

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

BIOLOGI SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN
KARAKTER

Kelompok
Kompetensi

G



PEDAGOGIK

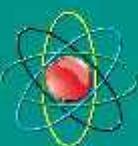
Pengembangan Instrumen
Penilaian Pembelajaran

■ Dr. Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T. |
Drs. Basor Suhada, M.Ed.

PROFESIONAL

Pola Hereditas, Sistem Reproduksi
pada Manusia, dan Fermentasi

■ Dr. Eneng Susilawati, M.Sc. | Any Suhaeny, M.Si. |
Dr. Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T. |
Drs. Moh. Syarif, M.Si. |
Yanni Puspitaningsih, 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
2017

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN BIOLOGI SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN KARAKTER

KELOMPOK KOMPETENSI G

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN PEMBELAJARAN

■ Dr. Asep Agus Sulaeman, S.Si., M.T.
Drs. Basor Suhada, M.Ed.



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

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BEKLELANJUTAN

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

KELOMPOK KOMPETENSI G

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN

Penulis:

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

Drs. Basor Suhada, M.Ed.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2017

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

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

KELOMPOK KOMPETENSI G

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

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

022-4231191 agus_p3g@yahoo.com

Drs. Basor Suhada, M.Ed.

022-4231191 basorsuhada@gmail.com

Penyunting

Dr. Dedi Herawadi, M.Si.

Penelaah

Dr. Riandi, M.Si.

Dr. Mia Nurkanti K, M.Kes.

Penata Letak

M. Asep Ferry Ginanjar

Copyright ©2017

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 dan berkarakter prima. 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 Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan merupakan upaya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan dalam upaya peningkatan kompetensi guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta profil yang menunjukkan kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan pedagogik dan profesional. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG pada tahun 2016 dan akan dilanjutkan pada tahun 2017 ini dengan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru dilaksanakan melalui tiga moda, yaitu: 1) Moda Tatap Muka, 2) Moda Daring Murni (*online*), dan 3) Moda Daring Kombinasi (kombinasi antara tatap muka dengan daring).



Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan 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 Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru moda tatap muka dan moda daring untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru. Mari kita sukseskan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Maret 2017
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 195908011985032001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) mata pelajaran Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar mandiri, fleksibel dan pro-aktif, sesuai kondisi dan kebutuhan penguatan kompetensi yang ditetapkan dalam Standar Kompetensi Guru.

Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan yang merupakan salah satu program PPPPTK IPA ini disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru pasca 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 Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan ini dibuat untuk masing-masing mata pelajaran yang dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogik 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.

Penyempurnaan modul ini telah dilakukan secara terpadu dengan mengintegrasikan penguatan pendidikan karakter dan kebutuhan penilaian



peserta didik di sekolah dan ujian yang berstandar nasional. Hasil dari integrasi tersebut telah dijabarkan dalam bagian-bagian modul yang terpadu, sesuai materi yang relevan.

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 email p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara dan Staf PPPPTK IPA, Dosen dan Guru 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 2017

Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.

NIP. 195909021983031002



DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
PENDAHULUAN	
	1
A. Latar belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Cara Penggunaan Modul	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
	9
PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN	9
A. Tujuan	9
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	9
C. Uraian Materi	10
D. Aktivitas Pembelajaran	39
E. Latihan/Kasus/Tugas	39
F. Rangkuman	47
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	48
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	49
EVALUASI	52
PENUTUP	57
DAFTAR PUSTAKA	58
GLOSARIUM	61



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	3
Tabel 1.1	Contoh penyebaran butir soal untuk penilaian akhir semester ganjil	14
Tabel 1.2	Kisi-kisi penulisan soal	15
Tabel 1.3	Kartu Soal	20
Tabel 1.4	Contoh Skala Thurstone: Minat terhadap pelajaran biologi	30
Tabel 1.5	Contoh skala Likert: Sikap terhadap pelajaran biologi	33
Tabel 1.6	Kategorisasi sikap atau minat peserta didik untuk 10 butir pernyataan, dengan rentang skor 10 – 40	35
Tabel 1.7	Kategorisasi atau minat kelas	36

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Alur Strategi Pelaksanaan Pembelajaran Tatap Muka	4
Gmabar 2	Alur Pembelajaran Tatap Muka Penuh	5
Gambar 3	Alur Pembelajaran Tatap Muka Kombinasi (in-on-in)	7

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru saat ini menjadi sebuah profesi yang mendorong pelakunya untuk terus belajar dan mengembangkan diri. Peraturan menteri pendidikan mengarahkan agar guru dapat menjalankan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan. Modul Diklat Pembinaan Karier Guru pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Untuk membantu guru meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik disusun modul diklat Pembinaan Karier Guru yang terbagi atas 10 Kelompok Kompetensi (KK). Disamping peningkatan kemampuan pengetahuan dan keterampilan, diharapkan peserta mampu mengembangkan sikap Mandiri (profesional, kreatif, keberanian), Gotong royong (musyawarah mufakat dan tolong menolong), serta memiliki Integritas (Keteladanan, cinta kebenaran, dan tanggung jawab).

Modul pembinaan karier guru yang berjudul “Pengembangan Instrumen Penilaian Pembelajaran” merupakan modul untuk Kompetensi Pedagogik guru pada Kelompok Kompetensi G (KK G). Modul ini dapat digunakan oleh guru sebagai bahan ajar dalam kegiatan diklat tatap muka langsung atau tatap muka kombinasi (*in-on-in*). Penilaian merupakan suatu proses yang sistematis dan mencakup kegiatan mengumpulkan, menganalisis, serta menginterpretasikan informasi untuk menentukan seberapa jauh seorang siswa atau sekelompok siswa mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan, baik aspek pengetahuan, sikap maupun keterampilan. Peran guru dalam penilaian merupakan unsur penting sebagai penyusun instrumen, penganalisis, dan pelaku evaluasi serta sekaligus sebagai pelaksananya. Oleh karena itu guru harus menguasai banyak kompetensi yang berkaitan dengan penilaian. Untuk mengembangkan instrumen penilaian ranah pengetahuan guru harus mampu



menyusun dan melakukan validasi butir soal ranah pengetahuan, untuk mengembangkan instrumen penilaian ranah sikap guru harus mampu menyusun dan melakukan validasi instrumen penilaian ranah sikap, sedangkan untuk mengembangkan instrumen penilaian ranah keterampilan guru harus mampu menyusun dan melakukan validasi instrumen penilaian ranah keterampilan.

Setiap materi diklat ini dikemas dalam suatu kegiatan pembelajaran yang meliputi: Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut dan Kunci Jawaban. Pada setiap komponen modul yang dikembangkan ini telah diintegrasikan beberapa nilai karakter bangsa, baik secara eksplisit maupun implisit yang dapat diimplementasikan selama aktivitas pembelajaran dan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendukung pencapaian revolusi mental bangsa. Integrasi ini juga merupakan salah satu cara **perwujudan kompetensi sosial dan kepribadian guru (Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007)** dalam bentuk modul. Selain itu, disediakan latihan soal dalam bentuk pilihan ganda yang berfungsi juga sebagai model untuk guru dalam mengembangkan soal-soal UN/USBN sesuai topik di daerahnya masing-masing.

Pada bagian pendahuluan modul diinformasikan tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru setelah mengikuti diklat, Peta Kompetensi yang harus dikuasai guru pada KK G, Ruang Lingkup, dan Cara Penggunaan Modul. Setelah guru mempelajari modul ini diakhiri dengan Evaluasi untuk mengetahui pemahaman profesional guru terhadap materi.

B. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini, peserta dapat mengembangkan instrumen penilaian proses dan hasil belajar.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru Mata Pelajaran yang diharapkan setelah guru pembelajar 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 butir soal ranah pengetahuan mata pelajaran Biologi 8.4.2 Melakukan validasi butir soal ranah pengetahuan mata pelajaran Biologi 8.4.3 Menyusun instrumen penilaian ranah sikap 8.4.4 Melakukan validasi instrumen penilaian ranah sikap 8.4.5 Menyusun instrumen penilaian ranah keterampilan 8.4.6 Melakukan validasi instrumen penilaian ranah keterampilan

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.

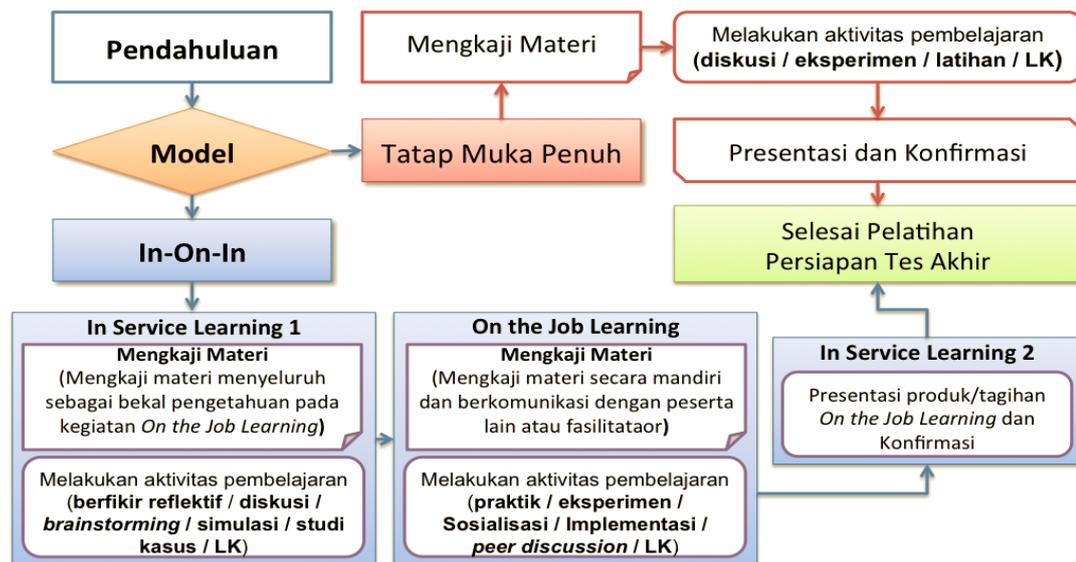
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan instrumen penilaian ranah pengetahuan.
2. Pengembangan instrumen penilaian ranah sikap.
3. Pengembangan instrumen penilaian ranah keterampilan.



E. Cara Penggunaan Modul

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



Gambar 1. Alur Strategi Pelaksanaan Pembelajaran Tatap Muka

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat terdapat dua alur kegiatan pelaksanaan kegiatan, yaitu diklat tatap muka penuh dan kombinasi (*In-On-In*). Deskripsi kedua jenis diklat tatap muka ini terdapat pada penjelasan berikut.



1. Deskripsi Kegiatan Diklat Tatap Muka Penuh



Gambar 2. Alur Pembelajaran Tatap Muka Penuh

Kegiatan tatap muka penuh ini dilaksanakan secara terstruktur pada suatu waktu yang di pandu oleh fasilitator. Tatap muka penuh dilaksanakan menggunakan alur pembelajaran yang dapat dilihat pada alur berikut ini.

a. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari :

- 1) latar belakang yang memuat gambaran materi
- 2) tujuan kegiatan pembelajaran setiap materi
- 3) kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul.
- 4) ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- 5) cara penggunaan modul

b. Mengkaji materi diklat

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



c. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul, baik bagian **1. Diskusi Materi**, **2. Praktik**, **3. Penyusunan Soal UN/USBN** dan aktivitas mengisi soal **Latihan**. Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan, dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.

d. Presentasi dan Konfirmasi

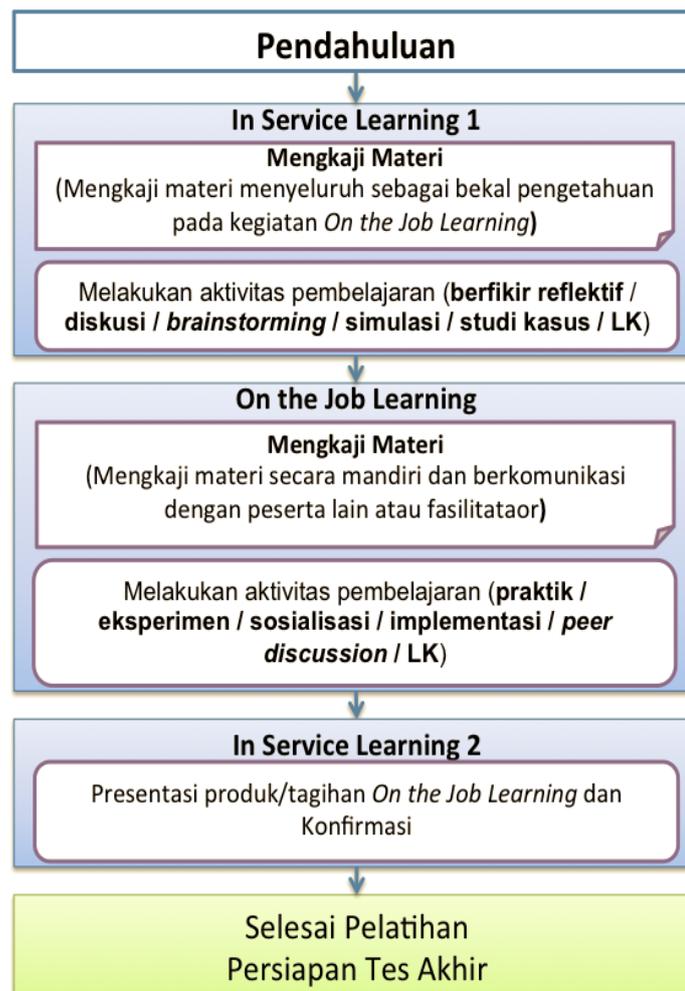
Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi yang dibahas secara bersama-sama.

e. Persiapan Tes Akhir

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji merefleksikan penguasaan materi setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran.

2. Deskripsi Kegiatan Diklat Tatap Muka *In-On-In*

Kegiatan diklat tatap muka kombinasi (*in-on-in*) terdiri atas tiga kegiatan, yaitu tatap muka kesatu (*in-1*), penugasan (*on the job learning*), dan tatap muka kedua (*in-2*). Secara umum, kegiatan pembelajaran diklat tatap muka kombinasi tergambar pada alur berikut ini.



Gambar 3. Alur Pembelajaran Tatap Muka Kombinasi (in-on-in)

Pada Kegiatan *in-1* peserta mempelajari uraian materi dan mengerjakan Aktivitas Pembelajaran bagian 1. **Diskusi Materi** di tempat diklat. Pada saat *on the job learning* peserta melakukan Aktivitas Pembelajaran bagian 2. **Praktik**, bagian 3. **Menyusun Soal UN/USBN**, dan mengisi **Latihan** secara mandiri di tempat kerja masing-masing. Pada Kegiatan *in-2*, peserta melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan yang dilakukan selama *on the job learning* yang difasilitasi oleh narasumber/instruktur nasional.

Modul ini dilengkapi dengan beberapa kegiatan pada Aktivitas Pembelajaran (BAB II, Bagian E) sebagai cara guru untuk mempelajari materi yang dipandu menggunakan Lembar Kegiatan (LK). Pada kegiatan diklat tatap muka kombinasi, beberapa LK dikerjakan pada *in-1* dan beberapa LK dikerjakan pada



saat *on the job learning*. Hasil implementasi LK pada *on the job learning* menjadi tagihan pada kegiatan *in-2*. Berikut ini daftar pengelompokan Lembar Kegiatan (LK) pada setiap tahap kegiatan tatap muka kombinasi.

KEGIATAN PEMBELAJARAN

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN

Penilaian merupakan bagian integral dari pembelajaran biologi, sehingga perlu diperhatikan dalam melaksanakan proses pembelajaran. Guru harus merencanakan penilaian yang akan digunakan sebagai bagian dari pelaksanaan pembelajaran. Seperti diketahui bahwa penilaian sebagai suatu proses yang sistematis dan mencakup kegiatan mengumpulkan, menganalisis, serta menginterpretasikan informasi untuk menentukan seberapa jauh seorang siswa atau sekelompok siswa mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan, baik aspek pengetahuan, sikap maupun keterampilan.

Peran guru dalam penilaian merupakan unsur penting sebagai penyusun instrumen, penganalisis, dan pelaku evaluasi serta sekaligus sebagai pelaksananya. Oleh karena itu guru harus menguasai banyak kompetensi yang berkaitan dengan penilaian.

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini, peserta dapat mengembangkan instrumen penilaian proses dan hasil belajar.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi setelah mempelajari modul ini, sebagai berikut.

1. Menyusun butir soal ranah pengetahuan mata pelajaran biologi;
2. Melakukan validasi butir soal ranah pengetahuan mata pelajaran biologi;
3. Menyusun instrumen penilaian ranah sikap;
4. Melakukan validasi instrumen penilaian ranah sikap;
5. Menyusun instrumen penilaian ranah keterampilan;
6. Melakukan validasi instrumen penilaian ranah keterampilan.



C. Uraian Materi

1. Pengembangan Instrumen Penilaian Ranah Pengetahuan

Agar soal yang dikembangkan oleh setiap guru menghasilkan bahan ulangan/ujian yang sahih dan handal, maka harus dilakukan langkah-langkah berikut, yaitu: (1) menentukan tujuan tes, (2) menentukan kompetensi yang akan diujikan, (3) menentukan materi yang diujikan, (4) menetapkan penyebaran butir soal berdasarkan kompetensi, materi, dan bentuk penilaiannya (tes tertulis: bentuk pilihan ganda, uraian; dan tes praktik), (5) menyusun kisi-kisinya, (6) menulis butir soal, (7) memvalidasi butir soal atau menelaah secara kualitatif, (8) merakit soal menjadi perangkat tes, (9) menyusun pedoman penskorannya (10) uji coba butir soal, (11) analisis butir soal secara kuantitatif dari data empirik hasil uji coba, dan (12) perbaikan soal berdasarkan hasil analisis.

Dalam mengembangkan kisi-kisi ada beberapa hal yang perlu dikuasai guru diantaranya:

a. Mengetahui jenis perilaku yang dapat diukur

Indikator soal dikembangkan ke dalam bentuk kisi-kisi soal dengan mempertimbangkan perilaku yang tepat dan sesuai dengan tingkatan kompetensi dan ranah yang akan dicapai. Benyamin S. Bloom, salah seorang ahli pendidikan telah mengembangkan berbagai jenis perilaku untuk setiap ranah yang dikembangkannya, baik ranah kognitif, afektif maupun psikomotor bisa digunakan sebagai dasar pengembangan indikator untuk berbagai jenis perilaku. Berikut adalah beberapa perilaku yang dikembangkan oleh Bloom dalam ranah pengetahuan atau kognitif.

- 1) Ingatan. Beberapa kata kerja yang digunakan diantaranya menyebutkan, menentukan, menunjukkan, mengingat kembali, mendefinisikan;
- 2) Pemahaman. Kata kerja yang bisa digunakan diantaranya membedakan, mengubah, memberi contoh, memperkirakan, mengambil kesimpulan;
- 3) Penerapan. Kata kerjanya di antaranya menggunakan, menerapkan;
- 4) Analisis. Untuk perilaku ini bisa digunakan beberapa kata kerja seperti membandingkan, mengklasifikasikan, mengkategorikan, menganalisis;
- 5) Sintesis antaranya seperti: menghubungkan, mengembangkan, mengorganisasikan, menyusun;



6) Evaluasi. di antaranya seperti: menafsirkan, menilai, memutuskan.

Selain Benyamin S. Bloom, R.J Marzano pun telah mengembangkan beberapa jenis perilaku yang bisa digunakan untuk mengembangkan indikator soal. Jenis-jenis perilaku tersebut diantaranya adalah:

- a) keterampilan memusat (*focusing skills*). Kata kerja yang bisa digunakan dalam perilaku ini diantaranya adalah: mendefinisikan, merumuskan tujuan
- b) keterampilan mengumpulkan informasi. Untuk perilaku ini bisa digunakan beberapa kata kerja diantaranya adalah: mengamati dan merumuskan pertanyaan
- c) keterampilan mengingat, kata kerja yang bisa digunakan adalah merekam, mengingat.
- d) keterampilan mengorganisas. Untuk perilaku ini bisa digunakan beberapa jenis kata kerja diantaranya, membandingkan, mengelompokkan, menata/mengurutkan, menyajikan;
- e) keterampilan menganalisis, seperti mengenali: sifat dari komponen, hubungan dan pola, ide pokok, kesalahan;
- f) keterampilan menghasilkan keterampilan baru. Untuk perilaku ini bisa digunakan kata kerja-kata kerja berikut seperti, menyimpulkan, memprediksi, mengupas atau mengurai;
- g) keterampilan memadu (*integreting skills*). Beberapa kata kerja yang bisa digunakan untuk menggambarkan perilaku ini diantaranya adalah meringkas, menyusun kembali;
- h) keterampilan menilai, seperti: menetapkan kriteria, membenarkan pembuktian.

Pendapat lain selain Benyamin S. Bloom dan Marzano adalah jenis-jenis perilaku yang dikembangkan oleh Robert M. Gagne salah seorang ahli yang mengembangkan teori belajar. Gagne mengembangkan beberapa perilaku yang bisa digunakan untuk mengembangkan indikator soal. Perilaku-perilaku tersebut diantaranya adalah:

- 1) kemampuan intelektual: adalah sebuah perilaku yang mampu melakukan diskriminasi, identifikasi/konsep yang nyata, klasifikasi, demonstrasi, generalisasi/menghasilkan sesuatu;



- 2) strategi kognitif, menghasilkan suatu pemecahan;
- 3) informasi verbal: menyatakan sesuatu secara oral;
- 4) keterampilan motorist melaksanakan/menjalankan sesuatu;
- 5) sikap: kemampuan untuk memilih sesuatu.

Selain domain pengetahuan atau kognitif yang telah dikembangkan oleh Bloom, David Krathwol pun telah mengembangkan beberapa perilaku untuk domain afektif, diantaranya adalah 1) menerima; 2) menjawab; dan 3) menilai.

Untuk domain psikomotor yang dikembangkan Norman E. Gronlund dan R.W. de Maclay menambah kosa kata yang bisa digunakan para guru dalam mengembangkan indikator soal diantaranya dengan menggunakan perilaku-perilaku seperti di bawah ini:

- 1) persepsi;
- 2) kesiapan;
- 3) respon terpimpin;
- 4) mekanisme;
- 5) respon yang kompleks;
- 6) organisasi; dan
- 7) karakterisasi dari nilai.

Pengembangan indikator soal tidak hanya menyangkut ranah pengetahuan, afektif dan keterampilan. Indikator soal untuk keterampilan berpikir saat ini menjadi tuntutan untuk dunia pendidikan khususnya dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Beberapa contoh pertanyaan keterampilan berpikir yang telah dikembangkan oleh Linn dan Gronlund bisa dipelajari dalam beberapa contoh di bawah ini:.

- 1) Membandingkan
 - a) Apa persamaan dan perbedaan antara ... dan...
 - b) Bandingkan dua cara berikut tentang
- 2) Hubungan sebab-akibat
 - a) Apa penyebab utama ...
 - b) Apa akibat ...
- 3) Memberi alasan (*justifying*)
 - a) Manakah pilihan berikut yang kamu pilih, mengapa?



- b) Jelaskan mengapa kamu setuju/tidak setuju dengan pernyataan tentang...
- 4) Meringkas
 - a) Tuliskan pernyataan penting yang termasuk ...
 - b) Ringkaslah dengan tepat isi ...
- 5) Menyimpulkan
 - a) Susunlah beberapa kesimpulan yang berasal dari data
 - b) Tulislah sebuah pernyataan yang dapat menjelaskan peristiwa berikut
- 6) Berpendapat (*inferring*)
 - a) Berdasarkan ..., apa yang akan terjadi bila
 - b) Apa reaksi A terhadap ...
- 7) Mengelompokkan
 - a) Kelompokkan hal berikut berdasarkan
 - b) Apakah hal berikut memiliki ...
- 8) Menciptakan
 - a) Tuliskan beberapa cara sesuai dengan ide Anda tentang
 - b) Lengkapilah cerita ... tentang apa yang akan terjadi bila
- 9) Menerapkan
 - a) Selesaikan hal berikut dengan menggunakan kaidah
 - b) Tuliskan ... dengan menggunakan pedoman....
- 10) Analisis
 - a) Manakah penulisan yang salah pada paragraf
 - b) Daftar dan beri alasan singkat tentang ciri utama
- 11) Sintesis
 - a) Tuliskan satu rencana untuk pembuktian ...
 - b) Tuliskan sebuah laporan ...
- 12) Evaluasi
 - a) Apakah kelebihan dan kelemahan
 - b) Berdasarkan kriteria ..., tuliskanlah evaluasi tentang...



b. Penentuan Perilaku yang Akan Diukur

Dalam proses pengembangan indikator soal sangat tergantung pada tingkatan perilaku yang akan diukur, semakin tinggi perilaku yang diukur maka semakin sulit soal yang akan dikembangkan dan semakin sulit pula menyusunnya. Untuk menentukan perilaku yang akan diukur ketika mengembangkan indikator dapat dilihat pada standar isi. Perilaku ini dijelaskan berbentuk rumusan kompetensi dasar. Untuk mengembangkan indikator yang akan mengukur perilaku yang lebih tinggi, guru perlu menyusun semua perilaku yang dapat diukur, mulai dari perilaku yang sangat sederhana/mudah sampai dengan perilaku yang paling sulit/tinggi, berdasarkan rumusan kompetensinya yang telah diuraikan dalam kompetensi dasar. Setelah itu baru dilakukan penyusunan perilaku itu, dan memilih salah satu perilaku yang tepat diujikan pada peserta didik dan sesuai dengan kemampuan peserta didik di kelas.

c. Penentuan dan Penyebaran Soal

Setelah menyusun berbagai jenis perilaku yang akan diukur dan dituangkan dalam bentuk kisi-kisi perlu dipertimbangkan pula jumlah soal dan penyebarannya dari setiap kompetensi dasar yang dipilih. Tabel di bawah ini memberikan penjelasan tentang penentuan jumlah dan penyebaran soal yang akan dikembangkan.

Tabel 1.1 Contoh penyebaran butir soal untuk penilaian akhir semester genap kelas X

No	Kompetensi Dasar	Materi	Jumlah soal tes tulis		Jumlah soal Praktik
			PG	Uraian	
1	4.1 .....	.....	4	1	--
2	4.2 .....	.....	3	--	--
3	4.3 .....	.....	6	--	1
4	4.4 .....	.....	5	1	--
5	4.5 .....	.....	8	2	--
6	4.6 .....	.....	8	1	1
7	4.7 .....	.....	--	--	--
8	4.7 .....	.....	6	--	--
Jumlah soal			40	5	2



d. Penyusunan Kisi-kisi

Langkah selanjutnya, setelah membuat matriks tentang jumlah dan sebaran soal pada suatu kompetensi dasar yang dipilih, maka perlu menentukan ruang lingkup soal yang akan dikembangkan. Ruang lingkup ini berisi penjelasan tentang kompetensi dan materi yang akan diujikan, dan disebut sebagai Kisi-kisi. Di bawah ini adalah kisi-kisis berbentuk format yang bisa dijadikan sebagai contoh disamping contoh lain yang bisa berbentuk matriks.

FORMAT KISI-KISI PENULISAN SOAL

Jenis sekolah :
 Jumlah soal :
 Mata pelajaran :
 Bentuk soal/tes :
 Kurikulum :
 Penyusun :
 Alokasi waktu :

Tabel 1.2 Kisi-kisi penulisan soal

No.	Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar	Kls/ smt	Materi pokok	Indikator Soal	Nomor Soal
1	2	3	4	5	6	7

Keterangan:

Isi pada kolom 2, 3, 4, dan 5 adalah harus sesuai dengan pernyataan yang ada di dalam silabus/kurikulum.

Kisi-kisi yang baik harus memenuhi persyaratan berikut ini.

- 1) Mewakili isi kurikulum/kemampuan yang akan diujikan;
- 2) Komponen-komponennya rinci, jelas, dan mudah dipahami;
- 3) Soal-soalnya dapat dibuat sesuai dengan indikator dan bentuk soal yang ditetapkan

e. Perumusan Indikator Soal

Indikator soal dalam kisi-kisi merupakan pedoman dalam merumuskan soal yang akan dibuat. Kegiatan perumusan indikator soal merupakan bagian dari kegiatan penyusunan kisi-kisi. Untuk merumuskan indikator dengan tepat, guru harus memperhatikan materi yang akan diujikan, indikator pembelajaran, dan



kompetensi dasar. Indikator yang baik secara umum memenuhi syarat-syarat di bawah ini:

- 1) menggunakan kata kerja operasional (perilaku yang dapat diukur) yang tepat,
- 2) menggunakan satu kata kerja operasional untuk soal objektif, dan satu atau lebih kata kerja operasional untuk soal uraian/tes perbuatan,
- 3) dapat dibuatkan soal atau pengecohnya (untuk soal pilihan ganda).
- 4) Dalam mengembangkan indikator dapat digunakan dua jenis model, yaitu dengan menempatkan kondisinya di awal kalimat. Model ini digunakan untuk soal yang disertai dengan dasar pernyataan (stimulus), misalnya berupa sebuah kalimat, paragraf, gambar, denah, grafik, kasus, atau lainnya, sedangkan model yang kedua adalah menempatkan peserta didik dan perilaku yang harus ditampilkan di awal kalimat. Model yang kedua ini digunakan untuk soal yang tidak disertai dengan dasar pertanyaan (stimulus).

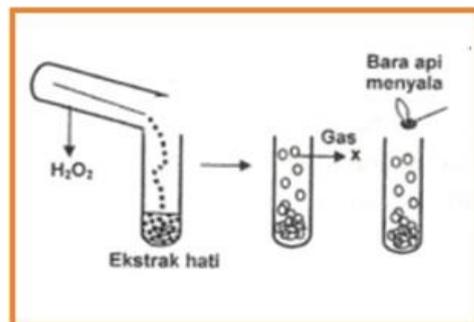
1. Contoh model pertama untuk topik "Metabolisme".

Topik : Cara Kerja Enzim

Indikator : Diberikan gambar percobaan enzim katalase, peserta didik dapat menentukan gas yang dihasilkan.

Soal:

Perhatikan gambar percobaan enzim katalase berikut



Berdasarkan percobaan tersebut, gas yang dihasilkan (berlabel X) pada proses tersebut yaitu

- a. gas uap air, hasil penguapan H_2O_2 , dan ekstrak hati



- b. gas O₂, hasil penguraian H₂O₂ oleh enzim katalase
- c. gas CO₂, hasil penguraian estrak hati dan larutan H₂O₂
- d. gas O₂, hasil respirasi sel-sel hati dengan enzim katalase
- e. gas CO₂, hasil respirasi sel-sel hati dengan enzim katalase

2. Contoh model kedua

Indikator: Siswa dapat menjelaskan hubungan antara keanekaragaman hayati dan populasi

Soal:

Pernyataan yang benar tentang keberkaitan antara keanekaragaman hayati dan populasi adalah

- a. keanekaragaman makhluk hidup di suatu ekosistem tinggi, populasi setiap jenis juga tinggi
- b. keanekaragamansuatu ekosistem rendah, populasi setiap jenis juga rendah
- c. keanekaragaman suatu ekosistem tinggi, populasi setiap jenis rendah
- d. keanekaragaman suatu ekosistem rendah, populasi setiap jenis tidak stabil
- e. keanekaragaman suatu spesies tidak berhubungan dengan besarnya populasi

f. Penyusunan Butir Soal Tes Tertulis

Penggunaan bentuk soal yang tepat dalam tes tertulis, sangat tergantung pada perilaku/kompetensi yang akan diukur. Ada kompetensi yang lebih tepat diukur/ditanyakan dengan menggunakan tes tertulis dengan bentuk soal uraian, ada pula kompetensi yang lebih tepat diukur dengan menggunakan tes tertulis dengan bentuk soal objektif. Bentuk tes tertulis pilihan ganda maupun uraian memiliki kelebihan dan kelemahan satu sama lain.

Keunggulan soal bentuk pilihan ganda, di antaranya dapat mengukur kemampuan/perilaku secara objektif, sedangkan untuk soal uraian adalah dapat mengukur kemampuan mengorganisasikan gagasan dan menyatakan



jawabannya menurut kata-kata atau kalimat sendiri. Kelemahan soal bentuk pilihan ganda di antaranya adalah sulit menyusun pengecohnya, sedangkan untuk soal uraian di antaranya adalah sulit menyusun pedoman penskorannya.

