot
 - C. tidak dapat, karena faktor rambut lurus resesif
 - D. dapat asal kedua orang tuanya heterozygote
10. Disilangkan tanaman kacang tahan penyakit dan berbuah jarang dengan yang tidak tahan penyakit dan berbuah lebat. Hasil F_1 semuanya tahan penyakit dan berbuah lebat. Jika F_1 disilangkan sesamanya, maka kemungkinan tumbuhan kacang yang lebih baik dari kedua induknya adalah
- A. 18,75%
 - B. 25,00%
 - C. 56,25%
 - D. 75,00%



11. Jumlah kombinasi gen yang berbeda, yang mungkin dari gamet tumbuhan trihibrid $TtYySs$ adalah
 - A. 4
 - B. 6
 - C. 8
 - D. 1

12. Jika sepasang marmot hitam hibrid dikawinkan, dan ada empat keturunan, kemungkinan fenotipnya adalah....
 - A. Semua hitam
 - B. Tiga hitam, satu putih
 - C. Dua hitam, dua putih
 - D. Satu hitam, tiga putih

13. Jumlah keuntungan energi bersih dari proses glikolisis adalah
 - A. 1 ATP
 - B. 2 ATP
 - C. 1 ADP
 - D. 2 ADP

14. Akseptor elektron terakhir selama fosforilasi oksidatif adalah
 - A. oksigen
 - B. air
 - C. karbon dioksida
 - D. ATP

15. Manakah dari proses berikut menghasilkan paling banyak ATP?
 - A. glikolisis
 - B. fosforilasi oksidatif
 - C. fermentasi
 - D. siklus krebs



16. Enzim-enzim yang terlibat dalam siklus Krebs terletak di
 - A. membran mitokondria luar
 - B. ruang antarmembran dari mitokondria
 - C. membran mitokondria bagian dalam
 - D. matriks mitokondria

17. Oksigen diperlukan untuk respirasi sel karena oksigen berfungsi untuk bergabung dengan
 - A. elektron untuk membentuk CO_2
 - B. karbon untuk membentuk karbon dioksida
 - C. hidrogen membentuk karbon dioksida dan air
 - D. elektron dan ion hidrogen untuk membentuk air

18. Selama langkah respirasi aerobik, oksigen digunakan untuk
 - A. glikolisis
 - B. sistem transpor electron
 - C. konversi piruvat menjadi asetil CoA
 - D. siklus Krebs

19. Proses di mana terjadi penggunaan NADH dan FADH_2 untuk menghasilkan ATP adalah
 - A. fosforilasi oksidatif
 - B. Fermentasi
 - C. Glikolisis
 - D. siklus krebs

20. Proses di mana sebagian besar CO_2 dihasilkan adalah
 - A. Glikolisis
 - B. Siklus krebs
 - C. Transfer elektron
 - D. Fosforilasi oksidatif

PENUTUP

Modul Profesional Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi F membahas materi sistem koordinasi, pewarisan sifat, dan metabolisme gula. Materi yang dibahas merupakan materi pendalaman yang akan memperkaya wawasan pembelajar dan kegiatan-kegiatan yang dapat dilakukan untuk memperoleh pemahaman tentang materi-materi tersebut. Oleh karena itu proses mempelajari modul dengan serius sesuai dengan instruksi dalam modul menjadi penting.

Modul ini disiapkan untuk membantu guru pembelajar 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 F. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dan sebagainya. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing guru pembelajar dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi F ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul. Perbaikan berkelanjutan terhadap isi modul ini masih terus dilaksanakan, oleh karena itu masukan-masukan atau saran perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Biggs, Alton., etc. 2008. *Biology*. New York : Mc Graw Hill

Campbell, N.A, etc. 2009. *Biologi. 8th edition*. Pearson Benjamin Cumming San Fransisco.

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

Ibrahim, M., dkk. 2004. *Sains. Materi Pelatihan Terintegrasi*. Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.

Kee, L.H. 2001. *Biology: The Living Science*. Pearson Education Asia Ltd, Singapore

Kee, L.H.2002. *The Living Science*.Singapore : Pearson Education Asia Pte. Ltd.

Kimball, J.W. 1988. *Biologi*. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.

Nourse, A.E. 1980. *Pustaka Ilmu Life – Tubuh (Terjemahan)*. Jakarta: Tira Pustaka

Nur Azhar, T. 2008. *Dasar-dasar Biologi Molekuler*. Bandung : Penerbit Widya Padjadjaran.

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.

Ridley, M. 2005. Genom : Kisah Spesies Manusia dalam 23 Bab. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Shohib, M. (2005). Pewarisan Sifat. Bandung : PPPG IPA.