Menulis soal bentuk uraian diperlukan ketepatan dan kelengkapan dalam merumuskannya. Ketepatan yang dimaksud adalah bahwa materi yang ditanyakan tepat diujikan dengan bentuk uraian, yaitu menuntut peserta didik untuk mengorganisasikan gagasan dengan cara mengemukakan atau mengekspresikan gagasan secara tertulis dengan menggunakan kata-katanya sendiri. Adapun kelengkapan yang dimaksud adalah kelengkapan perilaku yang diukur yang digunakan untuk menetapkan aspek yang dinilai dalam pedoman penskorannya. Hal yang paling sulit dalam penulisan soal bentuk uraian adalah menyusun pedoman penskorannya. Penulis soal harus dapat merumuskan setepat-tepatnya pedoman penskorannya karena kelemahan bentuk soal uraian terletak pada tingkat subyektivitas penskorannya.

Berdasarkan metode penskorannya, bentuk uraian diklasifikasikan menjadi 2, yaitu uraian objektif dan uraian non-objektif. Bentuk uraian objektif adalah suatu soal atau pertanyaan yang menuntut sehimpunan jawaban dengan pengertian/konsep tertentu, sehingga penskorannya dapat dilakukan secara objektif. Artinya perilaku yang diukur dapat diskor secara dikotomis (benar - salah atau 1 - 0). Bentuk uraian non-objektif adalah suatu soal yang menuntut sehimpunan jawaban dengan pengertian/konsep menurut pendapat masing-masing peserta didik, sehingga penskorannya sukar untuk dilakukan secara objektif. Untuk mengurangi tingkat kesubjektifan dalam pemberian skor ini, maka dalam menentukan perilaku yang diukur dibuatkan skala. Contoh misalnya perilaku yang diukur adalah "kesesuaian isi dengan tuntutan pertanyaan", maka skala yang disusun disesuaikan dengan tingkatan kemampuan peserta didik yang akan diuji.

Untuk tingkat SMA, misalnya dapat disusun skala seperti berikut.

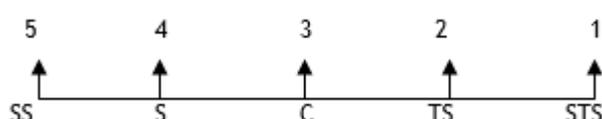




Kesesuaian isi dengan tuntutan pertanyaan 0 - 3

Kriteria	Skor
Sesuai	3
Cukup/sedang	2
Tidak sesuai	1
Kosong	0

Atau skala seperti berikut:



Kesesuaian isi dengan tuntutan pertanyaan 0 - 5 Skor

Kriteria	Skor
Sangat Sesuai	5
Sesuai	4
Cukup/sedang	3
Tidak sesuai	2
Sangat tidak sesuai	1
Kosong	0

Agar soal yang disusun bermutu baik, maka penulis soal harus memperhatikan kaidah penulisannya. Untuk memudahkan pengelolaan, perbaikan, dan pengembangan soal, maka soal ditulis di dalam format kartu soal. Setiap satu soal dan pedoman penskorannya ditulis di dalam satu format. Contoh format soal bentuk uraian dan format penskorannya adalah seperti berikut ini.

Bentuk soalnya terdiri dari: (1) dasar pertanyaan/stimulus bila ada/diperlukan, (2) pertanyaan, dan (3) pedoman penskoran. Kaidah penulisan soal uraian seperti berikut.

- 1) Materi
 - a) Soal harus sesuai dengan indikator.
 - b) Setiap pertanyaan harus diberikan batasan jawaban yang diharapkan.
 - c) Materi yang ditanyakan harus sesuai dengan tujuan pengukuran.
 - d) Materi yang ditanyakan harus sesuai dengan jenjang jenis sekolah atau



tingkat kelas.

- 2) Konstruksi
 - a) Menggunakan kata tanya/perintah yang menuntut jawaban terurai.
 - b) Ada petunjuk yang jelas tentang cara mengerjakan soal.
 - c) Setiap soal harus ada pedoman penskorannya.
 - d) Tabel, gambar, grafik, peta, atau yang sejenisnya disajikan dengan jelas, terbaca, dan berfungsi.

Tabel 1.3 Kartu soal

KARTU SOAL												
Jenis Sekolah		:		Penyusun		: 1.						
Mata Pelajaran		:				2.						
Bahan Kls/Smt		:										
Bentuk Soal		:		Tahun Ajaran		:						
Aspek yang diukur		:										
KOMPETENSI DASAR		BUKU SUMBER:										
		RUMUSAN BUTIR SOAL										
MATERI		NO SOAL:										
INDIKATOR SOAL												
KETERANGAN SOAL												
NO	DIGUNAKAN UNTUK	TANGGAL	JUMLAH SISWA	TK	DP	PROPORSI PEMILIH ASPEK						KET.
						A	B	C	D	E	OMT	

Format Pedoman Penskoran

NO SOAL	KUNCI/KRITERIA JAWABAN	SKOR



3) Bahasa

- a) Rumusan kalimat soal harus komunikatif.
- b) Menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar (baku).
- c) Tidak menimbulkan penafsiran ganda.
- d) Tidak menggunakan bahasa yang berlaku setempat/tabu.
- e) Tidak mengandung kata/ungkapan yang menyinggung perasaan peserta didik.

Menulis soal bentuk pilihan ganda sangat diperlukan keterampilan dan ketelitian. Hal yang paling sulit dilakukan dalam menulis soal bentuk pilihan ganda adalah menuliskan pengecohnya. Pengecoh yang baik adalah pengecoh yang tingkat kerumitan atau tingkat kesederhanaan, serta panjang-pendeknya relatif sama dengan kunci jawaban. Oleh karena itu, untuk memudahkan dalam penulisan soal bentuk pilihan ganda, maka dalam penulisannya perlu mengikuti langkah-langkah berikut, langkah pertama adalah menuliskan pokok soalnya, langkah kedua menuliskan kunci jawabannya, langkah ketiga menuliskan pengecohnya.

Untuk memudahkan pengelolaan, perbaikan, dan perkembangan soal, maka soal ditulis di dalam format kartu soal. Setiap satu soal ditulis di dalam satu format. Adapun formatnya seperti berikut ini.

KARTU SOAL	
Jenis Sekolah : Mata Pelajaran : Bahan Kls/Smt : Bentuk Soal : Tahun Ajaran : Aspek yang diukur :	Penyusun : 1. 2. 3.
KOMPETENSI DASAR	BUKU SUMBER
	RUMUSAN BUTIR SOAL
MATERI	NO SOAL: <input style="width: 100%;" type="text"/>
	KUNCI : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	<input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/>



INDIKATOR SOAL		KETERANGAN SOAL										
NO	DIGUNAKAN UNTUK	TANGGAL	JUMLAH SISWA	TK	DP	PROPORSI PEMILIH					KET.	
						A	B	C	D	E		OMT

Soal bentuk pilihan ganda merupakan soal yang telah disediakan pilihan jawabannya. Peserta didik yang mengerjakan soal hanya memilih satu jawaban yang benar dari pilihan jawaban yang disediakan. Soalnya mencakup: (1) dasar pertanyaan/stimulus (bila ada), (2) pokok soal (stem), (3) pilihan jawaban yang terdiri atas: kunci jawaban dan pengecoh.

Perhatikan contoh berikut!

Berikut ini adalah karakteristik pembuluh darah sistem peredaran darah pada manusia

Objek	P	Q	R	S
Kadar CO2	tinggi	tinggi	rendah	rendah
Tekanan Parsial O2	40 mmHg	40 mmHg	104 mmHg	104 mmHg
Dinding pembuluh	dinding berupa endothelium satu lapis sel	dinding pembuluh agak tipis	mempunyai dinding yang cukup tebal	mempunyai dinding yang cukup tebal
Fungsi	tempat terjadinya pertukaran gas dan zat lainnya antara pembuluh darah dan sel jaringan	membawa darah dari jaringan kembali ke jantung	mengangkut darah yang keluar dari jantung	mengangkut darah yang keluar dari jantung menuju jaringan

Dasar pertanyaan / stimulus

secara berurutan P, Q, R, dan S adalah } Pokok Soal / stem

- a. Aorta, vena, Arteri, dan kapiler
- b. Aorta, arteri, vena, dan kapiler
- c. Kapiler, vena, aorta, dan arteri
- d. Kapiler, vena, arteri, dan aorta
- e. Vena Cava, vena, aorta dan arteri

} Pilihan / option

Kaidah penulisan soal pilihan ganda adalah seperti berikut ini.

- 1) Materi
 - a) Soal harus sesuai dengan indikator. Artinya soal harus menanyakan perilaku dan materi yang hendak diukur sesuai dengan rumusan indikator dalam kisi-kisi.
 - b) Pengecoh harus bertungsi
 - c) Setiap soal harus mempunyai satu jawaban yang benar. Artinya, satu soal hanya mempunyai satu kunci jawaban.



- 2) Konstruksi
 - a) Pokok soal harus dirumuskan secara jelas dan tegas. Artinya, kemampuan/materi yang hendak diukur/ditanyakan harus jelas, tidak menimbulkan pengertian atau penafsiran yang berbeda dari yang dimaksudkan penulis. Setiap butir soal hanya mengandung satu persoalan/gagasan
 - b) Rumusan pokok soal dan pilihan jawaban harus merupakan pernyataan yang diperlukan saja. Artinya apabila terdapat rumusan atau pernyataan yang sebetulnya tidak diperlukan, maka rumusan atau pernyataan itu dihilangkan saja.
 - c) Pokok soal jangan memberi petunjuk ke arah jawaban yang benar. Artinya, pada pokok soal jangan sampai terdapat kata, kelompok kata, atau ungkapan yang dapat memberikan petunjuk ke arah jawaban yang benar.
 - d) Pokok soal jangan mengandung pernyataan yang bersifat negatif ganda. Artinya, pada pokok soal jangan sampai terdapat dua kata atau lebih yang mengandung arti negatif. Hal ini untuk mencegah terjadinya kesalahan penafsiran peserta didik terhadap arti pernyataan yang dimaksud. Untuk keterampilan bahasa, penggunaan negatif ganda diperbolehkan bila aspek yang akan diukur justru pengertian tentang negatif ganda itu sendiri.
 - e) Pilihan jawaban harus homogen dan logis ditinjau dari segi materi. Artinya, semua pilihan jawaban harus berasal dari materi yang sama seperti yang ditanyakan oleh pokok soal, penulisannya harus setara, dan semua pilihan jawaban harus berfungsi.
 - f) Panjang rumusan pilihan jawaban harus relatif sama. Kaidah ini diperlukan karena adanya kecenderungan peserta didik memilih jawaban yang paling panjang karena seringkali jawaban yang lebih panjang itu lebih lengkap dan merupakan kunci jawaban.
 - g) Pilihan jawaban jangan mengandung pernyataan "Semua pilihan jawaban di atas salah" atau "Semua pilihan jawaban di atas benar". Artinya dengan adanya pilihan jawaban seperti ini, maka secara materi pilihan jawaban berkurang satu karena pernyataan itu bukan merupakan materi yang ditanyakan dan pernyataan itu menjadi tidak homogen.
 - h) Pilihan jawaban yang berbentuk angka atau waktu harus disusun berdasarkan urutan besar kecilnya nilai angka atau kronologis. Artinya pilihan jawaban yang berbentuk angka harus disusun dari nilai angka paling



kecil berurutan sampai nilai angka yang paling besar, dan sebaliknya. Demikian juga pilihan jawaban yang menunjukkan waktu harus disusun secara kronologis. Penyusunan secara unit dimaksudkan untuk memudahkan peserta didik melihat pilihan jawaban.

- i) Gambar, grafik, tabel, diagram, wacana, dan sejenisnya yang terdapat pada soal harus jelas dan berfungsi. Artinya, apa saja yang menyertai suatu soal yang ditanyakan harus jelas, terbaca, dapat dimengerti oleh peserta didik. Apabila soal bisa dijawab tanpa melihat gambar, grafik, tabel atau sejenisnya yang terdapat pada soal, berarti gambar, grafik, atau tabel itu tidak berfungsi.
 - j) Rumusan pokok soal tidak menggunakan ungkapan atau kata yang bermakna tidak pasti seperti: sebaiknya, umumnya, kadang-kadang.
 - k) Butir soal jangan bergantung pada jawaban soal sebelumnya. Ketergantungan pada soal sebelumnya menyebabkan peserta didik yang tidak dapat menjawab benar soal pertama tidak akan dapat menjawab benar soal berikutnya.
- 3) Bahasa/budaya
- a) Setiap soal harus menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia. Kaidah bahasa Indonesia dalam penulisan soal di antaranya meliputi: a) pemakaian kalimat: (1) unsur subyek, (2) unsur predikat, (3) anak kalimat; b) pemakaian kata: (1) pilihan kata, (2) penulisan kata, dan c) pemakaian ejaan: (1) penulisan huruf, (2) penggunaan tanda baca.
 - b) Bahasa yang digunakan harus komunikatif, sehingga pernyataannya mudah dimengerti warga belajar/peserta didik.
 - c) Pilihan jawaban jangan yang mengulang kata/frase yang bukan merupakan satu kesatuan pengertian. Letakkan kata/frase pada pokok soal.

7. Pengembangan Instrumen Penilaian Ranah Sikap

Instrumen penilaian afektif meliputi lembar pengamatan sikap, minat, konsep diri, nilai, dan moral. Ada 11 (sebelas) langkah dalam mengembangkan instrumen penilaian afektif, yaitu:

- 1) menentukan spesifikasi instrumen
- 2) menulis instrumen



- 3) menentukan skala instrumen
- 4) menentukan pedoman penskoran
- 5) menelaah instrumen
- 6) merakit instrumen
- 7) melakukan ujicoba
- 8) menganalisis hasil ujicoba
- 9) memperbaiki instrumen
- 10) melaksanakan pengukuran
- 11) menafsirkan hasil pengukuran

a) Spesifikasi instrumen

Ditinjau dari tujuannya ada lima macam instrumen pengukuran ranah afektif, yaitu instrumen: sikap, minat, konsep diri, nilai, dan moral.

a) Instrumen sikap

Instrumen sikap bertujuan untuk mengetahui sikap peserta didik terhadap suatu objek, misalnya terhadap kegiatan sekolah, mata pelajaran, pendidik, dan sebagainya. Sikap terhadap mata pelajaran bisa positif bisa negatif. Hasil pengukuran sikap berguna untuk menentukan strategi pembelajaran yang tepat.

b) Instrumen minat

Instrumen minat bertujuan untuk memperoleh informasi tentang minat peserta didik terhadap mata pelajaran, yang selanjutnya digunakan untuk meningkatkan minat peserta didik terhadap mata pelajaran.

c) Instrumen konsep diri

Instrumen konsep diri bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan diri sendiri. Peserta didik melakukan evaluasi secara objektif terhadap potensi yang ada dalam dirinya. Karakteristik potensi peserta didik sangat penting untuk menentukan jenjang karirnya. Informasi kekuatan dan kelemahan peserta didik digunakan untuk menentukan program yang sebaiknya ditempuh.

d) Instrumen nilai

Instrumen nilai bertujuan untuk mengungkap nilai dan keyakinan peserta didik. Informasi yang diperoleh berupa nilai dan keyakinan yang positif dan yang



negatif. Hal-hal yang bersifat positif diperkuat sedangkan yang bersifat negatif dikurangi dan akhirnya dihilangkan.

e) Instrumen moral

Instrumen moral bertujuan untuk mengungkap moral. Informasi moral seseorang diperoleh melalui pengamatan terhadap perbuatan yang ditampilkan dan laporan diri melalui pengisian kuesioner. Hasil pengamatan dan hasil kuesioner menjadi informasi tentang moral seseorang. Dalam menyusun spesifikasi instrumen perlu memperhatikan empat hal yaitu: (1) tujuan pengukuran, (2) kisi-kisi instrumen, (3) bentuk dan format instrumen, dan (4) panjang instrumen.

Setelah menetapkan tujuan pengukuran afektif, kegiatan berikutnya adalah menyusun kisi-kisi instrumen. Kisi-kisi (*blue-print*), merupakan matrik yang berisi spesifikasi instrumen yang akan ditulis. Langkah pertama dalam menentukan kisi-kisi adalah menentukan definisi konseptual yang berasal dari teori-teori yang diambil dari buku teks. Selanjutnya mengembangkan definisi operasional berdasarkan kompetensi dasar, yaitu kompetensi yang dapat diukur. Definisi operasional ini kemudian dijabarkan menjadi sejumlah indikator. Indikator merupakan pedoman dalam menulis instrumen. Tiap indikator bisa dikembangkan dua atau lebih instrumen.

b) Penulisan instrumen

Penilaian ranah afektif peserta didik dilakukan dengan menggunakan instrumen penilaian afektif sebagai berikut.

(1) Instrumen sikap

Definisi konseptual: Sikap merupakan kecenderungan merespon secara konsisten baik menyukai atau tidak menyukai suatu objek. Instrumen sikap bertujuan untuk mengetahui sikap peserta didik terhadap suatu objek, misalnya kegiatan sekolah. Sikap bisa positif bisa negatif. Definisi operasional: sikap adalah perasaan positif atau negatif terhadap suatu objek. Objek bisa berupa kegiatan atau mata pelajaran. Cara yang mudah untuk mengetahui sikap peserta didik adalah melalui kuesioner. Pertanyaan tentang sikap meminta responden menunjukkan perasaan yang positif atau negatif terhadap suatu objek, atau suatu kebijakan. Kata-kata yang sering digunakan pada pertanyaan sikap



menyatakan arah perasaan seseorang; menerima-menolak, menyenangkan-tidak menyenangkan, baik-buruk, diinginkan-tidak diinginkan.

Contoh indikator sikap	Contoh pernyataan untuk kuesioner:
<ul style="list-style-type: none"> • Membaca buku biologi • Mempelajari biologi • Melakukan interaksi dengan guru biologi • Mengerjakan tugas biologi • Melakukan diskusi tentang biologi • Memiliki buku biologi 	<ul style="list-style-type: none"> • Saya senang membaca buku • Tidak semua orang harus belajar biologi • Saya jarang bertanya pada guru tentang pelajaran biologi • Saya tidak senang pada tugas pelajaran biologi • Saya berusaha mengerjakan soal-soal biologi sebaik-baiknya • Memiliki buku biologi penting untuk semua peserta didik

(2) Instrumen minat

Instrumen minat bertujuan untuk memperoleh informasi tentang minat peserta didik terhadap suatu mata pelajaran yang selanjutnya digunakan untuk meningkatkan minat peserta didik terhadap mata pelajaran tersebut. Definisi konseptual: Minat adalah keinginan yang tersusun melalui pengalaman yang mendorong individu mencari objek, aktivitas, konsep, dan keterampilan untuk tujuan mendapatkan perhatian atau penguasaan. Definisi operasional: Minat adalah keingintahuan seseorang tentang keadaan suatu objek.

Contoh Indikator Minat	Contoh Pernyataan untuk Kuesioner
<ul style="list-style-type: none"> • Memiliki catatan pelajaran biologi. • Berusaha memahami biologi • Memiliki buku B biologi • Mengikuti pelajaran biologi 	<ul style="list-style-type: none"> • Catatan pelajaran biologi saya lengkap • Catatan pelajaran biologi saya terdapat coretan-coretan tentang hal-hal yang penting • Saya selalu menyiapkan pertanyaan sebelum mengikuti pelajaran biologi • Saya berusaha memahami mata pelajaran biologi • Saya senang mengerjakan soal biologi • Saya berusaha selalu hadir pada pelajaran biologi



(3) Instrumen konsep diri

Instrumen konsep diri bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan diri sendiri. Informasi kekuatan dan kelemahan peserta didik digunakan untuk menentukan program yang sebaiknya ditempuh oleh peserta didik. Definisi konsep: konsep diri merupakan persepsi seseorang terhadap dirinya sendiri yang menyangkut keunggulan dan kelemahannya. Definisi operasional konsep diri adalah pernyataan tentang kemampuan diri sendiri yang menyangkut mata pelajaran.

Contoh Indikator Konsep Diri	Contoh Pernyataan untuk Kuesioner
<ul style="list-style-type: none">• Memilih mata pelajaran yang mudah dipahami• Memiliki kecepatan memahami mata pelajaran• Menunjukkan mata pelajaran yang dirasa sulit• Mengukur kekuatan dan kelemahan fisik	<ul style="list-style-type: none">• Saya sulit mengikuti pelajaran biologi• Saya mudah menghafal suatu konsep.• Saya mampu membuat karangan yang baik• Saya merasa sulit mengikuti pelajaran biologi• Saya bisa bermain sepak bola dengan baik• Saya mampu membuat karya seni yang baik• Saya perlu waktu yang lama untuk memahami pelajaran biologi.

(4) Instrumen nilai

Nilai merupakan konsep penting dalam pembentukan kompetensi peserta didik. Kegiatan yang disenangi peserta didik di sekolah dipengaruhi oleh nilai (*value*) peserta didik terhadap kegiatan tersebut. Misalnya, ada peserta didik yang menyukai pelajaran keterampilan dan ada yang tidak, ada yang menyukai pelajaran seni tari dan ada yang tidak. Semua ini dipengaruhi oleh nilai peserta didik, yaitu yang berkaitan dengan penilaian baik dan buruk.

Nilai seseorang pada dasarnya terungkap melalui bagaimana ia berbuat atau keinginan berbuat. Nilai berkaitan dengan keyakinan, sikap dan aktivitas atau tindakan seseorang. Tindakan seseorang terhadap sesuatu merupakan refleksi dari nilai yang dianutnya. Definisi konseptual: Nilai adalah keyakinan terhadap suatu pendapat, kegiatan, atau objek. Definisi operasional nilai adalah keyakinan



seseorang tentang keadaan suatu objek atau kegiatan. Misalnya keyakinan akan kemampuan peserta didik dan kinerja guru. Kemungkinan ada yang berkeyakinan bahwa prestasi peserta didik sulit ditingkatkan atau ada yang berkeyakinan bahwa guru sulit melakukan perubahan.

Instrumen nilai bertujuan untuk mengungkap nilai dan keyakinan individu. Informasi yang diperoleh berupa nilai dan keyakinan yang positif dan yang negatif. Hal-hal yang positif ditingkatkan sedang yang negatif dikurangi dan akhirnya dihilangkan.

Contoh Indikator Nilai	Contoh Pernyataan untuk Kuesioner
<ul style="list-style-type: none"> • Memiliki keyakinan akan peran sekolah • Menyakini keberhasilan peserta didik • Menunjukkan keyakinan atas kemampuan guru. • Mempertahankan keyakinan akan harapan masyarakat 	<ul style="list-style-type: none"> • Saya berkeyakinan bahwa prestasi belajar peserta didik sulit untuk ditingkatkan. • Saya berkeyakinan bahwa kinerja pendidik sudah maksimal. • Saya berkeyakinan bahwa peserta didik yang ikut bimbingan tes cenderung akan diterima di perguruan tinggi. • Saya berkeyakinan sekolah tidak akan mampu mengubah tingkat kesejahteraan masyarakat. • Saya berkeyakinan bahwa perubahan selalu membawa masalah. • Saya berkeyakinan bahwa hasil yang dicapai peserta didik adalah atas usahanya.

Selain melalui kuesioner ranah afektif peserta didik, sikap, minat, konsep diri, dan nilai dapat digali melalui pengamatan. Pengamatan karakteristik afektif peserta didik dilakukan di tempat dilaksanakannya kegiatan pembelajaran. Untuk mengetahui keadaan ranah afektif peserta didik, perlu ditentukan dulu indikator substansi yang akan diukur, dan pendidik harus mencatat setiap perilaku yang muncul dari peserta didik yang berkaitan dengan indikator tersebut.

(5) Instrumen Moral

Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui moral peserta didik.



Contoh Indikator Moral	Contoh Pernyataan untuk Instrumen Moral
<ul style="list-style-type: none">• Memegang janji• Memiliki kepedulian terhadap orang lain• Menunjukkan komitmen terhadap tugas-tugas• Memiliki Kejujuran	<ul style="list-style-type: none">• Bila saya berjanji pada teman, tidak harus menepati.• Bila berjanji kepada orang yang lebih tua, saya berusaha menepatinya.• Bila berjanji pada anak kecil, saya tidak harus menepatinya.• Bila menghadapi kesulitan, saya selalu meminta bantuan orang lain.• Bila ada orang lain yang menghadapi kesulitan, saya berusaha membantu.• Kesulitan orang lain merupakan tanggung jawabnya sendiri.• Bila bertemu teman, saya selalu menyapanya walau ia tidak melihat saya.• Bila bertemu guru, saya selalu memberikan salam, walau ia tidak melihat saya.• Saya selalu bercerita hal yang menyenangkan teman, walau tidak seluruhnya benar.• Bila ada orang yang bercerita, saya tidak selalu mempercayainya.

c) Skala Instrumen Penilaian Afektif

Skala yang sering digunakan dalam instrumen penilaian afektif adalah Skala Thurstone, Skala Likert, dan Skala Beda Semantik.

Tabel 1.4 Contoh Skala Thurstone: Minat terhadap pelajaran biologi

No	Pernyataan	7	6	5	4	3	2	1
1.	Saya senang belajar biologi							
2.	Pelajaran biologi bermanfaat							
3.	Saya berusaha hadir tiap ada jam pelajaran biologi							
4.	Saya berusaha memiliki buku pelajaran biologi							
5.	Pelajaran biologi membosankan							



No	Pernyataan	7	6	5	4	3	2	1
6.	Dst.							

Tabel 1.5 Contoh skala Likert: Sikap terhadap pelajaran biologi

No	Pernyataan	SS	S	TS	STS
1.	Pelajaran biologi bermanfaat				
2.	Pelajaran biologi sulit				
3.	Tidak semua harus belajar biologi				
4.	Pelajaran biologi harus dibuat mudah				
5.	Sekolah saya menyenangkan				
6.	Dst.				

Keterangan:
 SS : Sangat setuju
 S : Setuju
 TS : Tidak setuju
 STS: Sangat tidak setuju

Contoh skala beda Semantik:

Pelajaran Biologi

Kriteria	a	b	c	d	e	f	g	h	Kriteria
Menyenangkan									Membosankan
Sulit									Mudah
Bermanfaat									Sia-sia
Menantang									Menjemukan
Banyak									Sedikit
Dst.									Dst

d) Sistem penskoran

Sistem penskoran yang digunakan tergantung pada skala pengukuran. Apabila digunakan skala Thurstone, maka skor tertinggi untuk tiap butir 7 dan skor terendah 1. Demikian pula untuk instrumen dengan skala beda semantik, tertinggi 7 terendah 1. Untuk skala Likert, pada awalnya skor tertinggi tiap butir 5 dan terendah 1. Dalam pengukuran sering terjadi kecenderungan responden memilih jawaban pada kategori tiga 3 (tiga) untuk skala Likert. Untuk



menghindari hal tersebut skala Likert dimodifikasi dengan hanya menggunakan 4 (empat) pilihan, agar jelas sikap atau minat responden. Skor perolehan perlu dianalisis untuk tingkat peserta didik dan tingkat kelas, yaitu dengan mencari rerata (*mean*) dan simpangan baku skor. Selanjutnya ditafsirkan hasilnya untuk mengetahui minat masing-masing peserta didik dan minat kelas terhadap suatu mata pelajaran.

e) Telaah instrumen

Kegiatan pada telaah instrumen adalah menelaah apakah: a) butir pertanyaan/ Pernyataan sesuai dengan indikator, b) bahasa yang digunakan komunikatif dan menggunakan tata bahasa yang benar, c) butir pernyataan/ pernyataan tidak bias, d) format instrumen menarik untuk dibaca, e) pedoman menjawab atau mengisi instrumen jelas, dan f) jumlah butir dan/atau panjang kalimat pertanyaan/ pernyataan sudah tepat sehingga tidak menjemukan untuk dibaca/dijawab.

Telaah dilakukan oleh pakar dalam bidang yang diukur dan akan lebih baik bila ada pakar penilaian. Telaah bisa juga dilakukan oleh teman sejawat bila yang diinginkan adalah masukan tentang bahasa dan format instrumen. Bahasa yang digunakan adalah yang sesuai dengan tingkat pendidikan responden. Hasil telaah selanjutnya digunakan untuk memperbaiki instrumen. Panjang instrumen berhubungan dengan masalah kebosanan, yaitu tingkat kejemuhan dalam mengisi instrumen. Lama pengisian instrumen sebaiknya tidak lebih dari 30 menit. Langkah pertama dalam menulis suatu pertanyaan/ pernyataan adalah informasi apa yang ingin diperoleh, struktur pertanyaan, dan pemilihan kata-kata. Pertanyaan yang diajukan jangan sampai bias, yaitu mengarahkan jawaban responden pada arah tertentu, positif atau negatif.

Contoh pertanyaan yang bisa:

Sebagian besar pendidik setuju semua peserta didik yang menempuh ujian akhir lulus. Apakah saudara setuju bila semua peserta didik yang mengikuti ujian lulus semua?



Contoh pertanyaan yang tidak bisa:

Sebagian pendidik setuju bahwa tidak semua peserta didik harus lulus, namun sebagian lain tidak setuju. Apakah saudara setuju bila semua peserta didik yang menempuh ujian akhir lulus semua?

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan kata-kata untuk suatu kuesioner, yaitu:

- (1) Gunakan kata-kata yang sederhana sesuai dengan tingkat pendidikan responden
- (2) Pertanyaannya jangan samar-samar
- (3) Hindari pertanyaan yang bias.
- (4) Hindari pertanyaan hipotetikal atau pengandaian.

Hasil telaah instrumen digunakan untuk memperbaiki instrumen. Perbaikan dilakukan terhadap konstruksi instrumen, yaitu kalimat yang digunakan, waktu yang diperlukan untuk mengisi instrumen, cara pengisian atau cara menjawab instrumen, dan pengetikan.

f) Merakit instrumen

Setelah instrumen diperbaiki selanjutnya instrumen dirakit, yaitu menentukan format tata letak instrumen dan urutan pertanyaan/ pernyataan. Format instrumen harus dibuat menarik dan tidak terlalu panjang, sehingga responden tertarik untuk membaca dan mengisinya. Setiap sepuluh pertanyaan sebaiknya dipisahkan dengan cara memberi spasi yang lebih, atau diberi batasan garis empat persegi panjang. Urutkan pertanyaan/pernyataan sesuai dengan tingkat kemudahan dalam menjawab atau mengisinya.

g) Ujicoba instrumen

Setelah dirakit instrumen diujicobakan kepada responden, sesuai dengan tujuan penilaian apakah kepada peserta didik, kepada guru atau orang tua peserta didik. Untuk itu dipilih sampel yang karakteristiknya mewakili populasi yang ingin dinilai. Bila yang ingin dinilai adalah peserta didik SMA, maka sampelnya juga peserta didik SMA. Sampel yang diperlukan minimal 30 peserta didik, bisa berasal dari satu sekolah atau lebih. Pada saat ujicoba yang perlu dicatat adalah saran-saran dari responden atas kejelasan pedoman pengisian instrumen,



kejelasan kalimat yang digunakan, dan waktu yang diperlukan untuk mengisi instrumen. Waktu yang digunakan disarankan bukan waktu saat responden sudah lelah. Selain itu sebaiknya responden juga diberi minuman agar tidak lelah. Perlu diingat bahwa pengisian instrumen penilaian afektif bukan merupakan tes, sehingga walau ada batasan waktu namun tidak terlalu ketat. Agar responden mengisi instrumen dengan akurat sesuai harapan, maka sebaiknya instrumen dirancang sedemikian rupa sehingga waktu yang diperlukan mengisi instrumen tidak terlalu lama. Berdasarkan pengalaman, waktu yang diperlukan agar tidak jenuh adalah 30 menit atau kurang.

h) Analisis hasil ujicoba

Analisis hasil ujicoba meliputi variasi jawaban tiap butir pertanyaan/ Pernyataan. Jika menggunakan skala instrumen 1 sampai 7, dan jawaban responden bervariasi dari 1 sampai 7, maka butir pertanyaan/ pernyataan pada instrumen ini dapat dikatakan baik. Namun apabila jawabannya hanya pada satu pilihan jawaban saja, misalnya pada pilihan nomor 3, maka butir instrumen ini tergolong tidak baik. Indikator yang digunakan adalah besarnya daya beda. Bila daya beda butir instrumen lebih dari 0,30 berarti butir instrumen tergolong baik.

Indikator lain yang diperhatikan adalah indeks keandalan yang dikenal dengan indeks reliabilitas. Batas indeks reliabilitas minimal 0,70. Bila indeks ini lebih kecil dari 0,70, kesalahan pengukuran akan melebihi batas. Oleh karena itu diusahakan agar indeks keandalan instrumen minimal 0,70.

i) Perbaikan instrumen

Perbaikan dilakukan terhadap butir-butir pertanyaan/ pernyataan yang tidak baik, berdasarkan analisis hasil ujicoba. Bisa saja hasil telaah instrumen baik, namun hasil ujicoba empirik tidak baik. Untuk itu butir pertanyaan/ pernyataan instrumen harus diperbaiki. Perbaikan termasuk mengakomodasi saran-saran dari responden ujicoba. Instrumen sebaiknya dilengkapi dengan pertanyaan terbuka.

j) Pelaksanaan pengukuran

Pelaksanaan pengukuran perlu memperhatikan waktu dan ruangan yang digunakan. Waktu pelaksanaan bukan pada waktu responden sudah lelah. Ruang untuk mengisi instrumen harus memiliki cahaya (penerangan) yang cukup dan sirkulasi udara yang baik. Tempat duduk juga diatur agar responden tidak



terganggu satu sama lain. Diusahakan agar responden tidak saling bertanya pada responden yang lain agar jawaban kuesioner tidak sama atau homogen. Pengisian instrumen dimulai dengan penjelasan tentang tujuan pengisian, manfaat bagi responden, dan pedoman pengisian instrumen.

k) Penafsiran hasil pengukuran

Hasil pengukuran berupa skor atau angka. Untuk menafsirkan hasil pengukuran diperlukan suatu kriteria. Kriteria yang digunakan tergantung pada skala dan jumlah butir pertanyaan/pernyataan yang digunakan. Misalkan digunakan skala Likert yang berisi 10 butir pertanyaan/pernyataan dengan 4 (empat) pilihan untuk mengukur sikap peserta didik. Skor untuk butir pertanyaan/pernyataan yang sifatnya positif: Sangat setuju = 4; Setuju = 3; Tidak setuju = 2; Sangat tidak setuju = 1. Sebaliknya untuk pertanyaan/pernyataan yang bersifat negatif: Sangat setuju = 1; Setuju = 2; Tidak setuju = 3; Sangat tidak setuju = 4.

Skor tertinggi untuk instrumen tersebut adalah $10 \text{ butir} \times 4 = 40$, dan skor terendah $10 \text{ butir} \times 1 = 10$. Skor ini dikualifikasikan misalnya menjadi empat kategori sikap atau minat, yaitu sangat tinggi (sangat baik), tinggi (baik), rendah (kurang), dan sangat rendah (sangat kurang). Berdasarkan kategori ini dapat ditentukan minat atau sikap peserta didik. Selanjutnya dapat dicari sikap dan minat kelas terhadap mata pelajaran tertentu. Penentuan kategori hasil pengukuran sikap atau minat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.6. Kategorisasi sikap atau minat peserta didik untuk 10 butir pernyataan, dengan rentang skor 10 – 40.

No.	Skor Peserta Didik	Kategori Sikap/ Minat
1.	Lebih besar dari 35	Sangat tinggi/Sangat baik
2.	28 sampai 35	Tinggi/Baik
3.	20 sampai 28	Rendah/Kurang
4.	Kurang dari 20	Sangat rendah/Sangat kurang

Keterangan Tabel 1.6. :

1. Skor batas bawah kategori sangat tinggi atau sangat baik adalah: $0,80 \times 40 = 32$, dan batas atasnya 40.
2. Skor batas bawah pada kategori tinggi atau baik adalah: $0,70 \times 40 = 28$, dan skor batas atasnya adalah 35.



3. Skor batas bawah pada kategori rendah atau kurang adalah: $0,50 \times 40 = 20$, dan skor batas atasnya adalah 27.
4. Skor yang tergolong pada kategori sangat rendah atau sangat kurang adalah kurang dari 20.

Tabel 1.7. Kategorisasi sikap atau minat kelas

No.	Skor Rata – Rata Kelas	Kategori Sikap/ Minat
1.	Lebih besar dari 35	Sangat tinggi/Sangat baik
2.	28 sampai 35	Tinggi/Baik
3.	28 sampai 35	Rendah/Kurang
4	Kurang dari 20	Sangat rendah/Sangat kurang

Keterangan:

1. Rata-rata skor kelas: jumlah skor semua peserta didik dibagi jumlah peserta didik di kelas yang bersangkutan.
2. Skor batas bawah kategori sangat tinggi atau sangat baik adalah: $0,80 \times 40 = 36$, dan batas atasnya 40.
3. Skor batas bawah pada kategori tinggi atau baik adalah: $0,70 \times 40 = 28$, dan skor batas atasnya adalah 35.
4. Skor batas bawah pada kategori rendah atau kurang adalah: $0,50 \times 40 = 20$, dan skor batas atasnya adalah 27.
5. Skor yang tergolong pada kategori sangat rendah atau sangat kurang adalah kurang dari 20.

Pada Tabel 1.6 dapat diketahui minat atau sikap tiap peserta didik terhadap tiap mata pelajaran. Bila sikap peserta didik tergolong rendah, maka peserta didik harus berusaha meningkatkan sikap dan minatnya dengan bimbingan pendidik. Sedang bila sikap atau minat peserta didik tergolong tinggi, peserta didik harus berusaha mempertahankannya.

Tabel 1.7 menunjukkan minat atau sikap kelas terhadap suatu mata pelajaran. Dalam pengukuran sikap atau minat kelas diperlukan informasi tentang minat atau sikap setiap peserta didik terhadap suatu objek, seperti mata pelajaran. Hasil pengukuran minat kelas untuk semua mata pelajaran berguna untuk membuat profil minat kelas. Jadi satuan pendidikan akan memiliki peta



minat kelas dan selanjutnya dikaitkan dengan profil prestasi belajar. Umumnya peserta didik yang berminat pada mata pelajaran tertentu prestasi belajarnya untuk mata pelajaran tersebut baik.

8. Observasi

Penilaian ranah afektif peserta didik selain menggunakan kuesioner juga bisa dilakukan melalui observasi atau pengamatan. Prosedurnya sama, yaitu dimulai dengan penentuan definisi konseptual dan definisi operasional. Definisi konseptual kemudian diturunkan menjadi sejumlah indikator. Indikator ini menjadi isi pedoman observasi. Misalnya indikator peserta didik berminat pada mata pelajaran biologi adalah kehadiran di kelas, kerajinan dalam mengerjakan tugas-tugas, banyaknya bertanya, kerapihan dan kelengkapan catatan. Hasil observasi akan melengkapi informasi dari hasil kuesioner. Dengan demikian informasi yang diperoleh akan lebih akurat, sehingga kebijakan yang ditempuh akan lebih tepat.

9. Pengembangan Instrumen Penilaian Ranah Keterampilan

Menurut Ebel (1972), ada kaitan erat antara tujuan yang akan dicapai, metode pembelajaran, dan evaluasi yang akan dilaksanakan. Oleh karena ada perbedaan titik berat tujuan pembelajaran psikomotor dan kognitif maka strategi pembelajarannya juga berbeda. Menurut Mills (1977), pembelajaran keterampilan akan efektif bila dilakukan dengan menggunakan prinsip belajar sambil mengerjakan (*learning by doing*). Leighbody (1968) menjelaskan bahwa keterampilan yang dilatih melalui praktik secara berulang-ulang akan menjadi kebiasaan atau otomatis dilakukan. Sementara itu Goetz (1981) dalam penelitiannya melaporkan bahwa latihan yang dilakukan berulang-ulang akan memberikan pengaruh yang sangat besar pada pematangan keterampilan. Lebih lanjut dalam penelitian itu dilaporkan bahwa pengulangan saja tidak cukup menghasilkan prestasi belajar yang tinggi, namun diperlukan umpan balik yang relevan yang berfungsi untuk memantapkan kebiasaan. Sekali berkembang maka kebiasaan itu tidak pernah mati atau hilang.

Sementara itu, Gagne (1977) berpendapat bahwa kondisi yang dapat mengoptimalkan hasil belajar keterampilan ada dua macam, yaitu kondisi internal dan eksternal. Untuk kondisi internal dapat dilakukan dengan cara 1) mengingatkan kembali bagian dari keterampilan yang sudah dipelajari, dan 2)



mengingatkan prosedur atau langkah-langkah gerakan yang telah dikuasai. Sementara itu untuk kondisi eksternal dapat dilakukan dengan 1) instruksi verbal, 2) gambar, 3) demonstrasi, 4) praktik, dan 5) umpan balik.

Dalam melatih kemampuan psikomotor atau keterampilan gerak ada beberapa langkah yang harus dilakukan agar pembelajaran mampu membuahkan hasil yang optimal. Mills (1977) menjelaskan bahwa langkah-langkah dalam mengajar praktik adalah 1) menentukan tujuan dalam bentuk perbuatan, 2) menganalisis keterampilan secara rinci dan berurutan, 3) mendemonstrasikan keterampilan disertai dengan penjelasan singkat dengan memberikan perhatian pada butir-butir kunci termasuk kompetensi kunci yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dan bagian-bagian yang sukar, 4) memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mencoba melakukan praktik dengan pengawasan dan bimbingan, 5) memberikan penilaian terhadap usaha peserta didik.

Edwardes (1981) menjelaskan bahwa proses pembelajaran praktik mencakup tiga tahap, yaitu (a) penyajian dari pendidik, (b) kegiatan praktik peserta didik, dan (c) penilaian hasil kerja peserta didik. Guru harus menjelaskan kepada peserta didik kompetensi kunci yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Kompetensi kunci adalah kemampuan utama yang harus dimiliki seseorang agar tugas atau pekerjaan dapat diselesaikan dengan cara benar dan hasilnya optimal. Sebagai contoh, dalam memukul bola, kompetensi kuncinya adalah kemampuan peserta didik menempatkan bola pada titik ayun. Dengan cara ini, tenaga yang dikeluarkan hanya sedikit namun hasilnya optimal. Contoh lain, dalam mengendorkan mur dari bautnya, kompetensi kuncinya adalah kemampuan peserta didik memegang kunci pas secara tepat yakni di ujung kunci. Dengan cara ini tenaga yang dikeluarkan untuk mengendorkan mur jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan pengendorkan mur dengan cara memegang kunci pas yang tidak tepat.

Dalam proses pembelajaran keterampilan, keselamatan kerja tidak boleh dikesampingkan, baik bagi peserta didik, bahan, maupun alat. Leighbody (1968) menjelaskan bahwa keselamatan kerja tidak dapat dipisahkan dari proses pembelajaran psikomotor. Guru harus menjelaskan keselamatan kerja kepada peserta didik dengan sejelas-jelasnya. Oleh karena kompetensi kunci dan



keselamatan kerja merupakan dua hal penting dalam pembelajaran keterampilan, maka dalam penilaian kedua hal itu harus mendapatkan porsi yang tinggi.

Beberapa ahli yang menjelaskan cara menilai hasil belajar psikomotor. Ryan (1980) menjelaskan bahwa hasil belajar keterampilan dapat diukur melalui 1) pengamatan langsung dan penilaian tingkah laku peserta didik selama proses pembelajaran praktik berlangsung, 2) sesudah mengikuti pembelajaran, yaitu dengan jalan memberikan tes kepada peserta didik untuk mengukur pengetahuan, keterampilan, dan sikap, 3) beberapa waktu sesudah pembelajaran selesai dan kelak dalam lingkungan kerjanya. Sementara itu Leighbody (1968) berpendapat bahwa penilaian hasil belajar psikomotor mencakup: 1) kemampuan menggunakan alat dan sikap kerja, 2) kemampuan menganalisis suatu pekerjaan dan menyusun urutan pengerjaan, 3) kecepatan mengerjakan tugas, 4) kemampuan membaca gambar dan atau simbol, 5) keserasian bentuk dengan yang diharapkan dan atau ukuran yang telah ditentukan.

Dari penjelasan di atas dapat dirangkum bahwa dalam penilaian hasil belajar psikomotor atau keterampilan harus mencakup persiapan, proses, dan produk. Penilaian dapat dilakukan pada saat proses berlangsung yaitu pada waktu peserta didik melakukan praktik, atau sesudah proses berlangsung dengan cara mengetes peserta didik.

Tes untuk mengukur ranah psikomotorik adalah tes untuk mengukur penampilan atau kinerja (*performance*) yang telah dikuasai oleh peserta didik. Tes tersebut dapat berupa tes *paper and pencil*, tes identifikasi, tes simulasi, dan tes unjuk kerja.

1) Tes simulasi

Kegiatan psikomotorik yang dilakukan melalui tes ini, jika tidak ada alat yang sesungguhnya yang dapat dipakai untuk memperagakan penampilan peserta didik, sehingga peserta didik dapat dinilai tentang penguasaan keterampilan dengan bantuan peralatan tiruan atau berperaga seolah-olah menggunakan suatu alat yang sebenarnya.



2) Tes unjuk kerja (work sample)

Kegiatan psikomotorik yang dilakukan melalui tes ini, dilakukan dengan sesungguhnya dan tujuannya untuk mengetahui apakah peserta didik sudah menguasai/terampil menggunakan alat tersebut. Misalnya dalam melakukan praktik pengaturan lalu lintas lalu lintas di lapangan yang sebenarnya

Tes simulasi dan tes unjuk kerja, semuanya dapat diperoleh dengan observasi langsung ketika peserta didik melakukan kegiatan pembelajaran. Lembar observasi dapat menggunakan daftar cek (*check-list*) ataupun skala penilaian (*rating scale*). Psikomotorik yang diukur dapat menggunakan alat ukur berupa skala penilaian terentang dari sangat baik, baik, kurang, kurang, dan tidak baik.

Secara teknis penilaian ranah psikomotor dapat dilakukan dengan pengamatan (perlu lembar pengamatan) dan tes perbuatan.

Dalam ranah psikomotorik yang diukur meliputi:

- a) Gerak refleks,
- b) Gerak dasar fundamen,
- c) Keterampilan perseptual; diskriminasi kinestetik, diskriminasi visual, diskriminasi auditoris, diskriminasi taktis, keterampilan perseptual yang terkoordinasi,
- d) Keterampilan fisik,
- e) Gerakan terampil,
- f) Komunikasi non diskusi (tanpa bahasa-melalui gerakan) meliputi: gerakan ekspresif, gerakan interprestatif.

CONTOH PENILAIAN PSIKOMOTOR

Contoh Tes Praktik

Topik : Cara kerja Enzim

Kompetensi Inti : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.



- KD : 4.2. Melaksanakan percobaan dan menyusun laporan hasil percobaan tentang cara kerja enzim, fotosintesis, respirasi anaerob secara tertulis dengan berbagai media.
- Indikator : Merangkai alat percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi cara kerja enzim dan melakukan percobaan kerja enzim katalase.

Lembar Pengamatan

Topik:

Kelas:

No	Nama	Persiapan Percobaan	Pelaksanaan Percobaan	Kegiatan Akhir Percobaan	Jumlah Skor
1.				
2.					

Rubrik

No	Keterampilan yang dinilai	Skor	Rubrik
1	Persiapan Percobaan (Menyiapkan alat Bahan)	30	<ul style="list-style-type: none"> • Alat-alat tertata rapih sesuai dengan keperluannya • Rangkaian alat percobaan tersusun dengan benar dan tepat • Bahan-bahan tersedia di gelas kimia dengan konsentrasi yang sudah ditentukan.
		20	Ada 3 aspek yang tersedia
		10	Ada 2 aspek yang tersedia
2	Pelaksanaan Percobaan	30	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan cetrifuge dengan tepat • Membuat ekstrak hati sehingga menjadi supernatan yang diperlukan dengan tepat • Menuangkan H_2O_2 ke dalam tabung reaksi dengan konsentrasi yang tepat • Mengamati hasil percobaan dengan tepat
		20	Ada 3 aspek yang tersedia
		10	Ada 2 aspek tang tersedia
3	Kegiatan akhir praktikum	30	<ul style="list-style-type: none"> • Membuang larutan atau sampah ketempatnya • Membersihkan alat dengan baik • Membersihkan meja praktikum



No	Keterampilan yang dinilai	Skor	Rubrik
			• Mengembalikan alat ke tempat semula
		20	Ada 3 aspek yang tersedia
		10	Ada 2 aspek yang tersedia

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang disarankan dalam mempelajari modul ini adalah melalui diskusi kelompok dan latihan individu. Beberapa panduan diskusi kelompok dan latihan individu, disajikan pada bagian G.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan mengembangkan instrumen penilaian pengetahuan, sikap, dan keterampilan

Perancangan Penilaian Dalam Pembelajaran Biologi

Tujuan Kegiatan: Melalui kegiatan ini diharapkan peserta mampu merancang instrumen penilaian sikap, pengetahuan dan keterampilan dalam pembelajaran Biologi.

Langkah Kegiatan:

1. Cermati contoh-contoh pengembangan instrumen penilaian kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan serta lembar kerja perancangan instrumen penilaian, diskusikan dalam kelompok!
2. Pilihlah satu subtopik/submateri/subtema untuk dari satu KD, sebaiknya dipilih sesuai dengan subtopik/submateri/subtema yang telah dibahas oleh kelompok Anda sebelumnya
3. Rancanglah contoh instrumen penilaian sikap, pengetahuan dan keterampilan pada format untuk masing-masing bentuk penilaian.
4. Presentasikan hasil kerja kelompok Anda
5. Perbaiki rancangan instrumen penilaian jika ada saran atau usulan perbaikan



a. Instrumen Penilaian Kompetensi Sikap

1) Penilaian Kompetensi Sikap Melalui Observasi

Penilaian Sikap Kegiatan Praktikum/Diskusi

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian Kompetensi	:	_____

Instrumen:

2) Penilaian Sikap melalui Penilaian Diri

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian Kompetensi	:	_____

Instrumen:

3) Penilaian Antar Peserta Didik

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____

Instrumen:



4) Penilaian Sikap melalui Jurnal

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____

Instrumen:

b. Instrumen Penilaian Kompetensi Pengetahuan

1) Tes Tulis

a) Soal Pilihan Ganda

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian Kompetensi	:	_____

Instrumen

b) Soal Uraian

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian Kompetensi	:	_____

Instrumen



2) Observasi Terhadap Diskusi/ Tanya Jawab

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian	:	_____
Kompetensi		

Instrumen

3) Penugasan

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian	:	_____
Kompetensi		

Instrumen

c. Instrumen Penilaian Kompetensi Keterampilan

a. Penilaian Praktik

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian	:	_____
Kompetensi		

Instrumen



b. Penilaian Proyek

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian	:	_____
Kompetensi		

Instrumen

c. Penilaian Produk

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____
Indikator Pencapaian	:	_____
Kompetensi		

Instrumen:

d. Penilaian Portofolio

Mata Pelajaran	:	_____
Kelas/Semester	:	_____
Kompetensi Dasar	:	_____
Topik/Subtopik	:	_____

Instrumen



F. Rangkuman

Langkah-langkah dalam mengembangkan instrumen : (1) menentukan tujuan tes, (2) menentukan kompetensi yang akan diujikan, (3) menentukan materi yang diujikan, (4) menetapkan penyebaran butir soal berdasarkan kompetensi, materi, dan bentuk penilaiannya, (5) menyusun kisi-kisinya, (6) menulis butir soal, (7) memvalidasi butir soal atau menelaah secara kualitatif, (8) merakit soal menjadi perangkat tes, (9) menyusun pedoman penskorannya (10) uji coba butir soal, (11) analisis butir soal secara kuantitatif dari data empirik hasil uji coba, dan (12) perbaikan soal berdasarkan hasil analisis.

Setiap butir soal yang ditulis harus berdasarkan rumusan indikator soal yang sudah disusun dalam kisi-kisi dan berdasarkan kaidah penulisan soal bentuk obyektif dan kaidah penulisan soal uraian.

Langkah dalam mengembangkan instrumen penilaian afektif, yaitu (1) menentukan spesifikasi instrumen; (2) menulis instrumen; (3) menentukan skala instrumen; (4) menentukan pedoman penskoran; (5) menelaah instrumen; (6) merakit instrumen; (7) melakukan ujicoba; (8) menganalisis hasil ujicoba; (9) memperbaiki instrumen; (10) melaksanakan pengukuran; (11) menafsirkan hasil pengukuran.

Hasil belajar keterampilan dapat diukur mencakup (1) kemampuan menggunakan alat dan sikap kerja; (2) kemampuan menganalisis suatu pekerjaan dan menyusun urutan pengerjaan; (3) kecepatan mengerjakan tugas; (4) kemampuan membaca gambar dan atau simbol; (5) keserasian bentuk dengan yang diharapkan dan atau ukuran yang telah ditentukan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda mempelajari modul dan mengikuti kegiatan pembelajaran tentang Pengembangan Instrumen Penilaian, Anda dapat mengevaluasi diri dengan cara menganalisis kemampuan Anda dalam menyelesaikan soal latihan. Jika Anda dapat mengerjakan soal latihan dengan benar di atas 75%, maka Anda dapat melanjutkan ke materi berikutnya. Tetapi jika di bawah 75% silahkan Anda pelajari ulang materi ini dengan menambah referensi lain untuk pelajari dan berdiskusi untuk memperdalam materi.



Pedoman singkat diskusi kelompok.

Untuk melakukan diskusi kelompok ada beberapa langkah yang harus dilakukan diantaranya:

1. Merinci, menjelaskan dan membahas tujuan yang ingin dicapai.
 - a. Tujuan kelompok diskusi fokus harus jelas. Apa yang ingin diketahui dari pembahasan di dalam kelompok diskusi fokus.
 - b. Sebaiknya tujuan (dan rencana) kelompok diskusi fokus dibahas dengan instansi yang akan memanfaatkan hasilnya.
 - c. Juga perlu dibahas dengan ahli-ahli yang bersangkutan. Ini akan membantu pelaksanaan kelompok diskusi fokus untuk menyusun pertanyaan yang terarah.
 - d. Sebaiknya tujuan dirinci dan dibahas sampai matang sebelum menyusun pertanyaan awal.
2. Menyusun pertanyaan-pertanyaan awal.
 - a. Mulai dengan mencatat pertanyaan yang ingin ditelusuri.
 - b. Pilih pertanyaan yang dapat merangsang partisipasi dalam pembicaraan. Susun pertanyaan di dalam urutan yang logis.
 - c. Susun pertanyaan dalam bentuk kalimat sederhana.
3. Menentukan anggota kelompok.
4. Menyusun jadwal
5. Mempersiapkan pedoman bagi pelaksana.
 - a. Pedoman itu harus menjelaskan peranan pemimpin dan notulen di dalam kelompok diskusi fokus.
 - b. Pedoman itu harus menjelaskan cara seleksi anggota kelompok dan mengatur lingkungan kelompok diskusi fokus.
 - c. Pedoman itu harus menjelaskan cara merekam, mengolah, menganalisa dan melaporkan hasil kelompok diskusi fokus. Jika hasilnya tidak direkam dan/atau dicatat dengan baik nanti akan sulit membuat analisa yang baik dan bermanfaat.
6. Sumber: Pedoman kelompok diskusi focus:
http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABI027.pdf

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

Setelah Anda mencoba untuk mengerjakan soal latihan, silahkan Anda periksa apakah jawaban sudah sesuai dengan rubrik berikut.

Rubrik Perancangan Penilaian dalam Pembelajaran Biologi

Rubrik penilaian ini digunakan fasilitator untuk menilai hasil rancangan instrumen penilaian kompetensi sikap, kompetensi pengetahuan dan kompetensi keterampilan. Pada penilaian kompetensi sikap peserta ditugaskan dalam kelompoknya membuat instrumen observasi, penilaian sikap melalui penilaian diri, penilaian antar peserta didik dan penilaian sikap melalui jurnal. Pada penilaian pengetahuan peserta ditugaskan membuat instrumen tes tertulis (Pilihan Ganda dan Uraian), observasi diskusi, tanya jawab dan percakapan dan penugasan, sedangkan pada penilaian kompetensi keterampilan peserta ditugaskan membuat instrumen penilaian praktik, proyek dan produk dan portofolio.

Langkah-langkah penilaian

1. Cermati tugas yang diberikan kepada peserta pelatihan pada LK 3.3!
2. Berikan nilai pada hasil kerja peserta pelatihan sesuai dengan penilaian Anda terhadap produk tersebut menggunakan kriteria penilaian nilai sebagai berikut

Penilaian Kompetensi Sikap

PERINGKAT	NILAI	KRITERIA
Amat Baik (AB)	$90 < AB \leq 100$	1. Terdapat identitas instrumen : KD, topik, sub topik dengan lengkap 2. Terdapat indikator yang dirumuskan dengan benar 3. Terdapat empat bentuk instrumen penilaian kompetensi sikap 4. Seluruh instrumen penilaian dibuat sesuai kriteria



		pengembangannya
Baik (B)	$80 < B \leq 90$	Ada 3 aspek sesuai dengan kriteria, 1 aspek kurang sesuai
Cukup (C)	$70 < C \leq 80$	Ada 2 aspek sesuai dengan kriteria, 2 aspek kurang sesuai
Kurang (K)	≤ 70	Ada 1 aspek sesuai dengan kriteria, 3 aspek kurang sesuai

Penilaian Kompetensi Pengetahuan

PERINGKAT	NILAI	KRITERIA
Amat Baik (AB)	$90 < AB \leq 100$	<ol style="list-style-type: none">1. Terdapat identitas instrumen : KD, topik, sub topik dengan lengkap2. Terdapat indikator yang dirumuskan dengan benar3. Terdapat tiga bentuk instrumen penilaian kompetensi pengetahuan4. Seluruh instrumen penilaian dibuat sesuai kriteria pengembangannya
Baik (B)	$80 < B \leq 90$	Ada 3 aspek sesuai dengan kriteria, 1 aspek kurang sesuai
Cukup (C)	$70 < C \leq 80$	Ada 2 aspek sesuai dengan kriteria, 2 aspek kurang sesuai
Kurang (K)	≤ 70	Ada 1 aspek sesuai dengan kriteria, 3 aspek kurang sesuai

Penilaian Kompetensi Keterampilan

PERINGKAT	NILAI	KRITERIA
Amat Baik (AB)	$90 < AB \leq 100$	<ol style="list-style-type: none">1. Terdapat identitas instrumen : KD, topik, sub topik dengan lengkap2. Terdapat indikator yang dirumuskan dengan benar3. Terdapat empat bentuk instrumen penilaian kompetensi keterampilan4. Seluruh instrumen penilaian dibuat sesuai kriteria pengembangannya
Baik (B)	$80 < B \leq 90$	Ada 3 aspek sesuai dengan kriteria, 1 aspek kurang sesuai
Cukup (C)	$70 < C \leq 80$	Ada 2 aspek sesuai dengan kriteria, 2 aspek kurang sesuai
Kurang (K)	≤ 70	Ada 1 aspek sesuai dengan kriteria, 3 aspek kurang sesuai

EVALUASI

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Berikut ini beberapa kriteria dalam menilai keterampilan siswa
 1. menentukan berat tanaman dengan alat ukur berat
 2. Mengukur diameter batang tanaman dengan meteran pita
 3. mengamati tekstur daun dengan kaca pembesar
 4. menentukan tekstur batang dengan merabanya langsung
 5. mengukur lebar daun dengan jangka sorong

Guru berencana membuat instrumen observasi untuk menilai keterampilan siswa pada kegiatan praktik klasifikasi pohon yang ada di lingkungan sekolah. Kriteria yang tepat dapat digunakan oleh guru di dalam instrumennya adalah

- | | |
|------------|------------|
| A. 1, 2, 3 | C. 1, 3, 5 |
| B. 2, 3, 4 | D. 2, 3, 5 |
2. Berikut ini beberapa aspek yang dapat digunakan dalam penilaian keterampilan.
 1. Menimbang bahan menggunakan neraca dengan tepat
 2. Menuangkan pelarut ke dalam tabung dengan baik
 3. Mengukur tinggi larutan di dalam tabung dengan tepat
 4. Mencampurkan zat terlarut dan pelarut dengan baik
 5. Mencatat data volume awal dan volume akhir larutan dengan tepatPak Ridwan akan membuat instrumen penilaian Keterampilan siswa pada saat membuat larutan gula 10%. Aspek-aspek keterampilan yang dapat digunakan dalam instrumen yang di buat oleh Pak Ridwan adalah
- | | |
|------------|------------|
| A. 1, 3, 5 | C. 2, 3, 4 |
| B. 1, 2, 4 | D. 2, 3, 5 |



3. Berikut ini beberapa aspek yang dapat digunakan dalam penilaian keterampilan.
1. Membawa mikroskop pada tangkai dan alasnya
 2. Meletakkan mikroskop dengan cermin tidak mengarah langsung ke matahari
 3. Menaruh preparat pada meja benda dan menguncinya
 4. Menghisap kelebihan air pada preparat
 5. Meneteskan minyak imersi pada preparat
 6. Mengamati dengan perbesaran lemah dulu
 7. Menjaga kebersihan mikroskop dan tempatnya
 8. Menaruh kembali mikroskop dalam posisi tegak

Kriteria penilaian keterampilan menggunakan mikroskop yang dapat digunakan guru IPA pada saat menilai siswa mengamati struktur batang jagung melalui preparat awetan adalah

- | | |
|---------------------|---------------------|
| A. 1, 2, 3, 4, 5, 6 | C. 1, 2, 3, 6, 7, 8 |
| B. 1, 2, 4, 5, 6, 7 | D. 1, 3, 4, 6, 7, 8 |
4. Berikut ini beberapa kesalahan yang dapat terjadi dalam membuat instrumen tes uraian.
1. Kalimat pertanyaan terlalu singkat
 2. Batasan jawaban tidak jelas
 3. Subjek pertanyaan tidak jelas
 4. Bahasa Indonesia yang digunakan tidak baku
 5. Pertanyaan mengarah ke jawaban benar

Di bawah ini salah satu contoh instrumen yang salah.

Jelaskan dampak pencemaran bagi manusia?

Kesalahan pada instrumen tersebut adalah

- | | |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | C. 3 dan 4 |
| B. 2 dan 3 | D. 4 dan 5 |
5. Berikut ini contoh instrumen tes yang dibuat oleh Ibu Ani.

Sebuah benda terbuat dari besi didorong dengan gaya 5 N sehingga berpindah sejauh 50 cm. Berapakan energi yang digunakan untuk memindahkan benda

Instrumen yang dibuat Ibu Ani tidak memenuhi kaidah yang baik karena



- A. subjek pertanyaan tidak jelas
 - B. petunjuk penyelesaian soal tidak lengkap
 - C. kalimatnya susah dimengerti
 - D. dapat memunculkan banyak jawaban
6. Berikut ini contoh instrumen pilihan ganda yang salah.

Generator listrik di Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) Sigura-gura digerakkan oleh
... .

- a. tenaga air
- b. tenaga uap panas
- c. tenaga gas bumi
- d. tenaga solar

Kesalahan pada instrumen tersebut adalah

- A. subjek pertanyaan tidak jelas
 - B. bahasa Indonesia yang digunakan tidak baku
 - C. pertanyaan mengarah ke jawaban benar
 - D. pilihan Jawaban tidak homogen
7. Berikut ini beberapa indikator sikap.
- 1. Melibatkan diri secara aktif dalam praktikum di kelompoknya
 - 2. Melakukan tugas sesuai kesepakatan kelompok
 - 3. Menerima kekurangan teman kelompoknya pada saat praktik
 - 4. Membantu teman kelompoknya tanpa diminta
 - 5. Mendorong temannya untuk mencapai tujuan kelompok
 - 6. Menerima koreksi dari teman kelompok

Indikator yang dapat digunakan Pak Wahid ketika akan menyusun instrumen sikap kerjasama siswa pada saat praktikum adalah....

- A. 1, 2, 3, 4
 - B. 1, 2, 4, 5
 - C. 2, 3, 4, 5
 - D. 2, 4, 5, 6
8. Indikator-indikator sikap peduli lingkungan yang dapat digunakan dalam instrumen untuk menilai siswa pada saat praktik kerja di laboratorium adalah...
- A. menggunakan bahan praktik dengan tepat ; memilah sampah pada saat membuangnya ; menggunakan air dengan bijaksana ; membuang limbah cair ke bak cuci



- B. menggunakan bahan praktik seperlunya; memilah sampah pada saat membuangnya ; menyimpan bahan pada tempat yang tepat ; menuangkan larutan dengan tepat
- C. menggunakan bahan praktik dengan cermat ; menggunakan air dengan bijaksana ; menuangkan larutan dengan cermat; membuang limbah cairan ke bak cuci
- D. menggunakan bahan praktik dengan seperlunya ; memilah sampah pada saat membuangnya; menggunakan air dengan bijaksana ; membuang limbah cairan ke penampungan
9. Berikut ini contoh pernyataan pada kuesioner kepedulian lingkungan untuk siswa SMP.