Suhardi, D. (2005). Genetika. Bandung : PPPG IPA

Susilawati, E. (2012). Pewarisan Sifat. Bandung : PPPG IPA

Susilowarno, G. dkk., 2007. Biologi SMA/MA Kelas XII. Jakarta : PT. Grasindo.

<http://avianianwar.blogspot.co.id/2013/05/sistem-koordinasi-dan-alat-indera.html>

<http://biomedicalengineering.yolasite.com/neurons.php>

<http://biomedicalengineering.yolasite.com/neurons.php>

http://finishwellunbiologi.blogspot.co.id/2015/03/sistem-regulasi-pada-manusia_21.html

<http://kumpulanmateribiologisahabat.blogspot.co.id/2014/09/indera-pendengaran-sd.html>

<http://pelajaranbiologi.info/mekanisme-terjadinya-suara-pada-indra-pendengaran/>

<http://wasidhagono.blogspot.co.id/2011/03/indera-penciuman.html>

http://www.biologyaspoetry.com/textbooks/human_biology/nervous_system_1_2.html

<http://www.slideshare.net/alyasyariati/indera-manusiaku>



<https://arinazulfayunitayunus.wordpress.com/2012/04/09/hand-out-sistem-koordinasi/>

<https://arinazulfayunitayunus.wordpress.com/2012/04/09/hand-out-sistem-koordinasi/>

<http://impikomapm.blogspot.co.id/2011/11/anatomi-fisiologi-sistem-penginderaan.html>

<https://scele.ui.ac.id/course/index.php?categoryid=911>

GLOSARIUM

Aerob	:	Kondisi tersedia oksigen
Akson	:	Satu uluran panjang dari badan sel yang mempunyai ciri tipis panjang dan menghantarkan impuls menjauhi badan sel
Aliran gen (<i>genetic flow</i>)	:	pertukaran variasi genetik antar populasi, ketika geografi dan kultur bukan rintangan.
Arachnoid	:	Lapisan tengah pada meninges
ATP sintase	:	saluran ion dan enzim kompleks; secara kimiawi mengikat gugus fosfat ke ADP, menghasilkan ATP sebagai aliran ion H^+ melalui saluran ion
Bahan organik	:	Merupakan semua residu tanaman, binatang, dan senyawa-senyawa organik lain yang sudah terombak atau baru sebagian terombak yang disintesis oleh mikroba tanah ketika perombakan terjadi.
Dendrit	:	Uluran pendek, bercabang, cabang dan juga mengandung badan nissl, mitokondria, dan organel pada sel saraf.
Enzim	:	Protein yang dikhususkan untuk mengkatalisis reaksi metabolik tertentu.
Evolusi <i>theistik</i> (<u><i>theistic evolution</i></u>)	:	gagasan bahwa keimanan dan evolusi dapat diharmoniskan
Fase gametofit	:	hamparan tanah tempat petani melakukan aktivitas pertanian
<i>Fase sporofit:</i>	:	Pengelompokan organisme menurut jarak



		terhadap organisme produsen, semakin tinggi semakin jauh, organisme tersebut adalah carnivore yang tingkatannya lebih tinggi
Feronom	:	Zat kimia selain hormon yang dikeluarkan hewan dan umumnya berfungsi untuk menarik lawan jenis
Fosforilasi oksidatif	:	Sebuah proses metabolisme yang menggunakan energi yang dilepaskan oleh oksidasi nutrisi untuk menghasilkan adenosin trifosfat (ATP).
Fotosintesis	:	proses pembuatan makanan pada tanaman dan organisme produsen lainnya dengan menggunakan energi cahaya untuk menghasilkan glukosa dan oksigen dari karbondioksida dan air
Frond	:	campuran mineral dan bahan organik pada permukaan bumi yang telah mengalami perubahan akibat pengaruh genetik dan lingkungan seperti iklim, organisme, relief/topografi, bahan induk, dan waktu.
Germinasi	:	tempat hidup organisme
<i>Gene pool</i>	:	kumpulan gen
Glikolisis	:	Proses pengubahan glukosa menjadi dua molekul asam piruvat dengan menghasilkan ATP dan NADH. Glikolisis merupakan tahapan pertama dari proses respirasi aerob untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP
Gymnospermae	:	tanaman berpembuluh yang tidak berbunga, biasanya tidak memiliki daun seperti jarum dan sisik, dan menghasilkan biji tidak tertutup oleh buah.
Hanjutan/pergeseran genetik (<i>genetic drift</i>)	:	perubahan dalam frekuensi gen pada suatu populasi kecil akibat kejadian acak