No	Pernyataan	Pilihan Jawaban			
		SS	S	KS	S
1.	.....			
2.	Saya selalu membersihkan alat dan bahan praktik yang telah saya gunakan				
3.					
4.					

Contoh tersebut merupakan pernyataan yang kurang baik karena

- A. bahasa tidak disesuaikan dengan kemampuan responden
- B. kalimat yang disampaikan memiliki respons ganda
- C. pernyataan menggiring ke arah respons yang diinginkan
- D. pernyataan tidak berkaitan dengan tujuan penilaian

PENUTUP

Modul Pedagogik Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Guru Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi G yang berjudul Pengembangan Instrumen Penilaian Pembelajaran disiapkan untuk guru pada kegiatan diklat 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 G. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan diklat ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dsb. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat.

Untuk pencapaian kemampuan pada Kelompok Kompetensi G, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul. Bagi anda yang menggunakan modul ini dalam pelaksanaan moda tatap muka kombinasi (*in-on-in*), anda masih perlu menyelesaikan beberapa kegiatan pembelajaran secara mandiri ataupun kolaboratif bersama rekan guru di sekolah masing-masing (*on the job learning*). Adapun pembelajaran mandiri yang perlu anda lakukan adalah kegiatan non eksperimen dan latihan soal pilihan ganda. Produk pembelajaran yang telah anda hasilkan selama *on the job learning* akan menjadi tagihan yang akan dipresentasikan dan dikonfirmasi pada kegiatan tatap muka kedua (*in-2*).

Semoga modul ini membantu anda meningkatkan pemahaman konten, penguasaan materi dan keterampilan pada topik Pengembangan Instrumen Penilaian Pembelajaran. Modul ini masih dalam penyempurnaan, dengan demikian masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

National Research Council. 1996. *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.

National Science Teacher Association. 1998. *Standards for Science Teacher Preparation*

National Science Teacher Association. 2003. *Standards for Science Teacher Preparation*

Poerwanti, E. 2012. *Standar Penilaian Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP)*. Diunduh dari <http://staff.unila.ac.id/ngadimunhd/files/2012/03/2-Standar-Penilaian-Sesuai-BSNP.pdf>

Ratna Wulan, A. 2008. *Penilaian Proses dan Hasil Pembelajaran Biologi (Materi Perkuliahan Evaluasi Pembelajaran)*, Bandung, Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA - UPI

Safari, M.A. 2005. *Penulisan Butir Soal Berdasarkan Penilaian Berbasis Kompetensi*, Asosiasi Pengawas Sekolah Indonesia, DEPDIKNAS

Stiggins, Richard J. 1994. *Student-Centered Classroom Assessment*, New York: Merrue an Imprint of Macmillan College Publishing Co.

Suharto & Tim Peneliti Program Pasca Sarjana. 2001. *Pedoman Khusus Pengembangan Sistem Pengujian Hasil Belajar Berbasis Kemampuan Dasar Peserta didik Sekolah Menengah Umum (SMU) Mata Pelajaran Kimia*, Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Yogyakarta.

Sumber Referensi

1. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. Permendikbud No. 54 Tahun 2013 Tentang Standar Kompetensi Lulusan. Kemdikbud, Jakarta



2. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. Permendikbud No. 64 Tahun 2013 Tentang Standar Isi. Kemdikbud, Jakarta
3. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. Permendikbud No. 65 Tahun 2013 Tentang Standar Proses. Kemdikbud, Jakarta
4. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2014. Permendikbud No. 59 Tahun 2014 Tentang Kurikulum SMA/MA. Kemdikbud, Jakarta
5. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2014. Permendikbud No. 64 Tahun 2014 Tentang Peminatan pada Pendidikan Menengah, Kemdikbud, Jakarta
6. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2014. Permendikbud No. 103 Tahun 2014 Tentang Pembelajaran di Sekolah, Jakarta
7. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2014. Permendikbud No. 104 Tahun 2014 Tentang Penilaian Hasil Belajar, Jakarta
8. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2015. Modul Pelatihan Kurikulum 2013. Kemdikbud, Jakarta
9. Rustaman, N. 2010. Strategi Belajar Mengajar Biologi. UM Press. Malang
10. Kemdikbud. 2014. Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013 Tahun Ajaran 2015. Jakarta

GLOSARIUM

- Indikator Pencapaian Kompetensi : - 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.

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN BIOLOGI SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN KARAKTER

KELOMPOK KOMPETENSI G

POLA HEREDITAS, SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA, DAN FERMENTASI

■ Dr. Eneng Susilawati, M.Sc., dkk.



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

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

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

KELOMPOK KOMPETENSI G

**POLA HEREDITAS, SISTEM REPRODUKSI
PADA MANUSIA, DAN FERMENTASI**

Penulis:

Dr. Eneng Susilawati, M.Sc., 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 2017

MODUL

PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

MATA PELAJARAN BIOLOGI SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI G

POLA HEREDITAS, SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA, DAN FERMENTASI

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

Dr. Eneng Susilawati, M.Sc

022-4231191

eneng.sedec@gmail.com

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

022-4231191

anysuhaeny@yahoo.com

Yanni Puspitaningsih, M.Si.

022-4231191

iko_yanni@yahoo.com

Drs. Moh. Syarif, M.Si.

022-4231191

syarifp4tkipa@gmail.com

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

022-4231191

agus_p3g@yahoo.com

Penyunting

Dr. Dedi Herawadi, M.Si.

Penelaah

Dr. Riandi, M.Si.

Dr. Mia Nurkanti., M.Kes.

Penata Letak

M. Asep Ferry Ginanjar

Copyright ©2017

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 dan berkarakter prima. 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 Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan merupakan upaya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan dalam upaya peningkatan kompetensi guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta profil yang menunjukkan kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan pedagogik dan profesional. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG pada tahun 2016 dan akan dilanjutkan pada tahun 2017 ini dengan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru dilaksanakan melalui tiga moda, yaitu: 1) Moda Tatap Muka, 2) Moda Daring Murni (*online*), dan 3) Moda Daring Kombinasi (kombinasi antara tatap muka dengan daring).



Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan 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 Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru moda tatap muka dan moda daring untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru. Mari kita sukseskan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Maret 2017
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 195908011985032001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) mata pelajaran Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*Learning Material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar mandiri, fleksibel dan pro-aktif, sesuai kondisi dan kebutuhan penguatan kompetensi yang ditetapkan dalam Standar Kompetensi Guru.

Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan yang merupakan salah satu program PPPPTK IPA ini disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru pasca 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 Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan ini dibuat untuk masing-masing mata pelajaran yang dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogik 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.

Penyempurnaan modul ini telah dilakukan secara terpadu dengan mengintegrasikan penguatan pendidikan karakter dan kebutuhan penilaian



peserta didik di sekolah dan ujian yang berstandar nasional. Hasil dari integrasi tersebut telah dijabarkan dalam bagian-bagian modul yang terpadu, sesuai materi yang relevan.

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 email p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara dan Staf PPPPTK IPA, Dosen dan Guru 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 2017

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	x
PENDAHULUAN	
	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Cara Penggunaan Modul	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN	
	9
I. POLA HEREDITAS	9
A. Tujuan	10
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	10
C. Uraian Materi	10
D. Aktivitas Pembelajaran	28
E. Latihan/Kasus/Tugas	32
F. Rangkuman	35
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	36
II. SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA	37
A. Tujuan	37
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	38
C. Uraian Materi	38
D. Aktivitas Pembelajaran	60
E. Latihan/Kasus/Tugas	63
F. Rangkuman	65
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	66

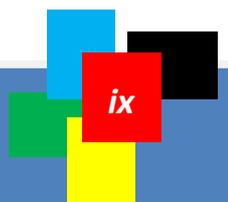


III. FERMENTASI	75
A. Tujuan	75
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	75
C. Uraian Materi	76
D. Aktivitas Pembelajaran	80
E. Latihan/Kasus/Tugas	84
F. Rangkuman	87
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	88
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	79
EVALUASI	81
PENUTUP	82
DAFTAR PUSTAKA	83
GLOSARIUM	94



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	2
Tabel 1.1	Gagal Berpisah dalam Kromosom Sex	18
Tabel 1.2	Sifat Fisik Dominan dan Sifat Fisik Resesif pada Manusia	21
Tabel 1.3	Genotip dan Fenotip Hemofilia pada Wanita dan Laki-laki	24
Tabel 1.4	Penggolongan Darah Sistem AB0	25
Tabel 1.5	Fenotip dan Genotip Golongan Darah	25



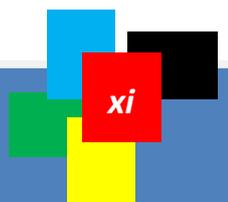


DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi	6
Gambar 1.1	Peta Genetik suatu bagian Kromosom Drosophila	12
Gambar 1.2	Diagram pindah silang selama meiosis	13
Gambar 1.3	Sel Darah Individu Heterozigot Sicklemia	16
Gambar 1.4	Penderita Sindrom Down mempunyai kelebihan kromosom yaitu mempunyai 3 kopi kromosom nomor 21	17
Gambar 1.5	Kromosom lalat buah disusun secara berpasangan	18
Gambar 1.6	Hubungan kromosom dengan determinasi seks pada lalat buah	19
Gambar 1.7	Determinasi Sex pada Manusia	19
Gambar 1.8	Penyilangan morgan pada lalat buah	20
Gambar 1.9	Albino : sifat yang diwariskan	22
Gambar 1.10	Diagram kemungkinan penderita buta warna	23
Gambar 2.1	Organ reproduksi pria tampak dari samping	38
Gambar 2.2	Penampang lintang penis	41
Gambar 2.3	Penampang lintang tubulus seminiferous	42
Gambar 2.4	Spermatogenesis	44
Gambar 2.5	a. Struktur organ reproduksi wanita; b. Alat reproduksi wanita bagian dalam	46
Gambar 2.6	Perkembangan folikel di dalam ovarium	51
Gambar 2.7	Siklus Menstruasi	45
Gambar 2.8	Proses fertilisasi pada manusia	54



Gambar 2.9	Proses terjadinya fertilisasi di dalam oviduk pada organ reproduksi wanita	54
Gambar 2.10	Tahapan pembelahan zigot hasil fertilisasi dalam perjalanan ke endometrium uterus untuk proses implantasi	55
Gambar 2.11	Proses Pembentukan membran kehamilan pada embrio	57
Gambar 2.12	Macam-macam membran kehamilan	58
Gambar 3.1	Proses Fermentasi ALkohol	78
Gambar 3.2	Reaksi Fermentasi Alkohol	78
Gambar 3.3	Fermentasi Asam Laktat	79
Gambar 3.4	Reaksi Fermentasi Asam Laktat	80



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru saat ini menjadi sebuah profesi yang menuntut pelakunya untuk terus belajar dan mengembangkan diri. tidak hanya menjadi tuntutan profesi, akan tetapi juga tuntutan dari peraturan menteri pendidikan agar profesi guru menjalankan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Untuk membantu guru meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik disusun modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan yang terbagi atas 10 Kelompok Kompetensi (KK). Disamping peningkatan kemampuan pengetahuan dan keterampilan, diharapkan peserta mampu mengembangkan sikap mandiri (profesional, kreatif, keberanian), gotong royong (musyawarah mufakat dan tolong menolong), serta memiliki integritas (keteladanan, cinta kebenaran, dan tanggung jawab).

Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan yang berjudul “Pola Hereditas, Sistem Reproduksi, dan Respirasi Anaerob” merupakan modul untuk kompetensi profesional guru pada Kelompok Kompetensi G (KK G). Modul ini dapat digunakan oleh guru sebagai bahan ajar dalam kegiatan diklat tatap muka langsung atau tatap muka kombinasi (*in-on-in*). Selain terdapat pembahasan materi pedagogi di setiap modul, terdapat pula materi profesional yang membidik kompetensi profesional guru. Modul KK G bagi guru biologi berisi beberapa materi bahasan Standar Kompetensi Guru (SKG) yang telah ditetapkan didalam pemetaan standar kompetensi guru biologi. Materi profesional yang dibahas dalam modul ini yaitu pola hereditas, sistem reproduksi, dan respirasi anaerob.



Setiap materi diklat ini dikemas dalam suatu kegiatan pembelajaran yang meliputi: Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik Dan Tindak Lanjut Dan Kunci Jawaban. Pada setiap komponen modul yang dikembangkan ini telah diintegrasikan beberapa nilai karakter bangsa, baik secara eksplisit maupun implisit yang dapat diimplementasikan selama aktivitas pembelajaran dan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendukung pencapaian revolusi mental bangsa. Integrasi ini juga merupakan salah satu cara perwujudan kompetensi sosial dan kepribadian guru (permendiknas nomor 16 tahun 2007) dalam bentuk modul. Selain itu, disediakan latihan soal dalam bentuk pilihan ganda yang berfungsi juga sebagai model untuk guru dalam mengembangkan soal-soal UN/USBN sesuai topik di daerahnya masing-masing.

Pada bagian pendahuluan modul diinformasikan tujuan secara umum yang harus dicapai oleh guru setelah mengikuti diklat, peta kompetensi yang harus dikuasai guru pada KK G, ruang lingkup, dan cara penggunaan modul. Setelah guru mempelajari modul ini diakhiri dengan evaluasi untuk mengetahui pemahaman profesional guru terhadap materi.

B. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan guru dapat memahami materi kompetensi profesional meliputi Pola Hereditas, Sistem Reproduksi pada Manusia, dan Respirasi Anaerob yang terintegrasi nilai-nilai pendidikan karakter.

C. Peta Kompetensi

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



Tabel 1. Kompetensi Guru Mapel dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Guru Mapel	Indikator Pencapaian Kompetensi
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pola-pola hereditas pada makhluk hidup 2. Membedakan pola-pola hereditas seperti pautan, pindah silang, gen letal, nondisjungsi dan lain-lainnya; 3. Menerapkan pola-pola hereditas dalam persilangan; 4. Menganalisis pola-pola hereditas pada manusia; 5. Menerapkan pola-pola hereditas pada manusia dalam kehidupan sehari-hari.
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi organ-organ penyusun sistem reproduksi pada manusia; 2. Membedakan organ-organ penyusun sistem reproduksi pada laki-laki dan wanita; 3. Menjelaskan proses pembentukan sel kelamin pada laki-laki; 4. Menjelaskan proses pembentukan sel kelamin pada wanita; 5. Menjelaskan proses ovulasi dan menstruasi; 6. Mengidentifikasi sel-sel penyusun jaringan ovarium dan testes; 7. Menganalisis hubungan antara kesehatan reproduksi, dan program KB; 8. Mengidentifikasi penyebab/kelainan penyakit pada sistem reproduksi;
20.1 Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat dalam proses respirasi anaerob; 2. Menjelaskan peran respirasi anaerob bagi sel; 3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi; 4. Menganalisis hasil fermentasi melalui kegiatan investigasi; 5. Mendeskripsikan tahapan proses respirasi anareob asam laktat; 6. Mendeskripsikan tahapan proses fermentasi; 7. Membedakan respirasi anareob asam laktat;



D. Ruang Lingkup

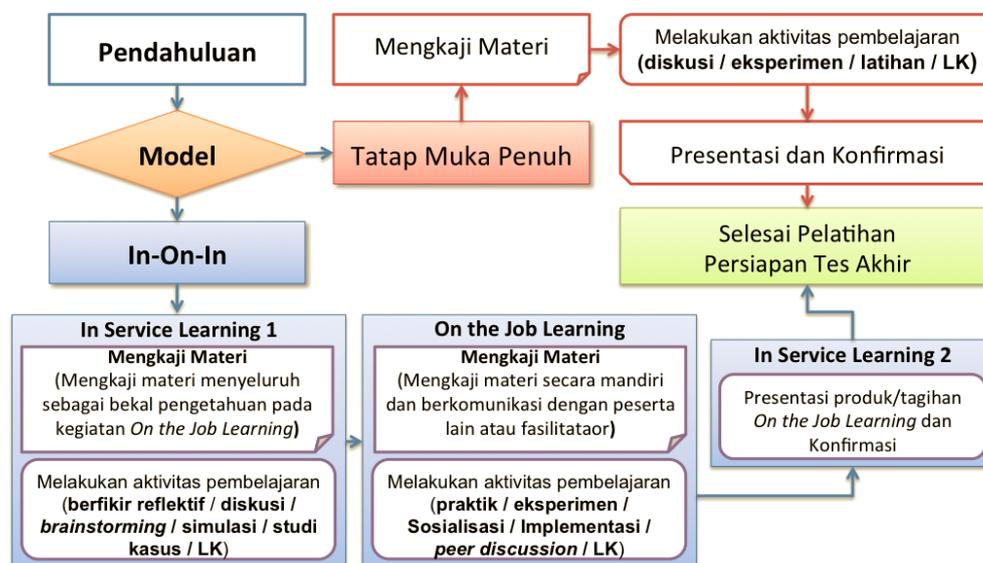
Ruang lingkup materi pada modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi G, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang 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. Pola Hereditas
2. Sistem Reproduksi pada Manusia
3. Respirasi Anaerob

E. Cara Penggunaan Modul

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

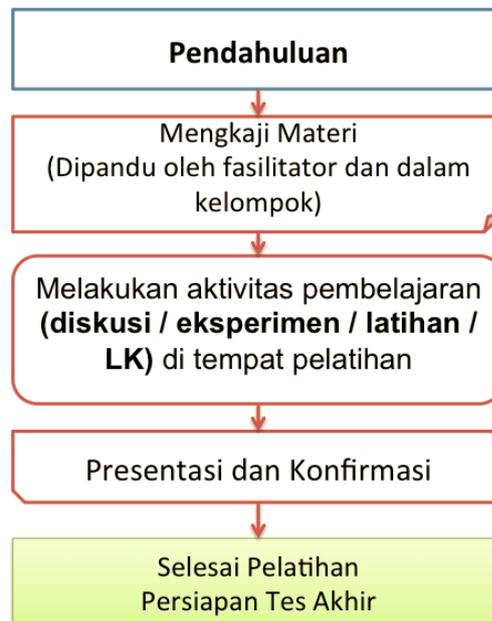


Gambar 1. Alur Strategi Pelaksanaan Pembelajaran Tatap Muka



Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat terdapat dua alur kegiatan pelaksanaan kegiatan, yaitu diklat tatap muka penuh dan kombinasi (*In-On-In*). Deskripsi kedua jenis diklat tatap muka ini terdapat pada penjelasan berikut.

1. Deskripsi Kegiatan Diklat Tatap Muka Penuh



Gambar 2. Alur Pembelajaran Tatap Muka Penuh

Kegiatan tatap muka penuh ini dilaksanakan secara terstruktur pada suatu waktu yang di pandu oleh fasilitator. Tatap muka penuh dilaksanakan menggunakan alur pembelajaran yang dapat dilihat pada alur berikut ini.

a. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari :

- 1) latar belakang yang memuat gambaran materi
- 2) tujuan kegiatan pembelajaran setiap materi
- 3) kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul.
- 4) ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- 5) cara penggunaan modul



b. Mengkaji materi diklat

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

c. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul, baik bagian **1. Diskusi Materi, 2. Praktik, 3. Penyusunan Soal UN/USBN** dan aktivitas mengisi soal **Latihan**. Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan, dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.

d. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi yang dibahas secara bersama-sama.

e. Persiapan Tes Akhir

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji merefleksikan penguasaan materi setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran.

2. Deskripsi Kegiatan Diklat Tatap Muka (*In-On-In*)

Kegiatan diklat tatap muka (*in-on-in*) terdiri atas tiga kegiatan, yaitu tatap muka kesatu (*in-1*), penugasan (*on the job learning*), dan tatap muka kedua (*in-2*). Secara umum, kegiatan pembelajaran diklat tatap muka kombinasi tergambar pada alur berikut ini.



Gambar 3. Alur Pembelajaran Tatap Muka Kombinasi (in-on-in)

Pada Kegiatan *in-1* peserta mempelajari uraian materi dan mengerjakan Aktivitas Pembelajaran bagian 1. **Diskusi Materi** di tempat diklat. Pada saat *on the job learning* peserta melakukan Aktivitas Pembelajaran bagian 2. **Praktik**, bagian 3. **Menyusun Soal UN/USBN**, dan mengisi **Latihan** secara mandiri di tempat kerja masing-masing. Pada Kegiatan *in-2*, peserta melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan yang dilakukan selama *on the job learning* yang difasilitasi oleh narasumber/instruktur nasional.

Modul ini dilengkapi dengan beberapa kegiatan pada Aktivitas Pembelajaran (BAB II, Bagian E) sebagai cara guru untuk mempelajari materi yang dipandu menggunakan Lembar Kegiatan (LK). Pada kegiatan diklat tatap muka kombinasi, beberapa LK dikerjakan pada *in-1* dan beberapa LK dikerjakan pada saat *on the job learning*. Hasil implementasi LK pada *on the job learning* menjadi tagihan pada kegiatan *in-2*. Berikut ini daftar pengelompokan Lembar Kegiatan (LK) pada setiap tahap kegiatan tatap muka kombinasi.



Tabel 2. Daftar Lembar Kerja Modul Kelompok Profesional G

No	Kode Lembar Kerja	Nama Lembar Kerja	Dilaksanakan Pada Tahap
		KP 1 Pola Hereditas	
	LK.G1.01	Diskusi Kajian Materi	IN 1
	LK.G2.02	Genotif	ON
	LK.G3.03	Pengembangan Soal	ON
		KP 2 Sistem Reproduksi	
	LK.G2.01	Kegiatan Awal	IN 1
	LK.G2.02	Siklus Menstruasi	ON
	LK.G2.03	Fertilisasi	ON
	LK.G2.04	Penyakit Sex Menular	ON
		KP 3 Respirasi Anaerob	
	LK.G3.01	Kajian materi fermentasi	IN 1
	LK.G3.02	Fermentasi alkohol	ON
	LK.G3.03	Pengembangan soal materi fermentasi	ON

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: POLA HEREDITAS

Pernahkah ada orang yang mengatakan bahwa mata Anda mirip dengan ayah atau ibu? Atau pernahkan Anda memperhatikan penampakan beberapa anggota keluarga Anda seperti misalnya warna kulit, tipe rambut, bentuk alis, tinggi badan, dan lain-lainnya yang mencirikan penampakan fisik? Adakah persamaan atau perbedaannya? Secara harfiah, orang tua tidak memberikan secara langsung warna mata, kulit, bahkan bentuk alisnya. Jadi apa sebenarnya yang diwariskan orang tua kepada anak atau keturunannya?

Pada zaman dahulu, banyak orang percaya bahwa hanya lingkungan di luar tubuhlah yang membantu membentuk ciri-ciri calon bayi. Banyak yang mengira bahwa ciri-ciri keturunan adalah hasil dari pencampuran sederhana cairan yang berasal dari ibu dan ayah. Ada juga yang berpendapat bahwa beberapa makhluk hidup berasal dari benda atau makhluk mati seperti belatung berasal dari daging yang membusuk atau katak yang berasal dari lumpur.

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. Sifat-sifat yang dimiliki orang tua diturunkan pada anaknya melalui pola pewarisan tertentu. Salah satu metode mempelajari penurunan sifat manusia yang banyak digunakan adalah dengan metode asal usul atau silsilah dalam bentuk pedigree (peta silsilah).



Cacat dan penyakit menurun pada manusia dapat disebabkan oleh gen yang terdapat pada autosom atau oleh gen yang terdapat pada kromosom seks (gonosom). Ciri cacat atau penyakit menurun yaitu tidak menular, sulit atau bahkan tidak dapat disembuhkan, tetapi dapat diusahakan agar tidak terjadi pada generasi berikutnya, dan umumnya disebabkan oleh gen resesif.

A. Tujuan

Setelah mempelajari uraian materi yang ada dalam modul ini, diharapkan anda dapat menguasai konsep Pola Hereditas serta mampu mengimplementasikannya dalam pembelajaran di kelas.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. Menjelaskan pola-pola hereditas pada makhluk hidup;
2. Membedakan pola-pola hereditas seperti pautan, pindah silang, gen letal, nondisjungsi dan lain-lainnya;
3. Menerapkan pola-pola hereditas dalam persilangan;
4. Menganalisis pola-pola hereditas pada manusia;
5. Menerapkan pola-pola hereditas pada manusia dalam kehidupan sehari-hari.

C. Uraian Materi

1. Pola-pola Hereditas

Reproduksi generatif sel-sel kelamin (gamet) merupakan mata rantai penghubung antara induk dan keturunannya. Dengan demikian, gamet inilah yang membawa sifat yang diwariskan induk kepada keturunannya. Ovum dan sperma memberikan saham yang sama dalam mewariskan sifat-sifat menurun.

Orang yang pertama kali mendalami pola-pola hereditas adalah Sutton. Pendapat Sutton tentang pola-pola hereditas adalah sebagai berikut.

- a. Jumlah kromosom yang dikandung ovum atau sperma adalah sama, yaitu masing-masing setengah jumlah yang dikandung oleh setiap sel tubuh.



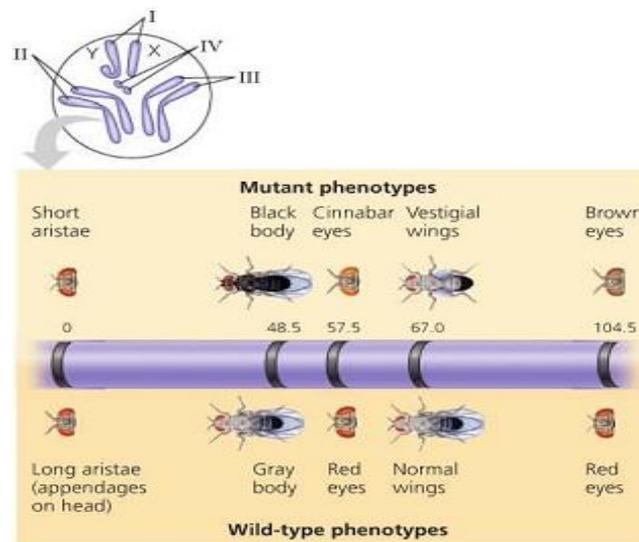
- b. Organisme yang tumbuh dan berkembang dari hasil pembuahan bersifat *diploid* ($2n$), artinya setiap selnya mengandung 2 perangkat kromosom, seperti halnya sel tubuh.
- c. Dalam meiosis, kedua perangkat kromosom itu memisah dan mengelompok secara bebas dengan kromosom lainnya yang bukan homolognya.
- d. Meskipun mengalami mitosis dan meiosis bentuk dan identitas setiap kromosom adalah tetap serta gen sebagai kesatuan faktor menurun adalah mantap.

a. Pautan dan Pindah Silang

1) Pautan

Sebelum Morgan menemukan gen-gen yang terpaut, sebenarnya sudah sering terjadi penyimpangan perbandingan hasil persilangan menurut hukum Mendel II dalam melakukan percobaan pada berbagai jenis tanaman. Sebagai contoh, dalam persilangan dihibrid, pada F_1 akan diperoleh satu macam fenotip, dan pada F_2 akan diperoleh 4 macam fenotip dengan rasio 9 : 3 : 3 : 1. Tetapi hasil penelitian kelompok Morgan, pada F_2 hanya diperoleh 3 fenotip dengan rasio 3 : 1. Kemudian bila dilakukan disilang-uji diperoleh hasil 1 : 1 : 1 : 1.

Permasalahan tersebut di atas, sekarang telah diketahui bahwa jumlah gen yang terdapat di dalam setiap sel tubuh makhluk hidup jauh lebih banyak daripada jumlah kromosom, sehingga ada beberapa gen yang berbeda tetapi menempati kromosom yang sama. Contoh pada lalat buah (*Drosophila melanogaster*) hanya terdapat 4 pasang kromosom, tetapi di dalam setiap sel diperkirakan terdapat 100.000 gen atau lebih, sehingga setiap kromosom harus mengandung ribuan gen. Beberapa gen yang berbeda yang menempati kromosom yang sama disebut *terpaut* (*linkage*). Untuk lebih jelasnya Anda dapat pelajari pada gambar 1.1 berikut ini. Pada gambar terlihat bahwa lokus gen untuk sifat warna tubuh hitam (mutan) dan tubuh abu-abu (wild) adalah sama. Begitupun dengan sifat yang lainnya.



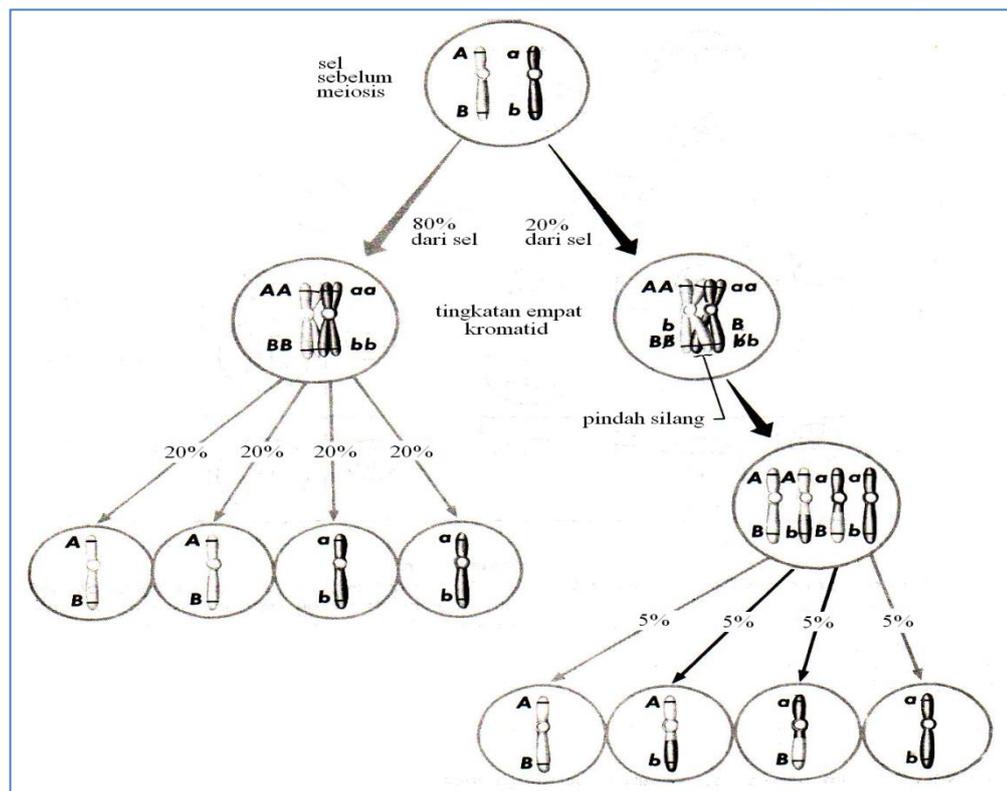
Gambar 1.1 Peta Genetik suatu bagian Kromosom Drosophila

Sumber : Campbell, et al. 2009

Menurut Sutton, jika ada gen-gen yang mengendalikan dua sifat berbeda bertempat pada kromosom yang sama, maka gen-gen itu tidak dapat memisahkan diri secara bebas, lebih-lebih gen yang letaknya berdekatan. Peristiwa pautan ini merupakan salah satu sebab terjadinya “penyimpangan” hukum Mendel.

2) Pindah Silang

Pada peristiwa meiosis, kromatid yang berdekatan dari kromosom yang homolog tidak selalu berjajar berpasangan, beraturan, tetapi kadang-kadang saling melilit yang satu dengan yang lainnya. Hal ini sering menyebabkan terjadinya gen-gen suatu kromatid bertukar dengan gen-gen kromatid homolog. Peristiwa ini disebut pindah silang (*crossing over*). Selanjutnya, silakan Anda pelajari gambar diagram persilangan berikut ini.



Gambar 1.2 Diagram pindah silang selama meiosis

Sumber : Suhardi, 2009

Pada gambar diagram di atas, tempat terjadinya pembelahan meiosis yang mengakibatkan terjadinya pindahsilang. Sel-sel yang mengadakan pembelahan bergenotip AaBb. Gen A terpaut dengan gen B, sedangkan gen a terpaut dengan gen b. Jika tidak terjadi peristiwa pindah silang, maka sel-sel anakan yang terbentuk akan mempunyai susunan gen AB dan ab dengan rasio 50% : 50% atau 1 : 1 yang semuanya terdiri atas kombinasi parental. Tetapi, jika sebagian sel yang membelah mengalami pindah silang, maka tampak seperti pada gambar di atas. Selain kombinasi parental, akan terbentuk rekombinan yang besarnya ditentukan oleh besarnya sel yang mengalami pindah silang. Dalam gambar di atas, tampak bahwa sel yang mengalami pindah silang sebanyak 20% dari seluruh sel yang membelah, sedangkan 80% sel lainnya tidak mengalami pindah silang, sehingga kombinasi gamet yang dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut.

- a) Kelompok sel yang tidak mengalami pindah silang sebanyak 80%. Setiap sel yang membelah akan menghasilkan sel baru yang haploid (n), terdiri atas 2 macam kombinasi, yaitu AB dan ab, dengan rasio 50% AB : 50% ab dari



80% sel yang membelah. Jadi, frekuensi gamet AB adalah $50\% \times 80\% = 40\%$, sedangkan frekuensi gamet ab adalah $50\% \times 80\% = 40\%$.

- b) Kelompok sel yang mengalami pindah silang sebanyak 20%. Setiap sel menghasilkan 2 sel gamet baru dengan kombinasi AB, Ab, aB, dan ab. Absen aB terbentuk karena adanya peristiwa pindah silang. Frekuensi masing-masing kombinasi gamet adalah sebagai berikut.

$$AB : 25\% \times 20\% = 5\%$$

Apabila 1) dan 2) digabungkan, maka dihasilkan macam frekuensi sebagai berikut.

$$\left. \begin{array}{l} AB : 40\% + 5\% = 45\% \\ Ab : 40\% + 5\% = 45\% \end{array} \right\} \text{Merupakan kombinasi parental (RP), jumlahnya } 90\%.$$

$$\left. \begin{array}{l} Ab = 5\% \\ aB = 5\% \end{array} \right\} \text{Merupakan kombinasi baru atau rekombinan (RK), jumlahnya } 10\%.$$

- c) Dalam peristiwa pautan bila tidak terjadi pindah silang, maka susunan gen pada gamet semuanya merupakan kombinasi parental. Sebagai akibat terjadinya peristiwa pindah silang ini maka jumlah macam gamet yang dihasilkan F_1 terdapat 4 macam, yaitu AB dan ab yang merupakan kombinasi parental serta Ab dan aB merupakan rekombinan. Frekuensi kombinasi parental (KP) lebih kecil dari 50% dan frekuensi rekombinan (RK) kurang dari 50%,
- d) Bila terjadi pindah silang, maka akan terbentuk kombinasi baru atau rekombinan yang frekuensinya selalu lebih kecil daripada kombinasi parental ($RK < KP$).

b. Gen Letal

Gen letal adalah gen yang dapat menimbulkan kematian. Kematian terjadi disebabkan fungsi gen terganggu sehingga tubuh organisme tidak dapat tumbuh sempurna. Misalnya, setiap tumbuhan memiliki klorofil. Jika gen pengendali klorofil tidak berfungsi, maka tumbuhan tidak memiliki klorofil sehingga tumbuhan



akan mati. Gen letal dapat dibedakan menjadi gen letal resesif dan gen letal dominan.

1) Gen Letal Resesif

Pada letal resesif, individu akan mati bila mempunyai gen homozigot resesif. Contohnya pada tumbuhan albino. Tumbuhan albino itu tidak berklorofil. Misalnya, klorofil dikendalikan oleh gen A sehingga tumbuhan normal bersimbol AA dan tumbuhan albino bersimbol aa. Tumbuhan albino akan muncul dari hasil persilangan antara induk heterozigot Aa dengan Aa, keturunan yang bergenotip aa akan mati waktu kecil, karena tidak mampu melakukan fotosintesis. Jadi, tidak ada tumbuhan dewasa bergenotip aa. Untuk penjelasannya adalah sebagai berikut.

P	:	Aa	x	Aa		
		pembawa		pembawa		
	Gamet	:		A	A	
				a	a	
	F ₁	:	AA	Aa	Aa	aa
			normal	pembawa	albino	mati

2) Letal Dominan

Pada letal dominan, individu akan mati bila mempunyai gen homozigot dominan. Contohnya pada tikus berambut kuning. Tikus berambut kuning disilangkan dengan tikus berambut kuning. Pada F₁ dihasilkan tikus berambut kuning dan tikus tidak berambut kuning dengan rasio 2 : 1. Untuk penjelasannya pelajari pada persilangan berikut ini.

P	:	Kk	x	Kk		
		(kuning heterozigot)		(kuning heterozigot)		
	Gamet	:		K	K	
				k	k	
	F ₁	:	KK	Kk	Kk	kk
			homozigot dominan (mati)	heterozigot	heterozigot	homozigot resesif

Meskipun eksperimen dilakukan berulang kali, perbandingan hasilnya tetap, yaitu 2 : 1, padahal seharusnya 3 : 1. Penelitian lebih lanjut terhadap tikus tersebut menemukan fakta bahwa tikus berambut kuning mati ketika masih embrio. Tikus berambut kuning yang mati bergenotip homozigot dominan.



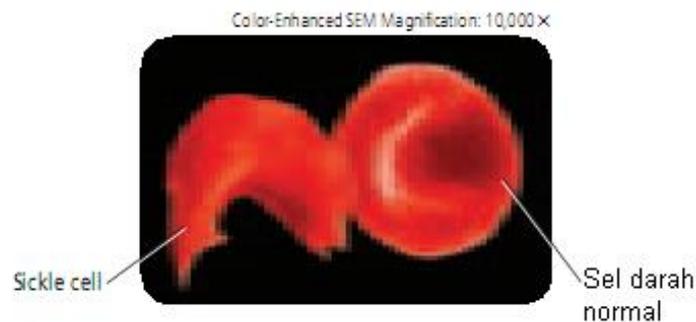
3) Letal pada Manusia

Letal pada manusia adalah gen penyebab penyakit sickleemia dan talasemia. Penjelasananya adalah sebagai berikut.

a) Sickleemia

Eritrosit penderita sickleemia (*sickle cell anemia*) berbentuk bulan sabit. Hal ini disebabkan adanya molekul hemoglobin yang bersambung membentuk serabut-serabut, Sel darah yang demikian menghalangi aliran darah, terutama di dalam kapiler darah. Di samping itu, kemampuan eritrosit berbentuk bulan sabit dalam mengikat oksigen sangat rendah. Oleh karena itu, penyakit ini dapat mematikan.

Sifat sickleemia ditentukan oleh gen *s*. Orang bergenotip *ss* (homozigot resesif) menderita sickleemia, sedangkan yang bergenotip *SS* normal. Orang yang bergenotip *Ss* merupakan pembawa berfenotip sehat. Keturunan *ss* diperoleh dari hasil perkawinan *Ss* dengan *Ss*. Penyakit sickleemia dikenal juga dengan nama *sickle cell diseases*.



Gambar 1.3. Sel Darah Individu Heterozigot Sickleemia

Sumber : Biggs, Alton., etc. 2008

b) Talasemia

Talasemia adalah penyakit darah di mana eritrosit penderita bentuknya lonjong, berukuran kecil, dan jumlahnya lebih banyak dibandingkan darah normal. Eritrosit yang demikian memiliki afinitas rendah terhadap oksigen, sehingga penderita akan kekurangan oksigen.

Penderita talasemia letal memiliki genotip homozigot dominan, yaitu *ThTh* yang disebut *talasemia mayor*, sedangkan yang bergenotip *Thth* disebut *talasemia*



minor. Orang yang bergenotip thth tidak menderita talasemia (normal). Pengaruh talasemia baru akan tampak pada masa puber.

c. Gagal Berpisah (Nondisjungsi)

Calvin B. Bridges salah seorang dari kelompok peneliti Morgan telah mencoba menyilangkan lalat betina bermata putih dengan lalat jantan bermata merah. Dalam beberapa percobaan diperoleh seperti yang diharapkan, yaitu lalat betina bermata merah dan lalat jantan bermata putih. Tetapi, dalam beberapa kasus pernah dihasilkan lalat betina bermata putih dan lalat jantan bermata merah. Peristiwa yang terjadi dalam penelitian kelompok Morgan tersebut, kenyataannya itu terjadi disebabkan oleh peristiwa gagal berpisah (nondisjungsi). Peristiwa ini hanya merupakan kebetulan. Pasangan kromosom pada waktu akan memisah satu sama lainnya saling melilit dan gagal berpisah. Akibatnya, ada sel anak yang mendapat dua kromosom, tetapi ada yang tidak mendapat kromosom tersebut. Salah satu contoh adalah penderita Sindrom Down yang memiliki kelebihan kromosom.



Gambar 1.4. Penderita Sindrom Down mempunyai kelebihan kromosom yaitu mempunyai 3 kopi kromosom nomor 21

Sumber : Biggs, Alton., etc. 2008

Gagal berpisah yang terjadi pada kromosom sex juga akan menimbulkan beberapa akibat seperti yang tertera pada tabel 3, salah satunya adalah dapat menyebabkan kematian.



Tabel 1.1. Gagal Berpisah dalam Kromosom Sex

Gagal Berpisah dalam Kromosom Sex							
Genotipe	XX	XO	XXX	XY	XXY	XYY	OY
Contoh							
Fenotip	Perempuan Normal	Perempuan, Sindrom Turner	Perempuan, mendekati normal	Laki-laki Normal	Laki-laki, Sindrom Klinefelter	Laki-laki, mendekati normal	Menimbulkan kematian

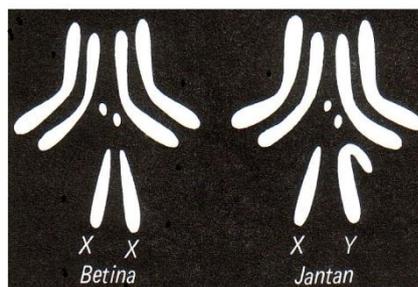
d. Determinasi Seks dan Pautan Seks

1) Determinasi Seks

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa jenis kelamin pada sejumlah spesies merupakan sifat yang diwariskan dari generasi ke generasi berikutnya. Telah diketahui pula bahwa jenis kelamin telah ditentukan sejak ovum dibuahi sperma atau dengan kata lain sejak terjadinya peristiwa fertilisasi. Jenis kelamin dapat ditentukan berdasarkan susunan kromosom di dalam sel. Salah seorang perintis yang berhasil menemukan perbedaan susunan kromosom sel jenis kelamin jantan dan betina adalah McClung.

Sistem XX-XY

Setiap sel tubuh lalat buah terdapat 4 pasang kromosom, yaitu terdiri atas 3 pasang yang sama, baik yang jantan maupun betina dan disebut *autosom* (*kromosom tubuh*) diberi simbol A. Sedangkan yang sepasang lagi berbeda, disebut *gonosom* (*kromosom seks*). Untuk yang betina keduanya berbentuk batang, diberi simbol XX sedangkan yang jantan, satu berbentuk batang seperti pada betina, juga diberi simbol X dan yang satu lagi berbentuk kail, diberi simbol Y. Sehingga susunan kromosom seks jantan adalah XY.

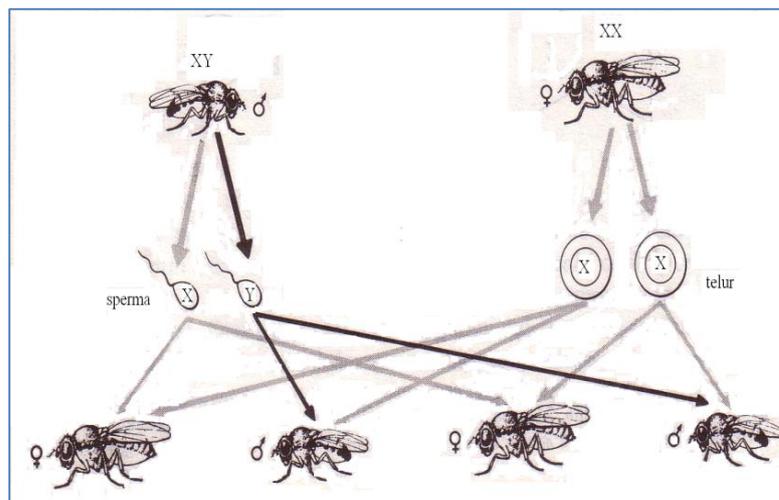


Gambar 1.5. Kromosom lalat buah disusun secara berpasangan

Sumber : Suhardi, 2009



Dengan demikian, kariotip dari setiap sel tubuh lalat buah dalam hasil perkawinan dapat digambarkan sebagai berikut.

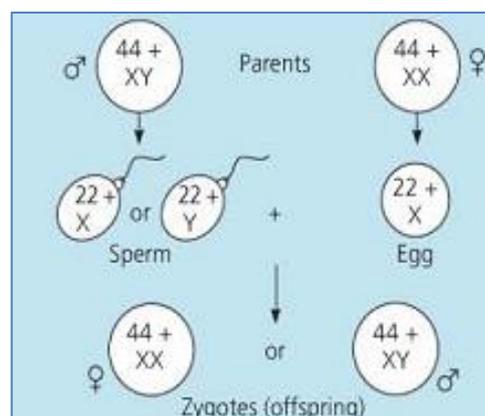


Gambar 1.6. Hubungan kromosom dengan determinasi seks pada lalat buah

Sumber : Suhardi, 2009

Sel tubuh manusia mengandung 46 kromosom dengan kariotipnya dapat dituliskan sebagai berikut.

- Pada wanita, terdapat 44 A + XX atau 22 AA + XX, jika mengalami meiosis maka akan menghasilkan sel telur dengan kariotip 22 A + X.
- Pada laki-laki, terdapat 44 A + XY atau 22 AA + XY, jika mengalami meiosis maka akan menghasilkan sperma dengan kariotip 22 A + X dan 22 A + Y.



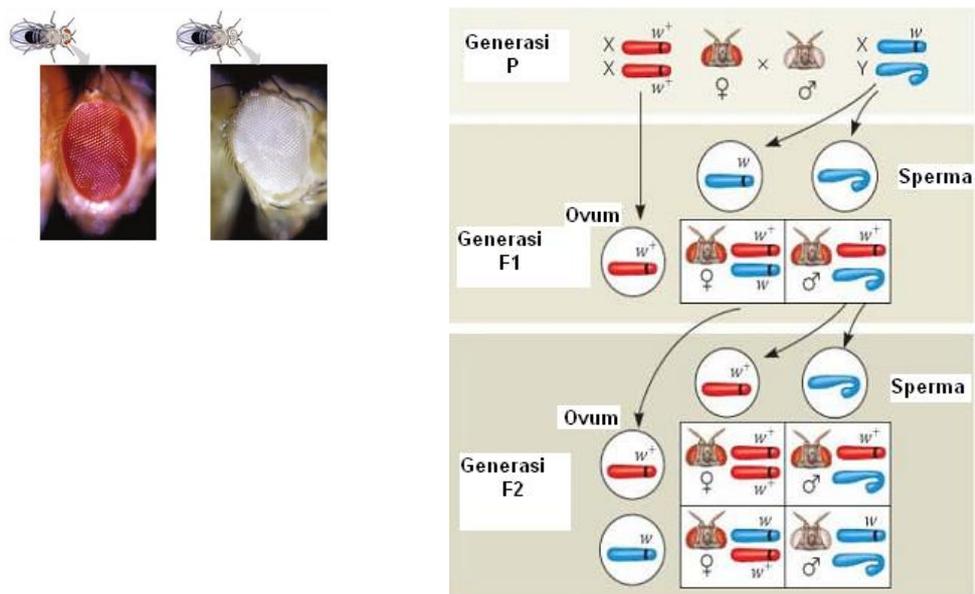
Gambar 1.7. Determinasi Sex pada Manusia

Sumber : Suhardi, 2009



2) Pautan Seks

Morgan telah menyilangkan lalat buah jantan bermata putih (ww) dengan lalat betina bermata merah (WW). Pada F_1 diperoleh 100% bermata merah. Selanjutnya, keturunan F_1 disilangkan sesamanya sehingga diperoleh keturunan F_2 : 75% bermata merah dan 25% bermata putih. Anehnya, lalat buah jantan selalu bermata putih meskipun diulang beberapa kali. Diagram persilangannya seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1.8. Penyilangan Morgan pada Lalat Buah

Sumber : Campbell, 2009

Berdasarkan hasil percobaan tersebut, Morgan menyusun hipotesis sebagai berikut.

- Faktor warna mata merah dominan terhadap faktor mata putih.
- Gen yang bertanggung jawab atas warna mata ini terkandung di dalam kromosom X.
- Dalam kromosom Y tidak terdapat gen yang bertanggung jawab atas warna mata.

Selanjutnya, Morgan menyatakan bahwa gen atau sifat yang terkandung pada kromosom seks ini disebut "terpaut seks" (*sex linkage*) dan peristiwanya disebut "pautan seks".



2. Hereditas pada Manusia

Pola-pola pewarisan sifat juga berlaku pada manusia, baik sifat fisik, fisiologis, maupun psikologis. Dalam modul ini yang dibahas mengenai beberapa penyakit menurun, seperti albino, buta warna, hemofilia, dan gangguan mental.

Pada umumnya, penyakit menurun dikendalikan oleh gen gen resesif yang tidak menampakkan fenotipnya. Jika gen resesif terdapat pada kromosom Y, maka fenotipnya akan tampak pada anak laki-laki, sedangkan pada anak wanita tidak muncul. Tetapi, pada wanita baru akan menampakkan fenotipnya dalam keadaan homozigot resesif, yaitu gen resesif terdapat di kedua kromosom X. Misalmya, X^bX^b (wanita penderita buta warna).

a. Sifat Fisik yang Menurun

Sifat-sifat pada manusia diwariskan kepada keturunannya mengikuti pola-pola pewarisan tertentu. Sifat-sifat tersebut mencakup fisik, fisiologis, dan psikologis. Sifat fisik adalah keadaan tubuh yang tampak, misalnya, bentuk hidung dan bibir. Sifat fisiologis adalah kerja faal tubuh. Misalnya, alergi dan hormonal. Sifat psikologis adalah sifat kejiwaan seseorang yang tampak dan mudah diamati.

Beberapa sifat fisik lain yang diturunkan seperti bentuk daun telinga, alis mata, kumis, bulu dada, bentuk jari tangan, tangan kidal, bentuk jari kaki, bentuk telapak kaki, betis, dan kegemukan. Sifat fisik tersebut merupakan warisan dari kedua orang tua. Beberapa contoh sifat fisik dominan dan sifat resesif pada manusia dapat dipelajari pada tabel berikut ini.

Tabel 1.2. Sifat Fisik Dominan dan Sifat Fisik Resesif pada Manusia

Sifat Dominan	Sifat Resesif
Rambut keriting	Rambut lurus
Bibir tebal	Bibir tipis
Mata sipit	Mata lebar
Hidung lurus	Hidung melengkung
Lubang hidung besar	Lubang hidung kecil
Lidah dapat menggulung	Lidah tidak dapat menggulung



b. Penyakit dan Kelainan Menurun

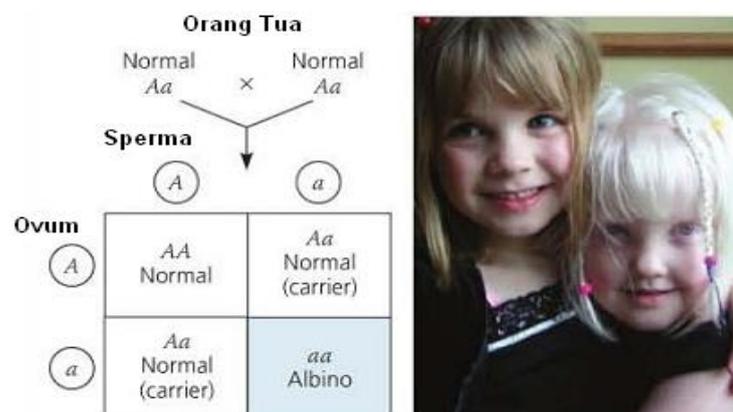
Sebagaimana telah diuraikan bahwa penyakit menurun biasanya bersifat resesif sehingga baru muncul dalam keadaan homozigot. Dalam keadaan heterozigot, fenotip penyakit tidak muncul karena tertutup oleh gen pasangannya yang dominan. Untuk jelasnya, silakan Anda pelajari uraiannya berikut ini.

1) Albino

Ciri-ciri orang albino adalah mempunyai rambut, mata, dan kulit berwarna putih. Meskipun kedua orang tuanya berkulit sawo matang atau hitam, kemungkinan keturunannya ada yang albino.

Menurut penelitian, kemungkinan terjadinya albino di dunia 1 : 20.000 kelahiran. Penderita albino tidak memiliki pigmen melanin, karena tidak dapat menghasilkan enzim pembentuk melanin. Enzim melanin diproduksi berdasarkan perintah gen melanin. Penderita albino rentan terhadap penyakit kanker kulit dan tidak tahan cahaya. Mata penderita albino tidak mengandung pigmen sehingga akan terasa sakit bila berada di tempat yang terang.

Tidak semua keturunan dalam satu keluarga bersifat albino, sehingga dapat diduga bahwa sifat tersebut dibawa oleh gen resesif yang muncul jika ayah dan ibunya masing-masing membawa sifat resesif tersebut. Gen albino tidak terletak pada kromosom kelamin, melainkan pada autosom. Oleh karena itu, penderita albino dapat berjenis kelamin wanita atau laki-laki seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1.9. Albino: sifat yang diwariskan
Sumber : Biggs, Alton., etc. 2008



2) Buta Warna

Kelainan buta warna ditentukan oleh gen resesif yang terpaut seks (terpaut kromosom X). Penyakit buta warna dapat dibedakan menjadi 2 macam.

- a) Buta warna parsial (sebagian), yaitu seseorang tidak dapat membedakan warna tertentu saja. Misalnya, buta warna merah dan buta warna hijau.
- b) Buta warna total, yaitu orang yang tidak dapat membedakan semua jenis warna. Alam ini hanya tampak seperti film hitam putih saja.

Karena sifat buta warna terpaut kromosom X, kemungkinan genotip orang yang norma dan buta warna dapat dipelajari pada diagram berikut ini.

X^B = Normal
 X^b = Buta Warna
 Y = Laki-laki

	X^B	Y
X^B	$X^B X^B$	$X^B Y$
X^b	$X^B X^b$	$X^b Y$

Gambar 1.10. Diagram kemungkinan penderita buta warna

Berdasarkan gambar tersebut di atas, wanita terbagi atas tiga genotip, yaitu $X^B X^B$, $X^B X^b$, dan $X^b X^b$ serta 2 fenotip, yaitu normal ($X^B X^B$, $X^B X^b$) dan buta warna ($X^b X^b$). Sedangkan pada laki-laki terbagi atas dua genotip ($X^B Y$ dan $X^b Y$) serta 2 fenotip (normal dan buta warna).

3) Hemofilia

Hemofilia adalah kelainan pada darah di mana darah yang keluar dari pembuluh darah sukar membeku. Luka kecil pun dapat menyebabkan penderita meninggal dunia karena terjadi pendarahan yang terus-menerus.

Penderita hemofilia tidak dapat memproduksi faktor pembeku darah. Gen faktor pembeku darah pada kromosom X nonhomolog. Gen yang bersifat dominan diberi simbol H (mampu memproduksi faktor pembeku darah), sedangkan gen resesif diberi simbol h (tidak mampu memproduksi faktor pembeku darah).



Pada wanita, gen tersebut mempunyai alel pasangannya, sedangkan pada laki-laki tidak seperti itu. Oleh karena itu, pengaruh gen h pada wanita dapat ditutup oleh pasangannya, yaitu gen H yang normal ($X^H H^h$), sedangkan pada laki-laki tidak demikian ($X^h Y$). Oleh karena itu, penyakit hemofilia lebih banyak diderita oleh kaum laki-laki daripada kaum wanita. Untuk lebih jelasnya genotip dan fenotip pada wanita dan laki-laki dapat digambarkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1.3. Genotip dan Fenotip Hemofilia pada Wanita dan Laki-laki

No.	Genotip	Fenotip	Keterangan
1.	$X^H X^H$	Wanita normal	
2.	$X^H X^h$	Wanita karier	Pembawa hemofilia
3.	$X^h X^h$	Wanita hemofilia	Bersifat letal, meninggal sebelum dewasa
4.	$X^H Y$	Laki-laki normal	
5.	$X^h Y$	Laki-laki hemofilia	

Wanita karier (berfenotip normal) yang bergenotip $X^H X^h$ dapat menghasilkan dua macam ovum, yaitu ovum X^H dan ovum X^h . Jika wanita ini menikah dengan laki-laki normal ($X^H Y$), maka kemungkinan ada anak laki-laki menderita hemofilia dan anak laki-laki normal.

c. Golongan Darah

Bernstein (Jerman) dan Furuhita (Jepang) telah mengemukakan hipotesisnya, yaitu bahwa hanya sepasang gen pada setiap individu yang bertanggung jawab atas golongan darah.

Penggolongan darah tersebut didasarkan atas adanya *aglutinogen* (antigen) tertentu di dalam sel darah merah. Adanya antigen tersebut dalam sel darah merah dikendalikan oleh gen tertentu pula.

Golongan darah manusia dapat digolongkan menurut beberapa sistem seperti berikut ini.

1) Sistem A, B, 0

Menurut Landsteiner (1900), golongan darah manusia dapat dibedakan menjadi 4 macam, yaitu A, B, AB, dan 0. Penggolongan darah sistem ABO berdasarkan ada tidaknya antigen-antibodi di dalam seseorang. Antigen (zat asing) yang dibentuk berupa aglutinogen (zat yang digumpalkan), sedangkan antibodi



(pelawan antigen) yang dibentuk berupa aglutinin (zat yang menggumpalkan). Baik zat yang meng-gumpalkan maupun yang digumpalkan merupakan suatu protein. Untuk lebih jelasnya, silakan Anda pelajari tabel berikut ini.

Tabel 1.4. Penggolongan Darah Sistem AB0

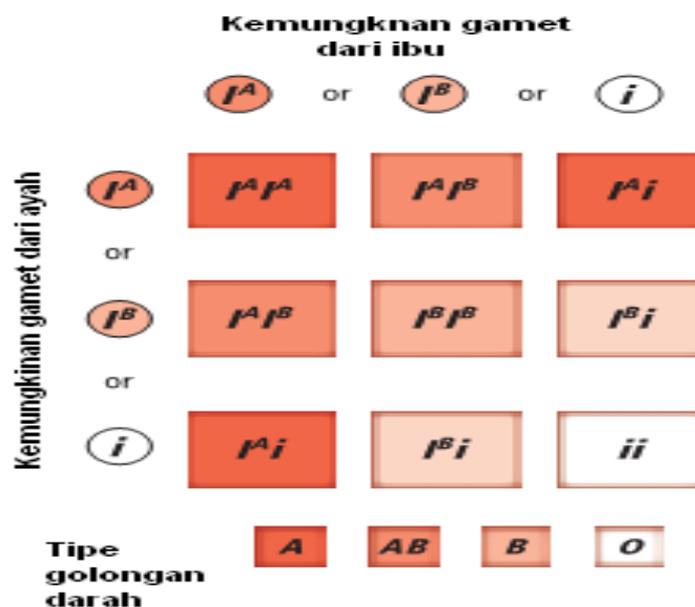
Golongan darah	Aglutinogen	Aglutinin
A	A	β
B	B	α
AB	AB	-
0	-	$\alpha \beta$

Keterangan:

1. Golongan darah A mempunyai aglutinogen A dan aglutinin β .
2. Golongan darah B mempunyai aglutinogen B dan aglutinin α
3. Golongan darah AB mempunyai aglutinogen AB dan tidak memiliki aglutinin.
4. Golongan darah 0 tidak memiliki aglutinogen AB tetapi memiliki aglutinin $\alpha \beta$.

Genotip golongan darah sistem AB0 dapat dipelajari pada tabel berikut ini.

Tabel 1.5. Fenotip dan Genotip Golongan Darah





2) Sistem MN

Setelah ditemukan golongan darah A, B, AB, dan O, Landsteiner dan Levin menemukan golongan darah M, N, dan MN (1927). Dasar penggolongannya adalah adanya antigen (suatu protein asing) di dalam sel darah merah (eritrosit). Jika eritrosit seseorang mengandung antigen M, maka darahnya bergolongan M. Jika eritrosit seseorang mengandung antigen N, maka darahnya bergolongan N. Sedangkan jika eritrosit seseorang mengandung antigen MN, maka darahnya bergolongan MN.

Golongan darah M, N, dan MN tidak menimbulkan penggumpalan pada darah manusia, karena darah manusia tidak membentuk zat anti M dan anti N. Penggumpalan akan terjadi apabila antigen tersebut (M, N, dan MN) disuntikkan ke tubuh kelinci. Menurut penelitian, keberadaan antigen itu ditentukan oleh suatu gen yang memiliki dua alel. Dengan demikian, golongan darah M memiliki genotip $L^M L^M$; golongan darah N memiliki genotip $L^N L^N$; sedangkan golongan darah MN memiliki genotip $L^M L^N$.

Bagaimanakah hubungannya dengan golongan darah AB0? Ternyata, pada semua golongan darah ditemukan golongan darah golongan darah MN. Jadi, golongan darah A ada kemungkinan memiliki golongan darah M, N, atau MN. Demikian pula, golongan darah B dan O. Misalnya, orang bergolongan darah A, M mempunyai genotip $I^A I^A, L^M L^M$. Golongan darah B, M memiliki genotip $I^B I^B, L^M L^M$. Golongan darah A, N memiliki genotip $I^A I^A, L^N L^N$, dan seterusnya.

Untuk menentukan keturunan golongan darah, sering digunakan analisis dengan sistem gabungan AB0 dan MN. Misalnya, ada seorang anak yang mengaku sebagai anak dari suatu keluarga untuk mendapatkan warisan. Anak tersebut bergolongan darah O, M, sedangkan ayahnya bergolongan darah A, N dan ibunya bergolongan darah B, M. Bagaimanan untuk menunjukkan kebenarannya?

Ayah : $I^A I^O, L^N L^N \longrightarrow$ gamet $I^A L^N$ dan $I^O L^N$

Ibu : $I^B I^O, L^M L^M \longrightarrow$ gamet $I^B L^M$ dan $I^O L^M$

Kemungkinan anaknya adalah sebagai berikut.

$I^A I^B L^N L^M, I^A I^O L^N L^M, I^B I^O L^N L^M, \text{ atau } I^O I^O L^N L^M$

Jadi, bagaimana kesimpulan Anda?



Perlu diketahui bahwa penentuan golongan darah untuk mengetahui keturunannya tidak dapat dijamin seratus persen kebenarannya. Jadi, untuk memastikan kebenarannya diperlukan analisis DNA.

3) Sistem Rhesus (Rh)

Selain sistem AB0 dan MN, dikenal pula sistem rhesus yang ditemukan oleh Landsteiner dan Weiner (1940). Disebut rhesus karena pertama kali ditemukan dalam eritrosit kera rhesus (*Macaca rhesus*).

Orang yang mempunyai antigen Rh di permukaan eritrositnya digolongkan Rh+ (*rhesus positif*). Tubuh orang yang bergolongan darah Rh+ tidak dapat membentuk antibodi yang melawan antigen Rh. Sebaliknya, orang yang tidak memiliki antigen Rh di permukaan eritrositnya digolongkan Rh- (*rhesus negatif*). Tubuh orang yang bergolongan darah Rh- dapat membentuk antibodi terhadap antigen Rh.

Misalkan seorang ibu memiliki Rh- mengandung bayi bergolongan darah Rh+. Meskipun darah ibu dan bayi tidak bercampur, karena terhalang plasenta di dalam kandungan, tetap ada eritrosit bayi yang masuk ke dalam tubuh ibunya. Oleh karena itu, tubuh ibu membentuk antibodi, yaitu Rh+. Antibodi ini “melawan” darah bayi yang mengandung antigen Rh. Biasanya, anak pertama lahir dengan selamat karena proses “perlawanan” tidak begitu kuat.

Selanjutnya, jika ibu tersebut hamil lagi bayi kedua yang juga bergolongan darah Rh+, antibodi yang telah terbentuk dalam darah ibu akan masuk ke tubuh bayi. Antibodi tersebut melawan antigen Rh pada eritrosit bayi. Eritrosit bayi akan menggumpal (terjadi aglutinasi). Bayi tersebut akan menderita gangguan darah yang disebut *eritroblastosis fetalis*, yaitu penyakit anemia karena eritrositnya berkurang. Akibatnya, pertukaran gas pada bayi terganggu sehingga dapat terjadi kematian. Perlu diketahui bahwa gangguan darah tersebut hanya terjadi jika ibu bergenotip Rh- dan bayi (fetus) yang dikandungnya bergenotif Rh+. Jika ibu bergenotip Rh+ dan fetus bergenotip Rh-, maka tidak akan terjadi gangguan darah, baik pada bayi maupun ibu. Darah ibu tidak terganggu karena pada fetus Rh- tidak terbentuk antibodi untuk antigen Rh+. Faktor rhesus diatur oleh satu gen yang terdiri atas dua alel, yaitu Rh yang dominan dan rh yang resesif.