Katabolisme	:	pemecahan nutrien (karbohidrat, lipida, dan protein) dalam jaringan hidup menghasilkan senyawaan BM lebih kecil, penting dalam menghasilkan energi dan biosintesis. Energi yang dibebaskan dari reaksi ini disimpan dalam bentuk ikatan fosfat (ATP) digunakan bila diperlukan.
Makro evolusi	:	perubahan bertahap pada rentang waktu yang sangat panjang
Metabolisme	:	semua perubahan dan energi yang terjadi di dalam sel hidup atau karena kegiatannya
Mielin	:	Substansi lemak yang menyelubungi akson
Mikro evolusi	:	perubahan frekuensi alel dari suatu populasi persatuan waktu
Monosakarida	:	merupakan unit dasar untuk membentuk polimer yang lebih kompleks (polisakarida/gula)
Mutasi	:	perubahan DNA suatu organisme
Neo-Darwinisme	:	teori evolusi komprehensif yang menggabungkan Darwinisme dengan Mendelisme yang selanjutnya dikenal sebagai sintesis modern (<i>modern synthesis</i>).
Neurofibril	:	Fibril yang ramping panjang, dan terdiri dari mikrotubulus
Neurolema	:	Bagian dari sel Schwann yang menyelubungi selubung mielin.
Nukleus	:	Kelompok badan sel neuron pada sistem saraf pusat
Ovary (bakal buah)	:	bahan organik tanah yang telah stabil.
Ovule (bakal biji):	:	bahan yang berasal dari organisme (tanaman, hewan, tumbuhan dan mikroorganisma).



<i>Pascaconventional reasoning</i>	:	tingkat tertinggi dari teori perkembangan moral Kohlberg. Pada tingkat ini terjadi internalisasi moral pada individu dan tidak didasarkan pada standar-standar moral orang lain
Piameter	:	Lapisan paling dalam pada meninges
Pistil (putik)	:	ruang-ruang kecil di dalam tanah yang di dalamnya terdapat gas
Polinasi	:	kehidupan tanah, organisme tanah
Pollen grain (serbuk sari)	:	lapisan-lapisan tanah dalam arah vertikal.
Prosocial behavior	:	mencakup pada tindakan-tindakan: <i>sharing</i> (membagi), <i>cooperative</i> (kerjasama), <i>donating</i> (menyumbang), <i>helping</i> (menolong), <i>honesty</i> (kejujuran), <i>generosity</i> (kedermawanan), serta mempertimbangkan hak dan kejesahatan orang lain (Eisenberg dan Mussen)
Protalus	:	sistem penunjang kehidupan yang saling berhubungan terdiri dari udara, air, mineral, bahan organik, dan mikro/makroorganisme, yang kesemuanya secara bersama-sama berfungsi dan berinteraksi secara erat
Rantai transpor elektron	:	rangkaian molekul transpor elektron yang meloloskan elektron berenergi tinggi dari molekul ke molekul dan menangkap energi mereka
Reflek otak	:	Gerak reflek yang melibatkan saraf perantara yang terletak di otak dan susunan tulang belakang
Respirasi	:	proses pertukaran gas yang dilakukan suatu organisme dengan lingkungannya
Rizoma	:	Manfaat yang diperoleh oleh manusia karena keberadaan organisme di dalam tanah
Seleksi alam	:	suatu proses alami yang akan menghasilkan individu yang survive atau kelompok terbaik



		yang sesuai dengan kondisi di mana mereka hidup
Siklus Krebs	:	adalah reaksi antara asetil ko-A dengan asam oksaloasetat, yang kemudian membentuk asam sitrat. Siklus Krebs disebut juga dengan siklus asam sitrat, karena menggambarkan langkah pertama dari siklus tersebut, yaitu penyatuan asetil ko-A dengan asam oksaloasetat untuk membentuk asam sitrat.
social order maintaining orientation	:	Pada tahap ini pertimbangan moral didasarkan atas pemahaman aturan sosial, hukum-hukum, keadilan dan kewajiban
Sori	:	Perbandingan jumlah organisme yang stabil dalam ekosistem yang tidak menimbulkan kerugian kepada manusia.
Spora	:	sistem kehidupan yang kompleks di dalam tanah yang dan menunjukkan adanya interaksi antara tanah lingkungan, tanaman dan hewan. Interaksi ini digambarkan dengan anak panah yang maknanya adalah ada aliran energi dan nutrien dimana satu organisme dimakan oleh yang lainnya
The instrumental relativist orientat	:	Pada tahap ini penalaran moral didasarkan atas hadiah dan kepentingan sendiri. Anak taat karena akan Authority mendapat hadiah, mendapat balasan budi



**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