Genotip orang yang bergolongan darah Rh⁺ adalah RhRh, sedangkan genotip orang yang bergolongan darah Rh⁻ adalah rhrh.

D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang Pola Hereditas, anda dapat mencoba melakukan kegiatan sesuai lembar kegiatan. Kegiatan pembelajaran terdiri dari 3 kegiatan yaitu kegiatan diskusi (LK G1.01), kegiatan non eksperimen (LK G1.02), dan kegiatan pengembangan soal (LK G1.03). Untuk LK G1.01 dilakukan pada saat tatap muka/diklat, sedangkan untuk LK G1.02 dan LK G1.03 dilakukan secara mandiri di tempat kerja masing-masing.

Khusus untuk kegiatan praktikum lakukan dengan disiplin dan ikuti aturan bekerja di laboratorium. Sebaiknya Anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan percobaan, Ini sangat berguna bagi Anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah. Setelah selesai, Anda dapat merancang kembali disesuaikan dengan kondisi sekolah Anda. Untuk materi Pola Hereditas anda dapat merancang kegiatan non eksperimen secara kreatif kemudian lakukan uji coba rancangan.



LK G1.01 Diskusi

Tujuan

Untuk mengkaji topik Pola Hereditas melalui diskusi kelompok.

Cara Kerja:

1. Perhatikan bahan diskusi berikut ini!

Bahan Diskusi

Perhatikan peta silsilah berikut!

Bagaimana keterkaitan peta silsilah di atas dengan pola hereditas pada manusia?

2. Setelah berdiskusi dalam kelompok, uraikan jawaban anda dengan dalam bentuk tulisan.
3. Setelah melakukan kegiatan di atas, anda diminta untuk membuat jurnal belajar yang mendeskripsikan pelajaran penting apa, permasalahan yang mengemuka, dan solusi yang diperoleh



LK G1.02 GENOTIP

Pendahuluan

Kariotipe merupakan suatu cara untuk mengorganisasi satu set kromosom dari nukleus suatu sel. Apakah kariotip Anda termasuk ke dalam normal atau mengandung kelainan genetik? Apakah laki-laki atau perempuan? Pertanyaan ini akan dijawab melalui beberapa aktivitas berikut ini.

Cara Kerja:

1. Potong-potonglah kromosom yang berasal dari gambar 1,
2. Atur potongan kromosom dalam pasangan masing-masing berdasarkan panjang lengannya dan juga dilihat dari letak sentromer dengan menggunakan diagram 1 sbagai panduan.
3. Langkah selanjutnya adalah menempelkan pasangan kromosom pada kertas.
4. Ulangi proses 1-3 dengan menggunakan kromosom pada gambar 2.

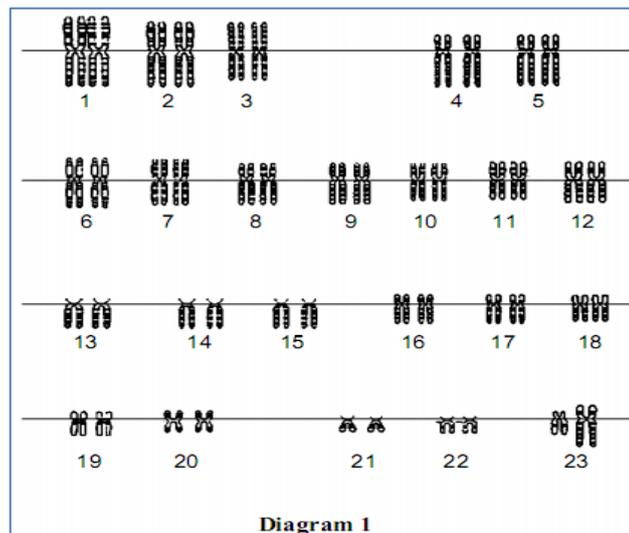


Diagram 1

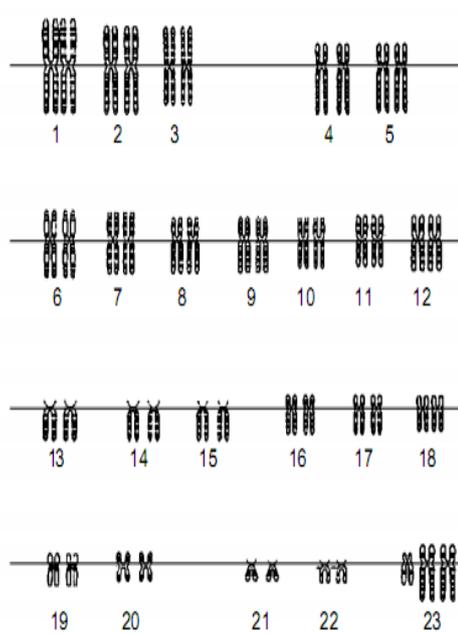


Diagram 2

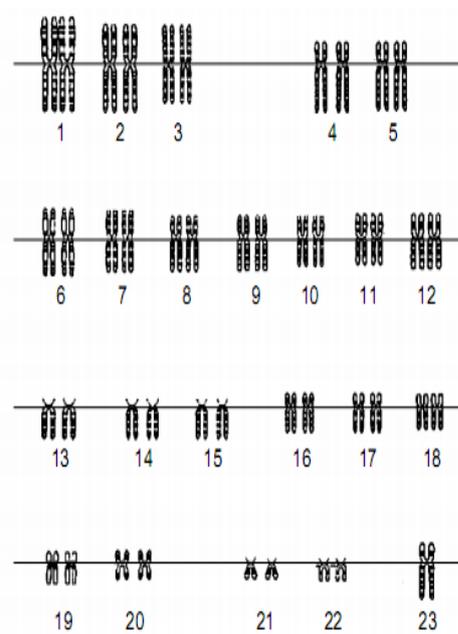


Diagram 3

Pertanyaan:

1. Amati kariotipe pada diagram 1. Perhatikan bahwa dua kromosom seks (pasangan no. 23) tidak sama. Kromosom tersebut berbeda sebab kariotipe ini adalah milik seorang laki-laki, dan seorang laki-laki mempunyai kromosom X dan Y. Berapa banyak kromosom seks yang ada pada kariotipe Anda?
2. Bagaimanakah perbedaan kariotipe pada diagram 2 dengan kariotipe pada diagram 1? Apakah perbedaan ini signifikan?
3. Bagaimanakah perbedaan kariotipe pada diagram 3 dengan kariotipe pada diagram 1? Terangkan bagaimana perbedaan tersebut berpengaruh pada genotip suatu individu.
4. Buat kesimpulan mengenai kondisi genetik yang Anda temukan pada kariotipe yang Anda buat.
5. Kesulitan apa yang Anda alami ketika menyusun kariotipe ini?



LK G1.03. Pengembangan Soal

Tujuan

1. Untuk meningkatkan kemampuan mengembangkan soal
2. Untuk menghasilkan kumpulan

Prosedur Kerja

1. Bacalah bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Penilaian di Modul G Kelompok Kompetensi Pedagogi.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang tertera pada lampiran 1.
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format (lihat lampiran 1a dan 1b)
4. Berdasarkan kisi-kisi diatas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini berdasarkan format yang sudah disediakan (lihat lampiran 3).
5. Kembangkan soal-soal yang sesuai dengan konsep HOTS.
6. Kembangkan soal Pilihan Ganda (PG) sebanyak 3 Soal
7. Kembangkan soal uraian (Essay) sebanyak 3 Soal.

E. Latihan/Kasus/Tugas

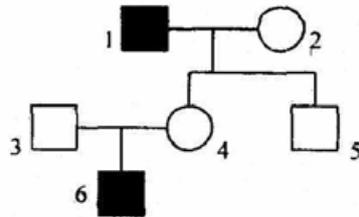
Setelah mempelajari topik pola hereditas, silahkan Anda mencoba mengerjakan latihan soal secara mandiri.

Soal Pilihan Ganda

1. Bila suami istri menderita Akondroplasia 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
2. 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. 50 %
 - B. 25 %
 - C. 12,5 %
 - D. 6,25 %
3. Determinasi seks pada belalang adalah dengan metode X0. Sel somatis seekor belalang dianalisis dan diketahui mengandung 23 kromosom. Tentukan frekuensi tipe gametnya adalah ...
- A. 22 A + X0
 - B. 11 A + X
 - C. 11 A
 - D. 11 A + XX
4. 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
5. Tanaman mangga hijau asam (HHAA) disilangkan dengan mangga kuning manis (hhaa) genotip warna dan rasa saling bertautan, maka ratio fenotip pada F2 nya adalah...
- A. 3 : 1
 - B. 1 : 3
 - C. 9 : 7
 - D. 1 : 1
6. Peta silsilah di bawah ini mengenai sifat buta warna yang terpaut kromosom X, jika C untuk penglihatan normal dan c untuk buta warna. Orang yang mempunyai genetik Cc adalah ...



■ : laki-laki buta warna
● : perempuan buta warna
□ : laki-laki normal
○ : perempuan normal

- A. 6
B. 5
C. 4
D. 3
7. Seorang wanita bergolongan darah O, Rh- menikah dengan laki-laki dengan golongan darah AB, Rh+. Apabila anak pertama mereka adalah laki-laki A Rh- maka pernyataan berikut yang tepat adalah....
- A. Peluang memperoleh anak kedua perempuan, bergolongan darah B dan Rh+ adalah 12.5%
B. Jika anak kedua adalah Rh+ dan bergolongan darah A maka kemungkinan anak ketiga lahir normal adalah 12.5%
C. Probabilitas anak kedua bergolongan darah A dan AB adalah sama
D. Probabilitas anak bergolongan darah O sama dengan Probabilitas anak A dan B
8. Seorang laki dengan genotip AaBbCCDd (A dengan D terpaut). Apabila ia menghasilkan sperma, maka jumlah macam gamet yang dapat dibentuknya adalah....
- A. 4
B. 8
C. 16
D. 2
9. Haemofilia merupakan penyakit menurun yang terpaut seks dan bersifat resesif. Jika seorang wanita yang ayahnya haemofilia menikah dengan laki-laki normal. Berapakah kemungkinan pasangan tersebut memiliki anak laki-laki yang menderita haemofilia?



- A. 0%
 - B. 25%
 - C. 50%
 - D. 75%
 - E. 100%
10. Jika A menunjukkan alel dominan dan a adalah alel resesif, manakah genotip dari orang tua yang menghasilkan 300 keturunan dengan sifat dominan dan 100 keturunan dengan sifat resesif?
- A. AA x AA
 - B. AA x Aa
 - C. AA x aa
 - D. Aa x aa

F. Rangkuman

Jumlah gen yang terdapat di dalam setiap sel tubuh makhluk hidup jauh lebih banyak daripada jumlah kromosom, sehingga ada beberapa gen yang berbeda tetapi menempati kromosom yang sama. Beberapa gen yang berbeda yang menempati kromosom yang sama disebut terpaut (linkage). Dua gen yang lokusnya berdekatan akan selalu berpautan sedangkan gen-gen yang lokusnya berjauhan memungkinkan untuk saling berpisah karena terjadi pindah silang. Gen yang dapat menimbulkan kematian disebut dengan gen letal. Kematian terjadi disebabkan fungsi gen terganggu sehingga tubuh organisme tidak dapat tumbuh sempurna. Gen letal dapat dibedakan menjadi gen letal resesif dan gen letal dominan. Letal pada manusia adalah gen penyebab penyakit sickle cell anemia dan talasemia.

Penurunan sifat-sifat herediter memiliki basis molekuler yaitu replikasi DNA, dan menghasilkan salinan-salinan gen yang dapat diteruskan dari orang tua ke keturunannya. Penurunan sifat tidak hanya terjadi pada manusia tetapi pada seluruh makhluk hidup. Semua sifat manusia, baik fisik, fisiologis, maupun psikologis diwariskan kepada keturunannya mengikuti hukum-hukum hereditas. Penyakit keturunan tidak dapat disembuhkan dan tidak menular, melainkan diwariskan kepada keturunannya. Contoh, albino, buta warna, hemofilia, dan gangguan mental.



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 2: SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA

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

Di dalam bahan ajar ini dijelaskan tentang struktur dan fungsi organ reproduksi pria dan wanita, fertilisasi, proses terjadinya penyatuan sperma dan ovum, kehamilan/gestasi serta penyakit yang berkaitan dengan organ reproduksi pada manusia. Di dalam bahan ajar ini juga dilengkapi dengan evaluasi yang komprehensif sebagai sarana latihan bagi guru Biologi, yang akan berguna juga dalam menghadapi uji kompetensi.

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta diklat dapat meningkatkan pengetahuan mengenai: organ-organ penyusun sistem reproduksi pada manusia, pembentukan sel kelamin pada laki-laki dan wanita, proses ovulasi dan menstruasi dan hubungan antara kesehatan reproduksi, program KB dan kependudukan serta gangguan/kelainan penyakit yang terjadi pada sistem reproduksi yang terintegrasi dengan nilai-nilai karakter.



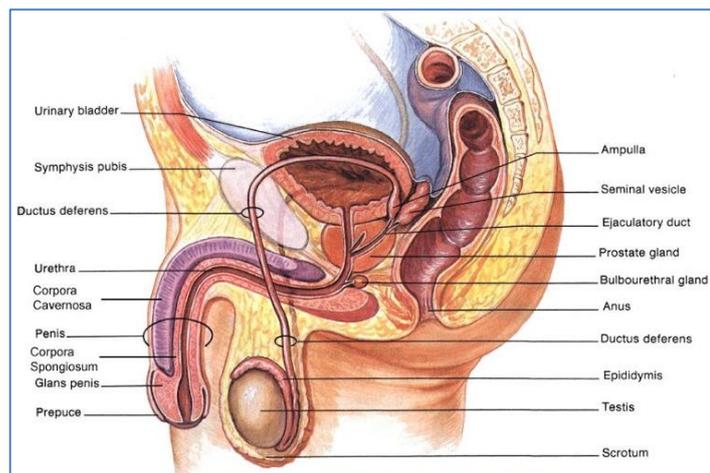
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Mengidentifikasi organ-organ penyusun sistem reproduksi pada manusia.
2. Membedakan organ-organ penyusun sistem reproduksi pada laki-laki dan wanita.
3. Menjelaskan proses pembentukan sel kelamin pada laki-laki.
4. Menjelaskan proses pembentukan sel kelamin pada wanita.
5. Menjelaskan proses ovulasi dan menstruasi.
6. Mengidentifikasi sel-sel penyusun jaringan ovarium dan testes.
7. Menganalisis hubungan antara kesehatan reproduksi, dan program KB.
8. Mengidentifikasi penyebab/kelainan penyakit pada sistem reproduksi.

C. Uraian Materi

1. Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Pria

Organ reproduksi pria meliputi organ reproduksi internal dan organ reproduksi eksternal. Organ reproduksi internal meliputi testis, saluran pengeluaran (*epididimis*, *vas deferens*, saluran ejakulasi, uretra) dan kelenjar asesoris (*vesikula seminalis*, kelenjar prostat, kelenjar Cowper) yang mensekresikan getah esensial bagi kelangsungan hidup dan pergerakan sperma. Sedangkan organ reproduksi eksternal meliputi penis dan skortum.



Gambar 2.1. Organ reproduksi pria tampak dari samping
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009



a. Testis

Testis (gonad jantan) berbentuk oval dan terletak di dalam kantung pelir (skrotum). Sepasang testis ini dibungkus oleh lipatan kulit berbentuk kantung yang disebut kantung zakar. Fungsi testis adalah alat untuk menghasilkan sperma dan hormon kelamin jantan yang disebut testosteron. Hormon inilah yang membuat 'sifat jantan', seperti otot-otot yang menonjol, suara besar, dan sebagainya. Di dalam testis terdapat saluran-saluran halus yang disebut tubulus seminiferus. Dinding tubulus seminiferus mengandung jaringan ikat dan jaringan epithelium germinal atau jaringan epithelium benih yang berfungsi dalam pembentukan sperma (spermatogenesis). yang merupakan tempat pembentukan spermatozoa.

b. Epididimis

Epididimis merupakan sebuah saluran yang berada dalam skrotum dan keluar dari kedua testis. Saluran ini berjumlah sepasang. Epididimis memiliki struktur yang berkelak-kelok, panjangnya mencapai 6 meter. Di dalam saluran ini, sel sperma disimpan sementara hingga matang. Setelah matang, sel sperma bergerak meninggalkan saluran epididimis menuju vas deferens.

c. Vas deferens

Saluran lurus mengarah keatas merupakan kelanjutan epididimis dan ujung salurannya berada dalam kelenjar prostat. Berperan sebagai saluran jalannya sperma dari epididimis menuju vesikula seminalis (kantung semen/kantung mani).

d. Vesikula seminalis

Vesikula seminalis (kantung semen) merupakan sepasang kelenjar yang berlekuk-lekuk yang terletak di belakang kantung kemih. Dindingnya mensekresikan cairan kental berwarna kekuning-kuningan dan bersifat basa (alkalis). Menyumbangkan sekitar 60% total volume semen. Cairan tersebut mengandung mukus (lendir), gula fruktosa (penyedia energi untuk pergerakan sperma), enzim, vitamin dan hormon prostagladin.



e. Uretra

Uretra merupakan saluran yang terdapat disepanjang penis, memiliki lubang keluar di ujung penis. Uretra berjumlah satu buah, berfungsi sebagai saluran keluar urine dan saluran keluar air mani.

f. Kelenjar prostat.

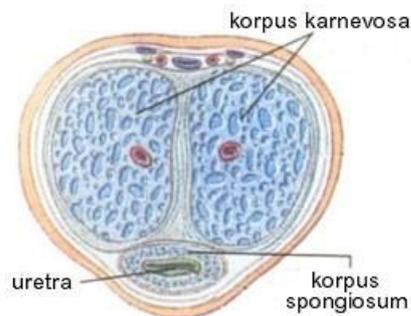
Kelenjar prostat melingkari bagian atas uretra dan terletak di bawah kandung kemih. Mensekresikan getahnya secara langsung ke dalam uretra berupa cairan encer berwarna putih seperti susu mengandung enzim antikoagulan dan asam sitrat (nutrisi bagi sperma).

g. Kelenjar Cowper atau kelenjar Bulbouretra.

Terletak di bawah kelenjar Prostat. Melalui saluran mensekresikan getahnya kedalam uretra berupa mukus (lendir) jernih bersifat basa yang dapat menetralkan urin asam yang tertinggal di sepanjang uretra.

h. Penis

Penis tersusun tiga rongga yang berisi jaringan spons. Silinder jaringan erektil mirip spons berasal dari vena dan kapiler yang mengalami modifikasi. Dua terletak di atas disebut korpus kavernosa, satu buah terletak di bawah dan membungkus uretra disebut korpus spongiosum. Batang utama penis dilapisi kulit yang relatif lebih tebal. Kepala penis (glands penis) ditutup oleh lipatan kulit yang jauh lebih tipis dan disebut preputium (prepuce), kulit inilah yang dihilangkan pada saat dikhitan. Bila terjadi suatu rangsangan jaringan erektil tersebut akan terisi penuh oleh darah dan penis akan mengembang dan tegang disebut ereksi. Penis dapat berfungsi sebagai alat kopulasi bila dalam keadaan ereksi.



Gambar 2.2. Penampang lintang penis
Sumber: Biggs, Alton., etc. 2008

i. Skrotum (kantung pelir)

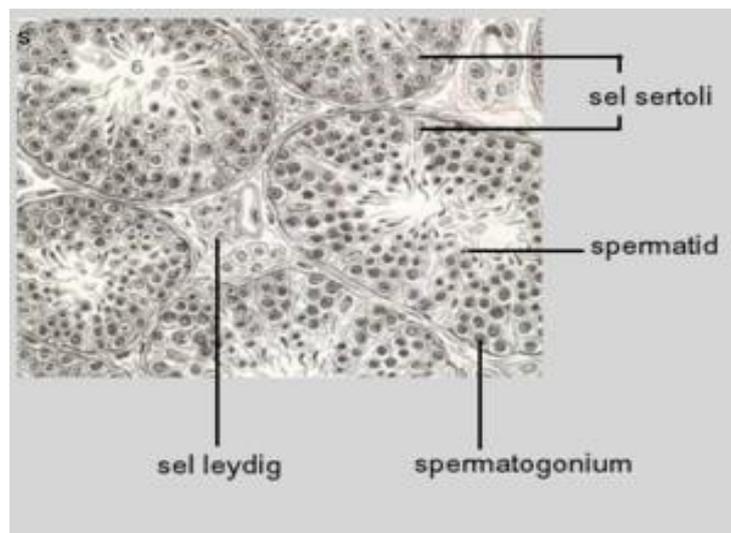
Skrotum merupakan kantung yang didalamnya berisi testis. Skrotum berjumlah sepasang. Antara kantung sebelah kanan dan kiri dibatasi oleh sekat yang tersusun jaringan ikat dan otot polos (otot dartos). Otot dartos menyebabkan skrotum dapat mengendur dan berkerut.

j. Spermatogenesis

Proses pembentukan dan pemasakan spermatozoa disebut spermatogenesis. Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus. Spermatogenesis mencakup pematangan sel epitel germinal melalui proses pembelahan dan diferensiasi sel, yang bertujuan untuk membentuk sperma fungsional. Pematangan sel terjadi di tubulus seminiferus yang kemudian disimpan di epididimis. Dinding tubulus seminiferus tersusun dari jaringan ikat dan jaringan epitelium germinal (jaringan epitelium benih) yang berfungsi pada saat spermatogenesis. Pintalan-pintalan tubulus seminiferus terdapat di dalam ruang-ruang testis (lobulus testis). Satu testis umumnya mengandung sekitar 250 lobulus testis. Tubulus seminiferus terdiri dari sejumlah besar sel epitel germinal (sel epitel benih) yang disebut spermatogonia (spermatogonium = tunggal). Spermatogonia terletak di dua sampai tiga lapisan luar sel-sel epitel tubulus seminiferus. Spermatogonia terus-menerus membelah untuk memperbanyak diri, sebagian dari spermatogonia berdiferensiasi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu untuk membentuk sperma.



Pada tubulus seminiferus terdapat sel-sel induk spermatozoa atau spermatogonium, sel Sertoli, dan sel Leydig. Sel Sertoli berfungsi memberi makan spermatozoa sedangkan sel Leydig yang terdapat di antara tubulus seminiferus berfungsi menghasilkan testosteron.



Gambar 2.3. Penampang lintang tubulus seminiferous
Sumber: Biggs, Alton., etc. 2008

Proses Spermatogenesis:

Pada proses spermatogenesis terjadi proses - proses dalam istilah sebagai berikut:

- 1) Spermatositogenesis (*Spermatocytogenesis*) adalah tahap awal dari *spermatogenesis*, yaitu peristiwa pembelahan spermatogonium menjadi spermatosit primer (*mitosis*), selanjutnya spermatosit melanjutkan pembelahan secara *meiosis* menjadi spermatosit sekunder dan *spermatid*. Istilah ini biasa disingkat proses pembelahan sel dari *spermatogonium* menjadi *spermatid*.
- 2) Spermiogenesis (*Spermiogenesis*) adalah peristiwa perubahan *spermatid* menjadi sperma yang dewasa. *Spermiogenesis* terjadi di dalam epididimis dan membutuhkan waktu selama 2 hari. Terbagi menjadi tahap a) Pembentukan golgi, *axon ema* dan kondensasi DNA, b) Pembentukan *cap* akrosom, c) pembentukan bagian ekor, d) Maturasi, reduksi sitoplasma difagosit oleh sel Sertoli.



- 3) Spermiasi (*Spermiation*) adalah peristiwa pelepasan sperma matur dari sel sertoli ke *lumen tubulus seminiferus* selanjutnya ke epididimidis. Sperma belum memiliki kemampuan bergerak sendiri (non-motil). Sperma non motil ini ditranspor dalam *cairan testicular* hasil sekresi sel Sertoli dan bergerak menuju epididimidis karena kontraksi *otot peritubuler*. Sperma baru mampu bergerak dalam saluran epididimidis namun pergerakan sperma dalam saluran reproduksi pria bukan karena motilitas sperma sendiri melainkan karena kontraksi peristaltik otot saluran.

Ada dua fase atau tahap spermatogenesis:

- 1) Fase spermatocytogenesis, yaitu fase pertumbuhan jaringan spermatogenik dengan pembelahan sederhana.
- 2) Fase spermiogenesis, yaitu fase terjadinya peristiwa metamorfosis atau perubahan bentuk dari spermatid menjadi spermatozoa muda dan sempurna.

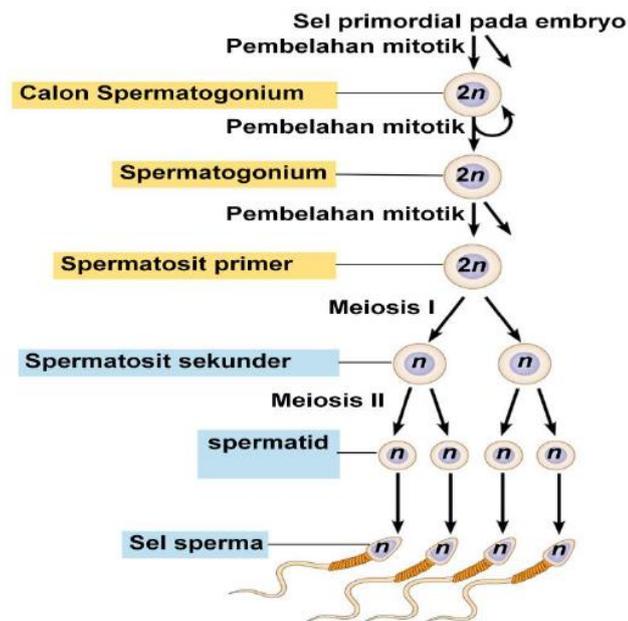
Spermatogenesis mencakup pematangan sel epitel germinal dengan melalui proses pembelahan dan diferensiasi sel. Hal ini bertujuan untuk membentuk sperma fungsional. Pematangan sel terjadi di tubulus seminiferus yang kemudian disimpan dalam epididimidis. Tubulus seminiferus terdiri dari sejumlah besar sel epitel germinal atau sel epitel benih yang disebut spermatogonia. Spermatogonia terletak di dua sampai tiga lapisan luar sel-sel epitel tubulus seminiferus. Spermatogonia terus-menerus membelah untuk memperbanyak diri. Sebagian dari spermatogonia berdiferensiasi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu untuk membentuk sperma.

Pada tahap pertama spermatogenesis, spermatogonia yang bersifat diploid berkumpul di tepi membran epitel germinal yang disebut spermatogonia tipe A. Spermatogonia tipe A membelah secara mitosis menjadi spermatogonia tipe B. Kemudian, setelah beberapa kali membelah, sel-sel ini akhirnya menjadi spermatosit primer yang masih bersifat diploid. Setelah beberapa minggu, setiap spermatosit primer membelah secara meiosis membentuk dua buah spermatosit sekunder yang bersifat haploid. Spermatosit sekunder kemudian membelah lagi secara meiosis membentuk empat buah spermatid. Spermatid merupakan calon sperma yang belum memiliki ekor dan bersifat haploid. Setiap spermatid akan



berdiferensiasi menjadi spermatozoa atau sperma. Proses perubahan spermatid menjadi sperma disebut spermiasi.

Spermatogonium berubah menjadi spermatosit primer melalui pembelahan mitosis. Selanjutnya, spermatosit primer membelah diri secara miosis menjadi dua spermatosit sekunder yang haploid dan berukuran sama. Spermatosit sekunder mengalami pembelahan meiosis dua menghasilkan empat spermatid. Spermatid adalah calon sperma yang belum berekor. Spermatid yang telah mempunyai ekor disebut sperma. Pada manusia spermatogenesis berlangsung lebih kurang 16 hari. Selama spermatogenesis, sperma menerima bahan makanan dari sel-sel sertoli. Sel sertoli merupakan tipe sel lainnya di dalam tubulus seminiferus.



Gambar 2.4.. Spermatogenesis
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

Bila spermatogenesis sudah selesai, maka ABP testosteron (*Androgen Binding Protein Testosteron*) tidak diperlukan lagi, sel Sertoli akan menghasilkan hormon inhibin untuk memberi umpan balik kepada hipofisis agar menghentikan sekresi FSH dan LH.

Spermatozoa akan keluar melalui uretra bersama-sama dengan cairan yang dihasilkan oleh kelenjar vesikula seminalis, kelenjar prostat dan kelenjar cowper. Spermatozoa bersama cairan dari kelenjar-kelenjar tersebut dikenal sebagai



semen atau air mani. Pada waktu ejakulasi, seorang laki-laki dapat mengeluarkan 300 – 400 juta sel spermatozoa.

2. Hormon-hormon pada Pria

Proses spermatogenesis atau pembentukan sperma distimulasi oleh sejumlah hormon, yaitu testoteron, LH (*luteinizing hormon*), FSH (*follicle stimulating hormon*), estrogen dan hormon pertumbuhan.

a. Testosteron

Testoteron disekresi oleh sel-sel leydig yang terdapat di antara tubulus seminiferus. Hormon ini penting bagi tahap pembelahan sel-sel germinal untuk membentuk sperma, terutama pembelahan meiosis untuk membentuk spermatosit sekunder.

b. LH (Luteinizing Hormon)

LH disekresi oleh kelenjar hipofisis anterior. LH berfungsi menstimulasi sel-sel leydig untuk mensekresi testoteron.

c. FSH (Follicle Stimulating Hormon)

FSH juga disekresi oleh sel-sel kelenjar hipofisis anterior dan berfungsi menstimulasi sel-sel sertoli. Tanpa stimulasi ini, perubahan spermatid menjadi sperma (spermiasi) tidak akan terjadi.

d. Estrogen

Estrogen dibentuk oleh sel-sel sertoli ketika distimulasi oleh FSH. sel-sel sertoli juga mensekresi suatu protein pengikat androgen yang mengikat testoteron dan estrogen serta membawa keduanya ke dalam cairan pada tubulus seminiferus. kedua hormon ini tersedia untuk pematangan sperma.

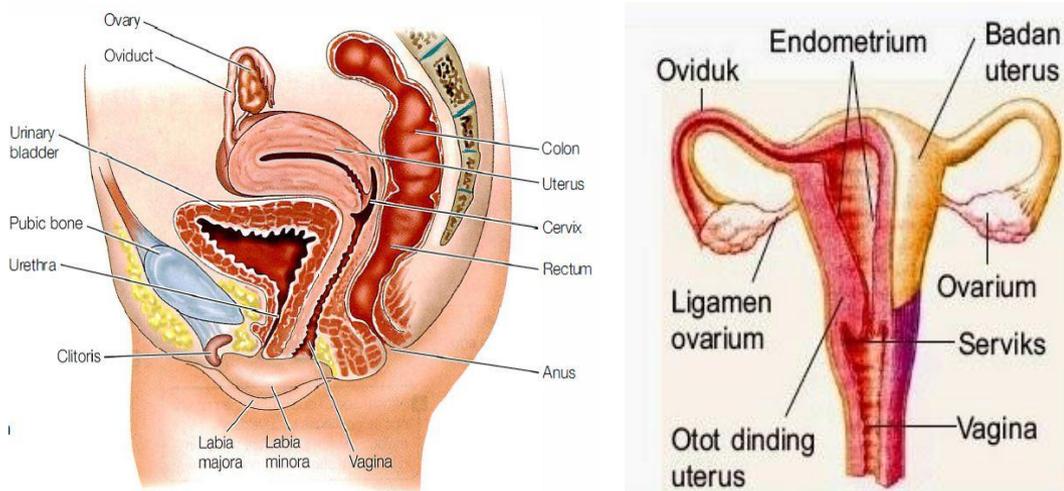
e. Hormon pertumbuhan

Hormon pertumbuhan diperlukan untuk mengatur fungsi metabolisme testis. Hormon pertumbuhan secara khusus meningkatkan pembelahan awal pada spermatogenesis.



3. Struktur Organ Reproduksi Wanita

Struktur organ reproduksi wanita meliputi organ reproduksi internal dan organ reproduksi eksternal. Keduanya saling berhubungan dan tak terpisahkan. Organ reproduksi internal terdapat di dalam rongga abdomen, meliputi sepasang ovarium dan saluran reproduksi yang terdiri saluran telur (oviduct/tuba falopii), rahim (uterus) dan vagina. Organ reproduksi luar meliputi mons veneris, klitoris, sepasang labium mayora dan sepasang labium minora.



Gambar 2.5: a. Struktur organ reproduksi wanita; b. Alat reproduksi bagian dalam wanita
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

a. Ovarium.

Ovarium berbentuk oval dengan panjang 3-4 cm, menggantung bertaut melalui mesentrium ke uterus. Merupakan gonade perempuan yang berfungsi menghasilkan ovum dan mensekresikan hormon kelamin perempuan yaitu estrogen dan progesteron. Ovarium berjumlah sepasang, terbungkus oleh kapsul pelindung yang kuat dan banyak mengandung folikel. Seorang perempuan kurang lebih memiliki 400.000 folikel dari kedua ovariumnya sejak masih dalam kandungan ibunya. Namun hanya beberapa ratus saja yang berkembang dan melepaskan ovum selama masa reproduksi seorang perempuan, yaitu sejak *menarche* (pertama mendapat menstruasi) hingga *menopause* (berhenti menstruasi). Pada umumnya hanya sebuah folikel yang matang dan melepaskan



ovum tiap satu siklus menstruasi (kurang lebih 28 hari) dari salah satu ovarium secara bergantian.

Selama mengalami pematangan, folikel mensekresikan hormon estrogen. Setelah folikel pecah dan melepaskan ovum, folikel akan berubah menjadi korpus luteum yang mensekresikan estrogen dan hormon progesteron. Estrogen yang disekresikan korpus luteum tak sebanyak yang disekresikan oleh folikel. Jika sel telur tidak dibuahi maka korpus luteum akan lisis dan sebuah folikel baru akan mengalami pematangan pada siklus berikutnya.

b. Tuba falopii/oviduct (saluran telur)

Tuba falopii berjumlah sepasang, ujungnya mirip corong berjumbai yang disebut **infundibulum** berfungsi untuk menangkap ovum yang dilepas dari ovarium. Epithelium bagian dalam saluran ini bersilia, gerakan silia akan mendorong ovum untuk bergerak menuju uterus.

c. Uterus (rahim)

Uterus merupakan tempat tumbuh dan berkembangnya embrio, dindingnya dapat mengembang selama kehamilan dan kembali berkerut setelah melahirkan. Jumlah satu buah, berotot polos tebal, berbentuk buah pir, bagian bawah mengecil disebut **cervix**. Dinding sebelah dalam disebut **endometrium**, banyak mengasilkan lendir dan pembuluh darah. Endometrium akan menebal menjelang ovulasi dan meluruh pada saat menstruasi.

d. Vagina

Merupakan akhir dari saluran reproduksi wanita. Suatu selaput berpembuluh darah yang disebut **hymen** menutupi sebagian saluran vagina. Membran ini dapat robek akibat aktivitas fisik yang berat atau saat terjadi hubungan badan. Vagina berfungsi sebagai alat kopulasi wanita dan juga sebagai saluran kelahiran. Dindingnya berlipat-lipat, dapat mengembang saat melahirkan bayi. Pada dinding sebelah dalam vagina bermuara **kelenjar bartholin** yang mensekresikan lendir saat terjadi rangsangan seksual.

e. Mons veneris

Merupakan bagian yang tebal dan banyak mengandung jaringan lemak terletak pada bagian paling atas dari vulva



f. Labium mayora

Labium mayora merupakan suatu lipatan tebal yang mengelilingi vagina dan ditumbuhi rambut, jumlahnya sepasang.

g. Labium minora

Labium minora merupakan suatu lipatan tipis di sebelah dalam labium mayora, banyak mengandung pembuluh darah dan saraf. Labium minora jumlahnya sepasang, menyatu di bagian atas membentuk **clitoris**. Labium minora mengelilingi vestibulum, suatu tempat dimana terdapat lubang uretra di bagian atas dan lubang vagina di bagian bawah.

h. Clitoris

Berupa sebuah tonjolan kecil, merupakan bagian yang paling peka terhadap rangsang karena banyak mengandung saraf.

4. Oogenesis dan Siklus Menstruasi

Oogenesis merupakan proses pembentukan ovum di dalam ovarium. Di dalam ovarium atau indung telur terdapat **oogonium** (oogonia = jamak). Oogonium bersifat diploid ($2n =$ mengandung 23 pasang kromosom atau 46 buah kromosom). Oogenesis telah dimulai sejak bayi perempuan masih dalam kandungan ibunya berusia sekitar 5 bulan. Oogonium akan memperbanyak diri dengan membelah berulang kali secara mitosis, membentuk oosit primer. Oosit primer terbungkus dalam folikel yang penuh dengan cairan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan ovum.

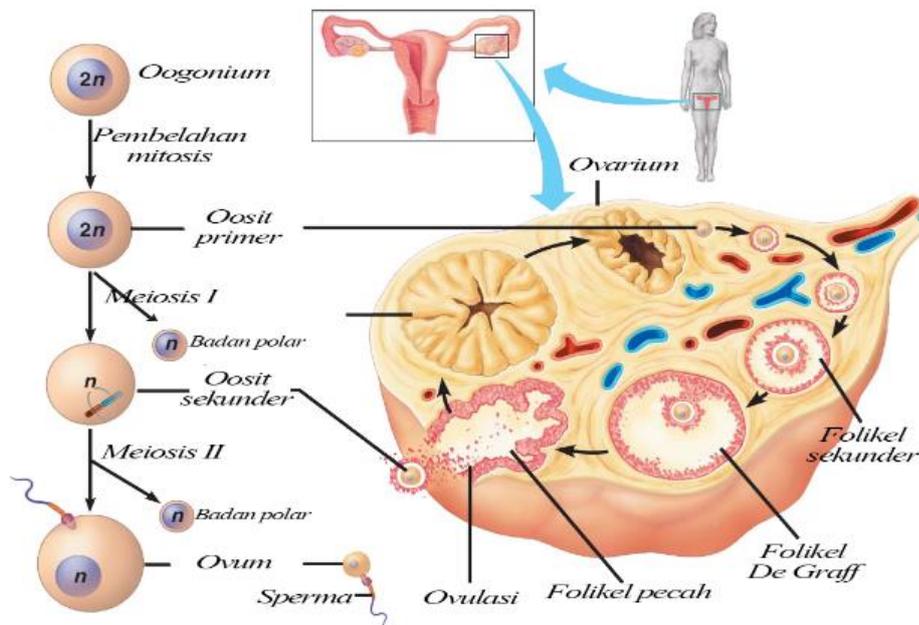
Memasuki usia pubertas sekresi hormon estrogen akan memacu oosit primer untuk melanjutkan proses oogenesis; oosit primer mengalami meiosis pertama menghasilkan 2 sel berbeda ukuran yaitu oosit sekunder (berukuran besar) dan polosit primer (berukuran kecil). Oogenesis terhenti hingga terjadi ovulasi, bila tidak terjadi fertilisasi oosit sekunder akan mengalami degenerasi. Namun bila ada penetrasi sperma dan terjadi fertilisasi, oogenesis akan dilanjutkan dengan pembelahan meiosis kedua; oosit sekunder membelah menjadi 2 yaitu ootid (berukuran besar) dan polosit sekunder (berukuran kecil). Sedangkan polosit

primer membelah menjadi 2 polosit sekunder. Sehingga pada akhir oogenesis dihasilkan 3 polosit dan 1 ootid yang berkembang menjadi ovum.

Proses Oogenesis:

a. Sel-Sel Kelamin Primordial

Sel-sel kelamin primordial mula-mula terlihat di dalam ektoderm embrional dari saccus vitellinus, dan mengadakan migrasi ke epitelium germinativum kira-kira pada minggu ke 6 kehidupan intrauteri (dalam kandungan). Masing-masing sel kelamin primordial (oogonium) dikelilingi oleh sel-sel pregranulosa yang melindungi dan memberi nutrisi oogonium dan secara bersama-sama membentuk folikel primordial.



Gambar 2.6. Perkembangan folikel di dalam ovarium
Sumber: Biggs, Alton., etc. 2008

b. Folikel Primordial

Folikel primordial mengadakan migrasi ke stroma cortex ovarium dan folikel ini dihasilkan sebanyak 200.000 buah. Sejumlah folikel primordial berupaya berkembang selama kehidupan intrauteri dan selama masa kanak-kanak, tetapi tidak satupun mencapai pemasakan. Pada waktu pubertas satu folikel dapat menyelesaikan proses pemasakan dan disebut **folikel de graaf** dimana didalamnya terdapat sel kelamin yang disebut oosit primer.



c. Oosit Primer

Inti (nukleus) oosit primer mengandung 23 pasang kromosom ($2n$). Satu pasang kromosom merupakan kromosom yang menentukan jenis kelamin, dan disebut kromosom XX. Kromosom-kromosom yang lain disebut autosom. Satu kromosom terdiri dari dua kromatin. Kromatin membawa gen-gen yang disebut DNA.

d. Pembelahan Meiosis Pertama

Meiosis terjadi di dalam ovarium ketika folikel de Graaf mengalami pemasakan dan selesai sebelum terjadi ovulasi. Inti oosit atau ovum membelah sehingga kromosom terpisah dan terbentuk dua set yang masing-masing mengandung 23 kromosom. Satu set tetap lebih besar dibanding yang lain karena mengandung seluruh sitoplasma, sel ini disebut **oosit sekunder**. Sel yang lebih kecil disebut **badan polar pertama**. Kadang-kadang badan polar primer ini dapat membelah diri dan secara normal akan mengalami degenerasi.

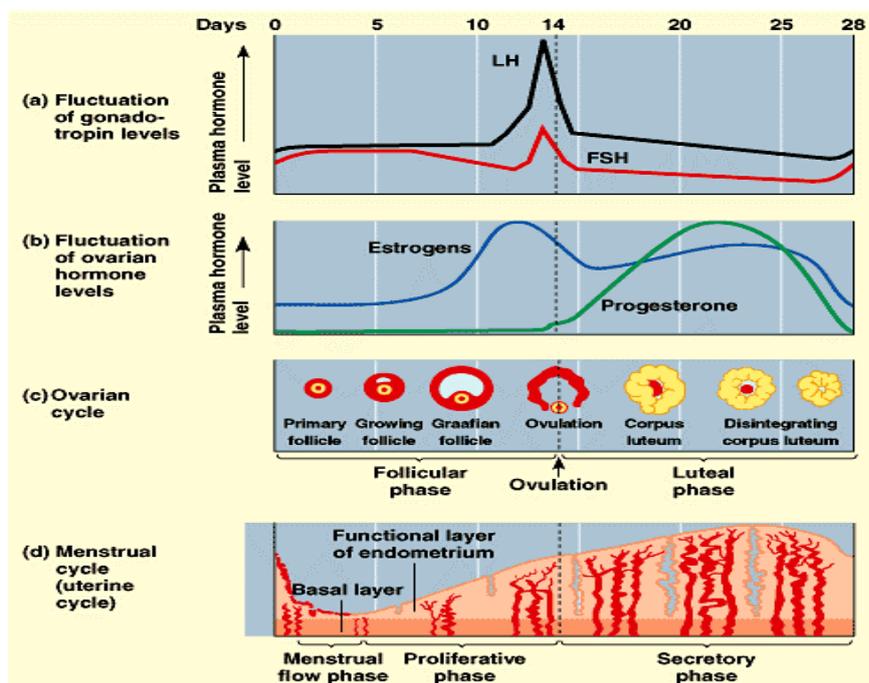
Pembelahan meiosis pertama ini menyebabkan adanya kromosom haploid pada oosit sekunder dan badan polar primer, juga terjadi pertukaran kromatid dan bahan genetiknya.

e. Oosit Sekunder

Pembelahan meiosis kedua biasanya terjadi hanya apabila kepala spermatozoa menembus zona **pellucida oosit**. Oosit sekunder membelah membentuk ootid yang akan berdiferensiasi menjadi ovum dan satu badan polar lagi, sehingga terbentuk tiga badan polar dan satu ovum masak, semua mengandung bahan genetik yang berbeda. Ketiga badan polar tersebut secara normal mengalami degenerasi. Ovum yang masak yang telah mengalami fertilisasi mulai mengalami perkembangan embrional.

5. Hormon-hormon pada Wanita

Pada wanita peran hormon dalam perkembangan oogenesis dan perkembangan reproduksi jauh lebih kompleks dibandingkan pada pria. Hormon pada reproduksi wanita di antaranya berperan dalam siklus menstruasi.



Gambar 2.7. Siklus Menstruasi
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

Siklus Menstruasi atau haid merupakan pendarahan yang terjadi akibat luruhnya dinding sebelah dalam rahim (**endometrium**) yang banyak mengandung pembuluh darah. Lapisan endometrium dipersiapkan untuk menerima implantasi embrio. Jika tidak terjadi implantasi embrio lapisan ini akan luruh, darah keluar melalui cervix dan vagina. Pendarahan ini terjadi secara periodik, jarak waktu antara menstruasi yang satu dengan menstruasi berikutnya dikenal dengan satu siklus menstruasi. Siklus menstruasi rata-rata berkisar 28 hari. Hari pertama menstruasi dinyatakan sebagai hari pertama siklus menstruasi. Siklus ini terdiri atas 4 fase: fase menstruasi, fase pra-ovulasi, fase ovulasi, fase pasca-ovulasi

a. Fase menstruasi

Terjadi bila ovum tidak dibuahi sperma, sehingga korpus luteum menghentikan produksi hormon estrogen dan progesteron. Turunnya kadar estrogen dan progesteron menyebabkan lepasnya ovum dari endometrium disertai robek dan luruhnya endometrium, sehingga terjadi pendarahan. Fase menstruasi berlangsung kurang lebih 5 hari. Darah yang keluar selama menstruasi berkisar antara 50 - 150 ml



b. Fase pra-ovulasi atau fase poliferasi

Hormon pembebas gonadotropin yang disekresikan hipotalamus akan memacu hipofise untuk mensekresikan FSH. FSH memacu pematangan folikel dan merangsang folikel untuk mensekresikan hormon estrogen. Adanya estrogen menyebabkan pembentukan kembali (*poliferasi*) dinding endometrium. Peningkatan kadar estrogen juga menyebabkan serviks (leher rahim) untuk mensekresikan lendir yang bersifat basa. Lendir ini berfungsi untuk menetralkan suasana asam pada vagina sehingga mendukung kehidupan sperma.

c. Fase Ovulasi

Jika siklus menstruasi seorang perempuan 28 hari, maka ovulasi terjadi pada hari ke 14. Peningkatan kadar estrogen menghambat sekresi FSH, kemudian hipofise mensekresikan LH. Peningkatan kadar LH merangsang pelepasan oosit sekunder dari folikel, peristiwa ini disebut ovulasi.

d. Fase pasca ovulasi atau fase sekresi

Berlangsung selama 14 hari sebelum menstruasi berikutnya. Walaupun panjang siklus menstruasi berbeda-beda, fase pasca-ovulasi ini selalu sama yaitu 14 hari sebelum menstruasi berikutnya. Folikel de Graaf (folikel matang) yang telah melepaskan oosit sekunder akan berkerut dan menjadi korpus luteum. Korpus luteum mensekresikan hormon progesteron dan masih mensekresikan hormon estrogen namun tidak sebanyak ketika berbentuk folikel. Progesteron mendukung kerja estrogen untuk mempertebal dan menumbuhkan pembuluh-pembuluh darah pada endometrium serta mempersiapkan endometrium untuk menerima implantasi embrio jika terjadi pembuahan atau kehamilan. Jika tidak terjadi pembuahan, korpus luteum akan berubah menjadi korpus albikan yang hanya sedikit mensekresikan hormon, sehingga kadar progesteron dan estrogen menjadi rendah. Keadaan ini menyebabkan terjadinya menstruasi demikian seterusnya.

6. Fertilisasi

Fertilisasi terjadi pada saat wanita dalam periode masa subur yaitu setelah terjadi ovulasi dan oosit sekunder bergerak disepanjang tuba falopii menuju uterus. Dari 200 hingga 400 juta sperma hasil ejakulasi di dalam vagina, sebagian yang



tertinggal di vagina akan terseleksi oleh asam vagina dan hanya beberapa ratus ribu sperma yang dapat mencapai uterus. Dengan bantuan kontraksi otot uterus, sperma akan menyebar diseluruh permukaan uterus. Sebagian dari sperma ini terseleksi kembali oleh sel darah putih di dalam uterus hingga akhirnya hanya tinggal beberapa ribu bahkan hanya beberapa ratus yang berhasil mencapai tuba falopii untuk bertemu dengan ovum.

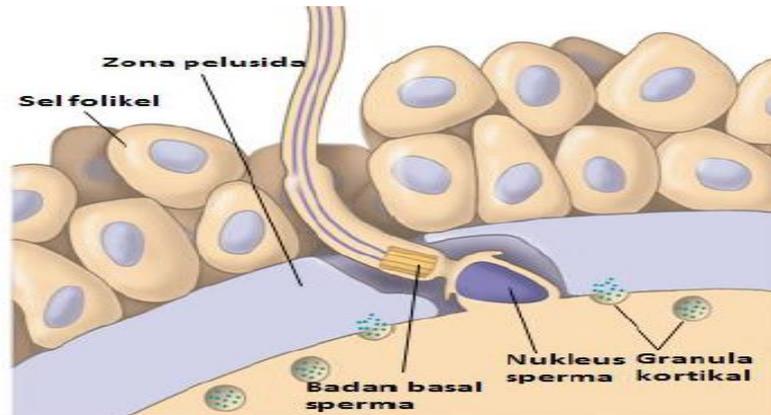
Sperma harus menembus korona radiata dan zona pelusida yang membungkus oosit sekunder. Baik sperma maupun oosit sekunder saling mengeluarkan enzim dan zat tertentu yang saling mendukung sehingga sperma dapat menembus pembungkus oosit sekunder.

Pada sperma, bagian akrosom sperma mengeluarkan:

- a. **Hialuroidase**, suatu enzim yang dapat melarutkan senyawa hialuronid pada korona radiata.
- b. **Akrosin**, suatu enzim protease yang dapat menghancurkan senyawa glukoprotein pada zona pelusida.
- c. **Antifertilizin**, antigen terhadap oosit sekunder sehingga sperma dapat melekat pada oosit sekunder.

Sedangkan oosit sekunder mengeluarkan **fertilizin**, yang tersusun dari senyawa glikoprotein. Fertilizin berfungsi: (a) mengaktifkan sperma agar bergerak cepat; (b) menarik sperma secara kemotaksis positif dan (c) mengumpulkan sperma di sekeliling oosit sekunder.

Bila sebuah sperma telah menembus oosit sekunder, sel-sel granulosit di bagian kortek oosit akan mengeluarkan senyawa tertentu yang menyebabkan zona pelusida tidak dapat ditembus oleh sperma lain. Adanya penetrasi sperma juga akan merangsang penyelesaian meiosis 2 sehingga dihasilkan sebuah ovum yang fungsional dan tiga buah polosit degeneratif.



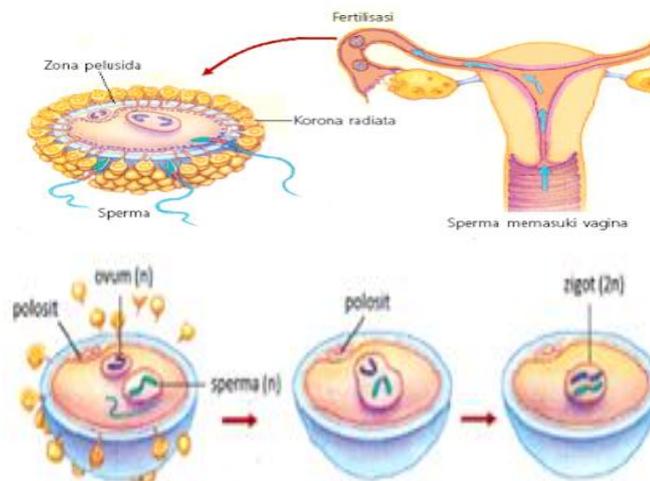
Gambar 2.8. Proses fertilisasi pada manusia
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

Fertilisasi berlangsung di dalam tuba falopii. Segera setelah sperma memasuki oosit sekunder, inti nukleus pada kepala sperma akan membesar dan ekor sperma akan mengalami degenerasi, kemudian terjadi penyatuan inti sperma yang mengandung kromosom haploid dan ovum yang haploid sehingga terbentuk zigot yang mengandung kromosom diploid atau 46 buah kromosom.

Terjadi penyatuan sperma dan ovum

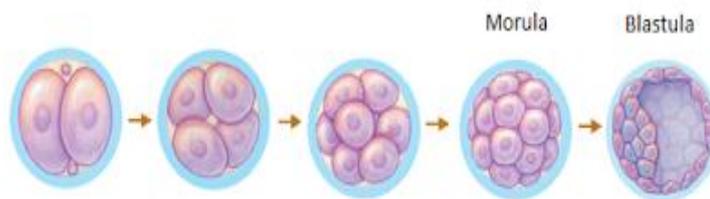
Proses terjadinya fertilisasi di dalam oviduk pada organ reproduksi wanita:

- 1) sperma mengelilingi oosit sekunder,
- 2) ekor sperma berdegenerasi dan nukleusnya membesar,
- 3) nukleus sperma berfusi dengan nukleus ovum,
- 4) terbentuk sigot.



Gambar 2.9. Proses terjadinya fertilisasi di dalam oviduk
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

Kurang lebih 24 jam setelah fertilisasi, zigot mengalami proses pembelahan (*cleavage*) menjadi morula dan selanjutnya menjadi blastula. Mula-mula zigot membelah menjadi beberapa buah sel dengan ukuran sama berbentuk bulat menyerupai buah arbei yang disebut morula. Morula terus membelah hingga membentuk rongga yang disebut blastocoel, pada fase ini embrio disebut blastula. Blastula akan menempel dan terimplantasi pada endometrium. Sel-sel bagian dalam blastula akan berkembang menjadi embrio yang terdiri atas tiga lapis jaringan yaitu ektoderm, mesoderm dan endoderm. Ketiga lapis jaringan tersebut akan mengalami organogenesis atau berkembang menjadi berbagai macam organ.



Gambar 2.10. Tahapan pembelahan zigot hasil fertilisasi
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

7. Kehamilan atau Gestasi.

Embrio berupa blastula bergerak dari oviduct menuju uterus akhirnya tertanam (mengalami implantasi/nidasi) dalam dinding endometrium. Setelah implantasi embrio terjadilah kehamilan.

Sel-sel bagian luar blastula disebut trofoblas mensekresikan enzim proteolitik yang berfungsi untuk melisiskan sel-sel endometrium, kemudian membentuk tonjolan-tonjolan sebagai alat kait untuk menempel pada endometrium. Sel-sel di bawah trofoblas dengan cepat membelah (berproliferasi) membentuk plasenta dan selaput/kantung kehamilan

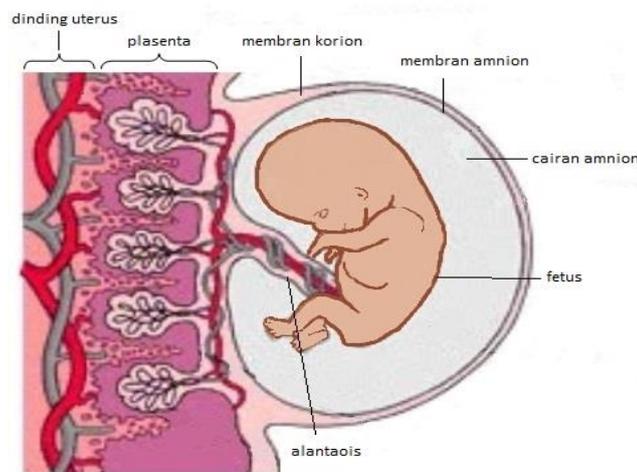
Macam-macam membran kehamilan:

- Sakus vitelinus atau kantung telur adalah membran berbentuk kantung yang pertama kali dibentuk dari perluasan lapisan endoderm (lapisan terdalam blastosit). Sakus vitelinus merupakan tempat pembentukan sel-sel darah dan pembuluh-pembuluh darah pertama embrio. Sakus vitelinus berinteraksi dengan trofoblas membentuk korion.



- b.** Korion merupakan membran terluar yang tumbuh melingkupi embrio. Korion membentuk vili korion atau jonjot-jonjot di dalam endometrium. Vili korion berisi pembuluh darah embrio yang berhubungan dengan darah ibu yang banyak terdapat di dalam endometrium uterus. Korion dengan jaringan endometrium uterus membentuk plasenta, yang merupakan organ pemberi nutrisi embrio.
- c.** Amnion merupakan membran yang langsung melingkupi embrio dalam suatu ruangan yang berisi cairan amnion (air ketuban). Cairan amnion dihasilkan dari membran amnion, cairan ini berfungsi untuk menjaga embrio agar dapat bergerak dengan bebas, menjaga suhu lingkungan embrio dan menjaga dari pengaruh guncangan.
- d.** Allantois merupakan membran pembentuk tali pusat. Didalam allantois terdapat 2 macam pembuluh darah: arteri pusat dan vena pusat. arteri pusat mengalirkan darah dari jantung fetus menuju plasenta mengandung sisa metabolisme dan karbondioksida. Vena pusat mengalirkan darah dari plasenta menuju jantung fetus mengandung nutrisi dan oksigen.

Sel-sel bagian dalam blastula disebut embrioblas atau bakal embrio. Mula-mula terdapat 2 lapisan embrioblas yaitu ektoderm dan endoderm, lapisan luar akan melekok membentuk lapisan tengah atau mesoderm. Pada fase 3 lapisan ini embrio disebut gastrula. Selanjutnya ketiga lapisan ini akan berkembang membentuk berbagai macam organ (organogenesis) pada minggu ke empat sampai ke delapan; lapisan ektoderm membentuk kulit dan rambut, saraf, hidung, mata. Mesoderm berkembang menjadi tulang, otot, jantung, pembuluh darah, ginjal, limpha dan kelenjar kelamin. Sedangkan endoderm akan membentuk organ-organ pernafasan dan pencernaan. Selanjutnya mulai minggu ke sembilan hingga menjelang kelahiran terjadi penyempurnaan berbagai organ dan pertumbuhan tubuh terjadi sangat pesat, pada masa ini disebut fetus atau janin.



Gambar 2.11. Macam-macam membran kehamilan
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

Masa kehamilan adalah masa sejak terjadinya fertilisasi/konsepsi dan embrio terimplantasi dalam endometrium hingga terjadi kelahiran. Rata-rata berlangsung selama 266 hari (38 minggu) dari konsepsi atau 40 minggu dari permulaan siklus menstruasi terakhir. Kehamilan manusia dibagi menjadi 3 trisemester, masing-masing 3 bulan lamanya.

a. Trisemester pertama

Terjadi perubahan zigot menjadi embrio (morula, blastula, gastrula). Selanjutnya gastrula mengalami diferensiasi dan organogenesis sehingga akhir trisemester pertama telah terbentuk fetus (janin) dengan panjang kurang lebih 5 cm. Embrio memberikan sinyal kehadirannya berupa hormon Human Chorionic Gonadotropin (HCG) yang bertindak seperti LH pituitari untuk mempertahankan sekresi progesteron dan estrogen oleh korpus luteum. Tingginya kadar HCG dalam darah ibu menyebabkan sebagian diekskresikan bersama urine dan dapat dideteksi melalui uji kehamilan. Sedangkan kadar progesteron yang tinggi menyebabkan perubahan sistem reproduksi wanita yang hamil seperti: sekresi mukosa dalam servix yang membentuk sumbatan pelindung, pertumbuhan plasenta, pembesaran uterus, penghentian ovulasi dan menstruasi (karena memberikan efek negatif terhadap hipotalamus dan pituitari) dan pembesaran payudara. Diakhir trisemester pertama denyut jantung fetus dapat dideteksi dengan stetoskop.



b. Trisemester kedua

Diawal trisemester kedua ibu telah dapat merasakan pergerakan janin dalam kandungannya. Kadar hormon akan stabil ketika HCG menurun, korpus luteum akan rusak dan perannya akan digantikan oleh plasenta untuk mensekresikan hormon progesteron yang berfungsi mempertahankan kehamilan. Pertumbuhan fetus sangat cepat hingga mencapai panjang sekitar 30 cm.

c. Trisemester ketiga

Pertumbuhan fetus sangat cepat, hingga akhir trisemester ketiga panjang fetus dapat mencapai kurang lebih 50 cm dan berat mencapai sekitar 3 kg. Aktifitas fetus agak berkurang karena ruangan yang tersedia didalam selaput kehamilan terisi tubuh fetus yang telah membesar. Hal ini menyebabkan organ-organ disekitar uterus terdesak dan tertekan, sehingga ibu hamil sering buang air kecil, mengalami hambatan saluran pencernaan dan merasa pegal pada otot punggung. Kepala fetus merupakan organ yang berukuran paling besar dan berat dari organ tubuh lainnya, sehingga karena gaya gravitasi; kepala fetus telah turun ke bawah masuk kedalam rongga pelvis untuk siap dilahirkan.



Gambar 2.12. Pertumbuhan janin dalam hitungan minggu
Sumber: Campbell, N.A, etc. 2009

8. Kesehatan Reproduksi pada Manusia

Seiring dengan perkembangan dunia kedokteran, kini telah banyak ditemukan faktor-faktor penyebab gangguan atau kelainan pada organ reproduksi. Para ahli bidang ini pun kini juga tengah mengupayakan menciptakan teknologi reproduksi guna mengatasi gangguan dan kelainan pada organ reproduksi tersebut. Simak uraian berikut untuk mengetahui lebih jelas.



a. Gangguan dan Kelainan Organ Reproduksi

Seperti halnya organ lain, organ reproduksi manusia juga dapat mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan atau kelainan pada organ reproduksi dapat mempengaruhi kesuburan (fertilitas) seseorang. Apabila gangguan kesuburan seseorang menyebabkan terjadinya ketidakhamilan walau tanpa alat kontrasepsi selama satu tahun, maka kondisi ini dapat disebut sebagai kemandulan (sterilitas).

Sterilitas pada seorang pria dapat disebabkan oleh terjadinya kelainan struktur dan fungsi organ reproduksi, kelainan sistem hormonal, gangguan peredaran darah pada alat reproduksi, infeksi pada saluran reproduksi serta faktor imunologi. Sementara itu, sterilitas pada seorang wanita dapat disebabkan oleh kegagalan pelepasan sel telur, infeksi, atau kelainan pada saluran telur, serta faktor-faktor lain.

Selain sterilitas, gangguan maupun kelainan organ reproduksi dapat juga ditunjukkan dengan terjadinya keguguran yang berulang kali. Apabila kedua hal tersebut terjadi, maka seorang pria dan wanita perlu melakukan pemeriksaan ACA (Anti Cardiolipin Antibody Syndrome) dan infeksi TORCH (Toksoplasma, Rubella, Cytomegalovirus (CMV) dan Herpes simplex virus II (HSV-II)). Pemeriksaan ACA yaitu pemeriksaan kadar antikardiolipin antibodi dalam darah. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kadar ACA, karena kadar ACA yang tinggi dapat menyulitkan perlekatan hasil pembuahan sel telur di dinding rahim serta mengganggu perkembangan janin sehingga sering terjadi keguguran.

Sementara itu, infeksi TORCH merupakan infeksi multiorganisme parasit *Toxoplasma gondii*, virus Rubella, Sitomegalo, Herpes simplex, dan bakteri *Clamidia*. Infeksi ini bisa menyebabkan kematian janin maupun cacat bawaan pada bayi.

b. Teknologi Reproduksi pada Manusia

Kemandulan dapat disebabkan oleh tersumbatnya saluran fallopii oleh suatu penyakit atau hal lain sehingga menghambat proses pembuahan. Melihat kondisi ini, muncullah teknik operasi atau pembedahan saluran fallopii (*tubal plastic surgery*). Namun, persentase keberhasilan teknik ini sangat kecil. Kemudian muncullah teknik bayi tabung yang lebih dikenal dengan "in vitro fertilization".



Teknik ini memerlukan 3 tahap yaitu sebagai berikut. (1) Pengambilan ovum yang sudah matang dari seorang wanita, (2) Menyediakan media kultur sebagai tempat pembuahan in vitro. Media ini harus mempunyai kandungan kimia sesuai dengan cairan yang ada di saluran fallopii, dan (3) Pengambilan sperma dari seorang pria.

Setelah itu, sperma diinjeksikan ke dalam ovum dengan harapan akan terjadi pembuahan dan pembentukan embrio. Calon bayi inilah yang akan ditransfer ke dalam rahim si calon ibu. Akan tetapi, kalau memungkinkan, embrio akan terus dikembangkan di media kultur hingga hari ke enam dan berkembang menjadi blastosis. Setelah itu, baru diimplantasikan ke rahim ibu.

Selain untuk mengatasi sterilitas, ahli kedokteran juga mengembangkan teknik reproduksi yang berperan menghambat terjadinya proses pembuahan (fertilisasi) sehingga tidak terjadi kehamilan. Teknik ini biasa dikenal dengan istilah kontrasepsi.

Secara umum berdasarkan sifat kerjanya kontrasepsi dibedakan menjadi dua macam, yaitu kontrasepsi permanen dan kontrasepsi temporer. Kontrasepsi permanen disebut juga kontrasepsi mantap. Kontrasepsi dengan cara ini bertujuan menghilangkan kemampuan untuk dapat hamil. Kontrasepsi jenis ini dilakukan dengan cara operasi, baik pada wanita (tubektomi) maupun pria (vasektomi).

Vasektomi dilakukan dengan mengikat dan memotong saluran vas deferens. Vasektomi menyebabkan sperma tidak sampai ke uretra sehingga sperma tidak dapat dikeluarkan. Namun, seorang pria yang melakukan vasektomi masih mampu mengeluarkan air mani saat ejakulasi walaupun mani tidak mengandung sperma. Hal ini karena cairan mani berasal dari glandula prostat.

Tubektomi dilakukan dengan cara mengikat dan memotong oviduk. Cara ini membuat ovum yang sudah diovulasikan tidak dapat melewati saluran oviduk sehingga ovum tidak dapat bertemu dengan sperma.

Kontrasepsi temporer dikenal juga sebagai kontrasepsi tidak tetap karena kemampuan hamil dapat dikembalikan. Kontrasepsi jenis ini dapat dilakukan dengan tanpa alat bantu dan dengan alat bantu.



Kontrasepsi tanpa alat bantu dilakukan dengan menghindari hubungan seksual pada saat wanita mengalami masa subur. Masa subur terjadi pada saat wanita mengalami ovulasi. Masa subur ini dapat diperkirakan dengan menghitung siklus menstruasi pada setiap bulannya, yaitu 11–18 hari sejak hari pertama menstruasi.

Selain metode kalender, kontrasepsi tanpa alat bantu juga dapat berdasarkan suhu tubuh. Suhu tubuh ini dapat diukur dengan termometer. Suhu tubuh wanita setelah masa ovulasi meningkat $0,2-0,4^{\circ}\text{C}$. Jadi, untuk menghindari terjadinya kehamilan, hubungan seksual dapat dilakukan 4 hari setelah terjadi peningkatan suhu tubuh.

Kontrasepsi tanpa alat bantu juga dapat berdasarkan jumlah lendir pada rahim. Apabila seorang wanita sedang mengalami masa ovulasi, maka rahim akan menghasilkan banyak lendir. Untuk menghindari terjadinya kehamilan, maka hubungan seksual dilakukan 4 hari setelah keadaan ini.

Kontrasepsi menggunakan alat bantu banyak ragamnya. Alat bantu tersebut dapat bersifat mekanik, kimia, dan hormonal. Alat bantu kontrasepsi secara mekanik dapat menggunakan kondom, diafragma, dan Intra Uterine Device (IUD).

Kondom terbuat dari karet yang sangat tipis tetapi sangat kuat. Kondom ini dikenakan oleh pria saat akan berhubungan seksual dan mencegah bertemunya sperma dengan ovum. Kondom mempunyai daya efektivitas sekitar 90% untuk menghindari terjadinya pembuahan.

Diafragma terbuat dari karet yang sangat tipis. Diafragma ini menutup uterus dan tuba fallopii untuk mencegah agar sperma tidak memasuki uterus. Diafragma mempunyai efektivitas sekitar 90% untuk mencegah terjadinya pembuahan.

IUD dipasang di uterus untuk mencegah implantasi zigot dan mencegah terjadinya pembuahan. Alat ini mempunyai efektivitas sekitar 98% untuk mencegah terjadinya pembuahan.

Spermisid merupakan alat kontrasepsi yang bersifat kimia. Spermisid ini ada yang berbentuk jeli, busa, atau tissue. Spermisid dikenakan pada vagina sebelum melakukan hubungan seksual. Spermisid mampu mematikan sperma



dalam jumlah banyak. Cara ini mempunyai efektivitas 70% untuk mencegah terjadinya pembuahan.

Alat kontrasepsi yang bersifat hormonal di antaranya menggunakan pil dan suntikan. Pil ini dikonsumsi secara oral setiap hari selama 21 hari di antara masa menstruasi, sedangkan suntikan dilakukan setiap 3 bulan sekali, kontrasepsi cara ini mempunyai efektivitas sebesar 99% .

c. Kesehatan Reproduksi

Berdasarkan hasil konferensi Internasional Kependudukan dan Pembangunan (1994), kesehatan reproduksi didefinisikan sebagai suatu kondisi sehat secara fisik, mental, dan sosial dalam segala hal yang berkaitan dengan fungsi dan proses reproduksi.

Masyarakat, khususnya remaja perlu mengetahui kesehatan reproduksi agar memiliki informasi yang benar mengenai proses reproduksi serta berbagai faktor yang ada di sekitarnya. Dengan informasi yang benar, diharapkan remaja memiliki sikap dan tingkah laku yang bertanggung jawab mengenai pergaulan di kehidupan bersosial dan bermasyarakat.

Pengetahuan dasar yang perlu diberikan kepada remaja agar mempunyai kesehatan reproduksi yang sehat di antaranya sebagai berikut.

- 1) Pengenalan mengenai sistem, proses, dan fungsi alat reproduksi.
- 2) Perlunya mendewasakan usia perkawinan serta mengadakan perencanaan dan pengaturan kehamilan.
- 3) Pengenalan bahaya narkoba dan minuman keras pada organ reproduksi.
- 4) Pengenalan pengaruh sosial dan media terhadap perilaku seksual dan kekerasan seksual serta cara menghindarinya.
- 5) Meningkatkan pemahaman agama serta terbuka dalam berkomunikasi mengenai masalah kesehatan reproduksi.
- 6) Pengenalan berbagai macam penyakit menular seksual (PMS) dan HIV-AIDS serta dampaknya terhadap kondisi kesehatan reproduksi.

Memberikan pemahaman dan pengetahuan dasar mengenai kesehatan reproduksi selain bertujuan agar remaja memiliki sikap dan perilaku yang bertanggung jawab di masyarakat juga berguna agar terhindar dari penyakit menular seksual (PMS).



PMS merupakan suatu infeksi atau penyakit yang ditularkan melalui hubungan seksual. PMS juga diartikan sebagai penyakit kelamin, atau infeksi yang ditularkan melalui hubungan seksual. PMS menyerang sekitar alat kelamin tetapi gejalanya dapat muncul dan menyerang mata, mulut, saluran pencernaan, hati, otak, dan organ tubuh lainnya.

Kebanyakan PMS dapat membahayakan organ-organ reproduksi. Pada wanita, PMS menghancurkan dinding vagina atau leher rahim, biasanya tanpa tanda-tanda infeksi. Pada pria, yang lebih dulu terinfeksi adalah saluran air kencingnya. Jika PMS tidak diobati dapat menyebabkan keluarnya cairan yang tidak normal dari penis dan berakibat sakit pada waktu buang air kecil. PMS yang tidak diobati dapat mempengaruhi organ-organ reproduksi bagian dalam dan menyebabkan kemandulan baik pada pria atau wanita.

Berikut akan dibahas satu persatu jenis-jenis PMS.

a) Gonorrhoe (Kencing Nanah)

Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoea*. Bakteri tersebut dapat menyerang pria maupun wanita. Gejala seseorang yang terkena penyakit ini di antaranya akan terasa sakit sewaktu kencing karena dari saluran kencing keluar cairan kental berupa nanah. Infeksi kronis penyakit ini dapat menyebabkan kemandulan baik pada pria maupun wanita. Penyakit ini dapat diturunkan kepada bayi yang dilahirkan dari orang tua yang mengidap gonorrhoe. Bayi yang terinfeksi gonorrhoe matanya tampak merah dan bengkak.

Dalam waktu 1–5 hari setelah kelahiran, mata tersebut dapat mengeluarkan cairan yang kental sehingga bisa menyebabkan kebutaan apabila tidak segera diobati.

b) Klamidia

Penyakit ini disebabkan oleh *Chlamydia trachomatis* dan dapat menjangkiti pria maupun wanita. Gejala yang ditimbulkan hampir sama dengan gonorrhoe ditambah dengan terjadinya radang leher rahim pada wanita.

c) Infeksi Trikomonas

Sebuah infeksi umum yang terjadi terus-menerus di saluran kencing perempuan. Infeksi ini disebabkan oleh Protozoa *Trichomonas vaginalis*. Banyak terjadi di



seluruh dunia dan terutama didiagnosis pada wanita berusia 16–35 tahun. Pada wanita, infeksi ini menyebabkan peradangan di vagina sehingga banyak mengeluarkan cairan yang berwarna kuning dan berbau tidak enak. Gejala penyakit ini berupa peradangan saluran kencing. Diagnosis dilakukan dengan pemeriksaan mikroskopik dari cairan serta perlu diadakan identifikasi mengenai ada tidaknya parasit.

d) Sifilis (Raja Singa)

Penyakit ini disebabkan oleh *Treponema pallidum*, yaitu sebuah spirochet (bakteri yang berbentuk spiral). Banyak terjadi di seluruh dunia, terutama dapat menyerang manusia usia 20–35 tahun. Lebih lazim terjadi di daerah perkotaan. Diperkirakan terdapat kenaikan jumlah penderita di beberapa negara industri seiring dengan meningkatnya penggunaan narkoba dan pelacuran.

Penularan terjadi melalui kontak langsung antara luka (yang bernanah atau yang membengkak) di kulit dengan selaput lendir atau cairan tubuh (air mani, darah, cairan vagina) selama berhubungan seksual. Penularan bisa terjadi melalui transfusi darah bila donor berada dalam tahap awal infeksi tersebut. Infeksi bisa ditularkan dari seorang ibu hamil yang terinfeksi kepada bayi yang dikandungnya.

e) Herpes Genitalis

Penyakit ini disebabkan oleh virus Herpes simplex tipe 2 (HSV-2). Gejala yang paling umum adalah bintil-bintil berisi cairan dan terasa sakit. Bintil-bintil dapat muncul di daerah sekitar alat kelamin atau dubur serta mulut. Bintil-bintil akan timbul selama 1–3 minggu, dan kemudian hilang. Beberapa waktu kemudian bintil-bintil akan muncul dan hilang secara berulang. Sebelum bintil-bintil muncul, alat kelamin terasa gatal atau panas. Setelah itu penderita akan mengalami gejala seperti flu. Walaupun infeksi herpes di kemaluan tidak bisa diobati, perkembangan klinisnya bisa dikurangi dengan pengobatan.

f) Kutil Kelamin

Penyakit ini disebabkan virus Papilloma manusia (HPV: Human Papilloma Virus). Kutil-kutil ini tumbuh di daerah kemaluan, tetapi dapat juga tumbuh di sekitar dubur.



g) Acquired Immune Deficiency Syndrom (AIDS)

AIDS merupakan sekumpulan gejala penyakit yang timbul karena menurunnya kekebalan tubuh. AIDS disebabkan oleh virus HIV (Human Immunodeficiency Virus) di dalam tubuh. HIV merupakan suatu virus yang menyerang sel darah putih manusia dan menyebabkan menurunnya kekebalan daya tahan tubuh, sehingga mudah diserang infeksi/penyakit. Virus HIV ini dapat hidup di dalam 4 cairan tubuh manusia yaitu: 1) cairan darah, 2) cairan vagina, 3) cairan sperma, 4) air susu ibu.

Keberadaan virus HIV membutuhkan waktu yang cukup lama (5 sampai 10 tahun) untuk dapat terdeteksi. Bentuk virus HIV dapat Anda amati. Keberadaan virus ini dalam darah terjadi tanpa menunjukkan gejala penyakit tertentu dan keadaan ini disebut masa HIV positif. Bila seseorang terinfeksi HIV untuk pertama kali dan kemudian memeriksakan diri dengan menjalani tes darah, kemungkinan dalam tes pertama tersebut belum tentu dapat dideteksi adanya virus HIV di dalam darah. Hal ini disebabkan tubuh kita membutuhkan waktu 3–6 bulan untuk membentuk antibodi yang akan dideteksi oleh tes darah tersebut. Masa ini disebut window period (periode jendela). Dalam masa ini, bila orang tersebut ternyata sudah mempunyai virus HIV di dalam tubuhnya (walaupun belum bisa dideteksi melalui tes darah), ia sudah bisa menularkan HIV.

Secara umum tanda-tanda utama yang terlihat pada seseorang yang sudah sampai pada tahapan AIDS adalah: (a). berat badan menurun lebih dari 10% dalam waktu singkat; (b). demam tinggi berkepanjangan (lebih dari satu bulan); (c). diare berkepanjangan (lebih dari satu bulan).

Selain itu, terdapat gejala-gejala tambahan berupa: (a). batuk berkepanjangan (lebih dari satu bulan); (b). kelainan kulit dan iritasi (gatal); (c). infeksi jamur pada mulut dan kerongkongan; (d). pembengkakan kelenjar getah bening di seluruh tubuh, seperti di bawah telinga, leher, ketiak, dan lipatan paha.



D. Aktivitas Pembelajaran

Setelah mengkaji materi tentang konsep sistem reproduksi dan kesehatannya, anda dapat melaksanakan aktivitas pembelajaran. Petunjuk pelaksanaan kegiatan disajikan dalam bentuk lembar kegiatan. Aktivitas pembelajaran terdiri dari 3 kegiatan yaitu diskusi (in 1), kegiatan eksperimen (OJL), serta latihan soal dan pengembangan soal (OJL). Sebaiknya anda mencatat hal-hal penting untuk keberhasilan kegiatan. Hal ini sangat berguna bagi anda sebagai catatan untuk mengimplementasikan di sekolah. Lakukan kegiatan dengan disiplin dan penuh tanggungjawab.

Aktivitas 1

LK.G2.01. KEGIATAN AWAL

Tujuan

Mengkaji topik sistem reproduksi manusia dengan berbagai metode yang relevan

Cara kerja

1. Pilihlah kegiatan berikut ini untuk mempelajari topik sistem reproduksi manusia :
 - a. Berpikir reflektif
 - b. Diskusi
 - c. Identifikasi masalah
 - d. Curah pendapat
 - e. Studi kasus
 - f. Bermain peran
 - g. Simulasi
 - h. Metode lain yang dipilih fasilitator
2. Setelah melakukan kegiatan di atas, mintalah peserta untuk membuat jurnal belajar yang mendeskripsikan pelajaran penting apa, permasalahan yang mengemuka, dan solusi yang diperoleh.



Aktivitas 2

Pada tahap ini anda diminta untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang fokus pada proses implementasi/praktik dari pembelajaran yang dilaksanakan. Lakukan kegiatan dengan bantuan LK. G2. 01, 02, dan 03 berikut.

LK. G2. 02. Siklus Menstruasi

Tujuan : Mengetahui perubahan yang terjadi dalam uterus selama siklus menstruasi

Alat dan Bahan : Carta siklus menstruasi

Cara Kerja :

1. Amati carta siklus menstruasi!
2. Buatlah catatan penting tentang konsep menstruasi!
3. Jawab pertanyaan di bawah ini!

Pertanyaan untuk didiskusikan

1. Berikan penjelasan siklus menstruasi berdasarkan gambar yang Anda amati?
2. Pada hari keberapakah dinding rahim dalam kondisi paling tebal?
.....
3. Menstruasi pada umumnya terjadi selama berapa hari?
.....
4. Setiap berapa hari siklus menstruasi berlangsung?
.....
5. Apa yang dimaksud dengan ovulasi?
.....
6. Dari gambar tersebut pada hari keberapa ovulasi terjadi?
.....
7. Dimanakah proses bertemunya ovum dan sperma?
.....
8. Apa yang terjadi jika sel telur dibuahi sperma?
.....
9. Apa yang terjadi jika sel telur / ovum tidak dibuahi sperma?
.....
10. Apa yang disebut menstruasi?
.....
11. Apa pula yang dimaksud dengan menopause?
.....
12. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil analisis anda!
.....



LK. G2. 03. Fertilisasi

Tujuan : Mengetahui perkembangan ovum setelah dibuahi sperma

Alat dan Bahan : Buku siswa dan modul

Cara Kerja

1. Baca buku siswa dan modul tentang proses fertilisasi pada manusia!
2. Buatlah catatan penting tentang perkembangan ovum!
3. Jawab pertanyaan yang ada dengan tepat!

Pertanyaan untuk didiskusikan

1. Apakah yang dimaksud dengan fertilisasi?
.....
2. Dimanakah terjadinya fertilisasi pada manusia?
.....
3. Disebut apakah fertilisasi yang terjadi dalam tubuh induk betina?
.....
4. Disebut apakah sel telur yang dibuahi oleh sel sperma?
.....
5. Dimanakah tempat berkembangnya zigot menjadi janin?
.....
6. Pada umur berapakah pada embrio terbentuk organ-organ tubuh yang penting seperti mata, jantung, hati dan organ yang lain?
.....
7. Apakah yang dimaksud dengan kehamilan/gestasi?
.....
8. Berapa lamakah masa kehamilan pada manusia?
.....
9. Perhatikan gambar janin dalam uterus pada modul, apakah fungsi dari :
a. plasenta dan tali pusat
b. cairan ketuban/cairan amnion
.....
10. Sebutkan tanda-tanda seorang ibu jika akan melahirkan!
.....
11. Apa yang anda ketahui tentang kembar identik dan kembar fraternal?
.....
12. Program apa yang dapat dipilih untuk mengatur jarak kelahiran antara anak yang satu dengan anak yang lain?
.....
13. Apakah tujuan dilaksanakannya program KB?
.....
14. Sebutkan macam-macam alat kontrasepsi !
.....
15. Sebutkan macam-macam KB dan berikan penjelasannya!
.....
16. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil analisis anda!
.....



LK. G2. 04. Penyakit Seks Menular

Tujuan : Mengetahui macam-macam penyakit yang berkaitan dengan organ reproduksi manusia dan cara penularannya.

Alat dan Bahan : Buku dan balpoint

Cara Kerja

1. Pergilah berkunjung ke Puskesmas / rumah sakit / dokter tanyakan macam-macam penyakit yang berkaitan dengan organ reproduksi.
2. Carilah dan baca buku tentang penyakit seks menular
3. Buatlah catatan penting tentang informasi yang anda peroleh!

Pertanyaan untuk Bahan Diskusi

1. Apakah pemicu terjadinya penyakit kelamin pada seseorang?
.....
2. Apa yang harus dilakukan oleh seseorang agar tidak terkena penyakit kelamin?
.....
3. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil studi literatur yang anda lakukan!
.....

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Latihan Mengerjakan Soal

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Berikut ini adalah tahapan dalam spermatogenesis:

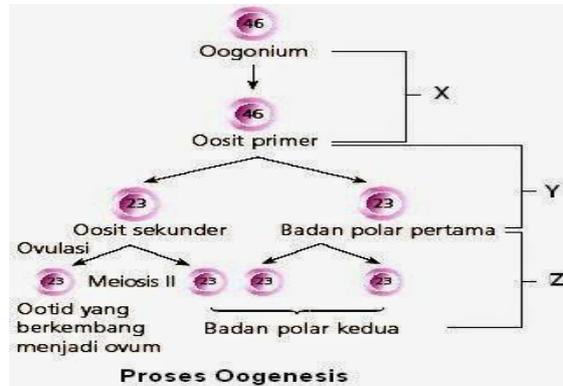
- 1) spermatid
- 2) spermatogonium
- 3) spermatozoa
- 4) spermatosit primer
- 5) spermatosit sekunder

Urutan proses spermatogenesis adalah

- A. 1-2-4-3-5
- B. 1- 4-3-5-2
- C. 2-4-5-1-3
- D. 2-5-1-3-4



2. Perhatikan gambar di bawah ini !



Tahapan yang terjadi pada X, Y dan Z adalah....

- A. meiosis 1, meiosis 2, mitosis
B. mitosis 1, mitosis 2, meiosis
C. mitosis, meiosis 1, meiosis 2
D. mitosis 1, meiosis, mitosis 2
3. Pernyataan yang benar mengenai fungsi bagian-bagian alat reproduksi pria berikut adalah ...

	Testis	Vas deference	Epididimis
A.	Mentransfer sperma	Menghasilkan hormon	Menghasilkan sperma
B.	Menghasilkan hormon	Menghasilkan sperma	Tempat penyimpanan sperma
C.	Tempat pematangan sperma	Mentransfer sperma	Menghasilkan sperma
D.	Menghasilkan sperma	Mentransfer sperma	Tempat pematangan sperma

4. Berikut ini **bukan** penyebab luruhnya dinding endometrium adalah ...
- A. Menurunnya HCG
B. Menurunnya FSH
C. Menurunnya estrogen
D. Menurunnya progesteron
5. Hormon yang berperan dalam fase praovulasi saat siklus menstruasi adalah hormon ...
- A. FSH dan LH
B. Estrogen dan LH



- C. FSH dan progesteron
 - D. Estrogen dan FSH
6. Saat ovum mengalami pembuahan, zigot yang dihasilkan akan berkembang dan menempel pada dinding endoterium. Oleh karena itu, keberadaan endoterium harus dipertahankan selama kehamilan. Mekanisme hormonal yang berperan mempertahankan endoterium adalah ...
- A. Kadar estrogen yang tinggi
 - B. Kadar estrogen yang tinggi, progesteron rendah
 - C. Kadar estrogen rendah, progesteron tinggi
 - D. Kadar estrogen dan progesteron tinggi
7. Lapisan ektoderma yang terbentuk pada fase gastrula, pada tahap selanjutnya mengalami diferensiasi menjadi
- A. Otot dan rangka
 - B. Kulit dan sistem saraf
 - C. Usus dan hati
 - D. Kulit dan otot
8. Selaput pembungkus embrio yang berfungsi memberi makan bagi embrio adalah
- A. Korion
 - B. Allantois
 - C. Kantong kuning telur
 - D. Plasenta
9. Urutan perkembangan sel telur yang sudah dibuahi adalah
- A. Zigot, morula, blastula, gastrula
 - B. Zigot, morula, gastrula, blastula
 - C. Zigot, blastula, morula, gastula
 - D. Zigot, gastrula, morula, blastula
10. Sistem kerja kontrasepsi metode pil bertujuan untuk
- A. Menghentikan kerja oviduk
 - B. Menghentikan produksi ovum di ovarium
 - C. Menghentikan siklus menstruasi pada wanita
 - D. Menghalangi implantasi zigot di uterus



2. Latihan Mengembangkan Soal

LK. G2.05. Pengembangan Soal

Tujuan: 1. Meningkatkan kemampuan mengembangkan soal
2. Menghasilkan kumpulan soal

Prosedur Kerja

1. Pelajari bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Instrumen Penilaian pada Kelompok Kompetensi Pedagogi.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Lampiran 1).
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format (Lampiran 2). (Sesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah anda).
4. Berdasarkan kisi-kisi diatas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
5. Kembangkan soal-soal yang sesuai dengan konsep HOTS
6. Kembangkan soal Pilihan Ganda (PG) sebanyak 3 butir menggunakan kartu soal (Lampiran 3a).
7. Kembangkan soal uraian (essay) sebanyak 3 butir menggunakan kartu soal (Lampiran 3b).



F. Rangkuman

Organ reproduksi pria digolongkan menjadi: (a) organ reproduksi dalam terdiri dari testis yang berisi tubulus seminiferus, saluran pengeluaran yang terdiri dari epididimis, vas deferens, saluran ejakulasi, dan uretra, serta kelenjar aksesori yang terdiri dari vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar Cowper; (b) Organ reproduksi luar terdiri dari penis dan skrotum. Spermatogenesis merupakan proses pembentukan sperma secara meiosis, terjadi pada epitel germinal tubulus seminiferus, dan menghasilkan sperma yang terdiri dari bagian kepala, dan ekor.

Hormon-hormon yang berpengaruh pada sistem reproduksi pria adalah hormon testosteron, LH, FSH, estrogen, dan hormon pertumbuhan.

Organ reproduksi wanita digolongkan menjadi : (a) organ reproduksi dalam terdiri dari ovarium dan saluran reproduksi. Saluran reproduksi terdiri dari oviduk, uterus, dan vagina; (b) Organ reproduksi luar terdiri dari vulva dengan bagian mons pubis, labium mayor, labium minor, dan klitoris. Oogenesis merupakan proses pembentukan ovum secara meiosis yang terjadi di dalam ovarium pada siklus menstruasi. Hormon reproduksi pada wanita diantaranya berperan pada siklus menstruasi. Siklus menstruasi terdiri dari empat fase, yaitu fase menstruasi, pra ovulasi, ovulasi, dan pasca ovulasi

Fertilisasi terjadi pada saat oosit sekunder yang mengandung ovum dibuahi sperma. Kehamilan/gestasi adalah penanaman zigot hasil fertilisasi pada endometrium uterus. Zigot kemudian mengalami pembelahan, yaitu tahap morula dan blastula. Sel-sel bagian luar blastula akan berkembang menjadi membran kehamilan dan sel-sel dalam blastula akan berkembang menjadi berbagai organ.

Persalinan merupakan proses kelahiran bayi yang dipengaruhi faktor hormonal dan mekanis.

Gangguan pada sistem reproduksi wanita meliputi gangguan menstruasi, kanker genitalia, endometriosis, dan infeksi vagina. Sedangkan gangguan pada sistem reproduksi pria meliputi hipogonadisme, kriptorkidisme, uretritis, prostatitis, epididimis dan orkitis.



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan latihan ini, anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan 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, namun jika anda menganggap pencapaian anda masih kurang dari 80%, sebaiknya anda ulangi kembali Kegiatan Belajar ini dengan penuh semangat.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: FERMENTASI

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 sebagai pembelajar sepanjang hayat dalam mencapai kompetensi sesuai dengan silabus diklat yang telah ditetapkan.

A. Tujuan

Kegiatan pembelajaran ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan guru tentang topik respirasi anaerob. Lebih rinci lagi, kegiatan pembelajaran ini membekali pengetahuan kepada guru tentang faktor-faktor yang terlibat dan yang mempengaruhi proses respirasi sel secara anaerob, tahapan proses respirasi anaerob, dan keterampilan praktikumnya.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Setelah melakukan pembelajaran ini guru mampu:

1. Menjelaskan faktor-faktor yang terlibat dalam proses respirasi anaerob,
2. Menjelaskan peran respirasi anaerob bagi sel
3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi
4. Menganalisis hasil fermentasi melalui kegiatan investigasi
5. Mendeskripsikan tahapan proses respirasi anareob asam laktat
6. Mendeskripsikan tahapan proses respirasi anareob fermentasi
7. Membedakan respirasi anareob asam laktat dan fermentasi



C. Uraian Materi

Respirasi anaerob merupakan proses pernapasan seluler, di mana pada saat transpor elektron tidak membutuhkan oksigen sebagai akseptornya (tidak ada akseptor elektron dari luar). Dalam respirasi anaerob menggunakan substansi pengurang oksidasi di antaranya sulfat, nitrat, belerang, atau fumarat. Akseptor elektron selain oksigen mereduksi lebih rendah, yang berarti lebih sedikit energi yang dihasilkan molekul pengoksidasi. Pada kondisi anaerob, suatu sel akan dapat mengubah asam piruvat menjadi CO_2 dan etil alkohol serta membebaskan energi (ATP). Fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

Dalam proses respirasi anaerob, langkah pertamanya adalah proses glikolisis. Produk glikolisis adalah piruvat, selanjutnya piruvat ini digunakan dalam respirasi anaerob. Respirasi anaerob terjadi dalam dua jalur, yaitu fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat. Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya.

Pada kondisi kurang oksigen, seperti saat tanah terlalu basah atau tergenang air, jaringan akar atau biji-biji yang terbenam di dalamnya akan mengalami kekurangan oksigen. Dalam keadaan seperti ini maka pada jaringan akan terjadi respirasi anaerobik. Pada tumbuhan, respirasi anaerobik akan lebih cenderung menghasilkan etanol daripada asam laktat. Namun demikian, bahan sisa metabolisme tersebut dapat diubah kembali menjadi glukosa atau dapat dimanfaatkan kembali.

Dengan demikian, respirasi aerob merupakan pembongkaran yang jauh lebih efisien, karena : 1) dapat membongkar jauh lebih sempurna dengan zat sisa berupa molekul kecil, yaitu CO_2 dan H_2O ; 2) Dapat menghasilkan 36 ATP dari setiap pembakaran 1 mol glukosa; 3) Energi yang terbuang dalam bentuk panas.



1. Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol adalah proses yang mengacu pada mikroorganisme untuk memecah bahan organik untuk mendapatkan energi yang dibutuhkan untuk tetap hidup, dan membuat senyawa organik seperti alkohol dan asam organik, serta senyawa anorganik seperti karbon dioksida dan hidrogen. Organisme tertentu melakukan fermentasi untuk mendapatkan energi yang mereka butuhkan untuk melakukan proses kehidupan mereka (sebagian besar organisme memperoleh energi untuk proses ini melalui respirasi aerobik, dengan adanya oksigen bebas). Berbagai mikroorganisme, termasuk ragi, jamur dan bakteri tertentu, memperoleh energi melalui fermentasi. Banyak proses fermentasi menghasilkan produk yang penting dalam kedokteran, persiapan makanan, dan bidang lainnya.

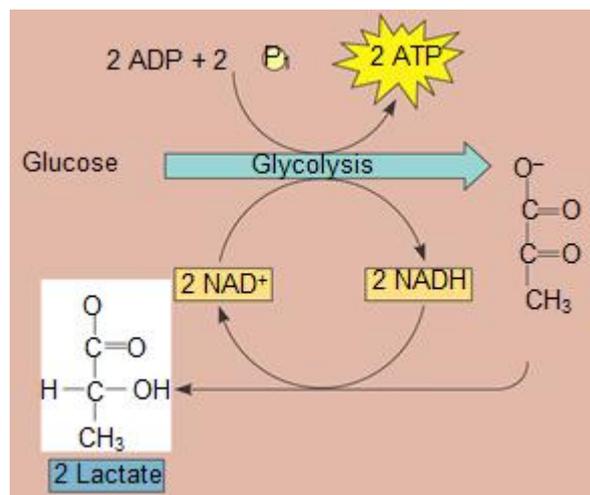
Fermentasi digunakan dalam berbagai cara dalam kehidupan kita sehari-hari. Sebagai contoh, fermentasi telah digunakan sejak zaman kuno dalam produksi pewarna biru yang indah, dan kalium nitrat yang merupakan komponen utama dari mesiu hitam. Pengetahuan tentang fermentasi telah diwariskan untuk industri fermentasi masa kini, di mana ia digunakan dalam proses seperti produksi produk farmasi serta pemurnian air limbah dan limbah material, dan penelitian sedang dilakukan pada aplikasi lebih lanjut. Jenis fermentasi yang paling akrab adalah yang digunakan pada produksi makanan. Fermentasi alkohol digunakan untuk membuat minuman seperti sake dan anggur, dan fermentasi asam laktat digunakan untuk membuat yogurt dan keju. Ada berbagai macam makanan fermentasi di seluruh dunia.

Produk tertentu yang dihasilkan dari fermentasi ditentukan menurut jenis mikroorganisme yang menjalankan proses dan substansi di mana fermentasi terjadi. Sebagai contoh, anggur adalah produk dari fermentasi ragi dalam jus buah, sementara bir merupakan produk fermentasi ragi dalam biji-bijian. Antibiotik (obat yang digunakan untuk melawan penyakit menular) yang diperoleh dari keduanya bakteri dan fermentasi jamur. Fermentasi oleh berbagai mikroorganisme digunakan untuk memproduksi zat yang disebut enzim, yang digunakan dalam berbagai proses medis dan industri untuk mempercepat reaksi kimia. Cuka dan keju adalah produk fermentasi bakteri. Fermentasi ragi digunakan untuk membuat roti beragi.



2. Fermentasi Asam Laktat

Sama halnya dengan fermentasi alkohol, fermentasi asam laktat dimulai dengan tahap glikolisis. Fermentasi asam laktat dilakukan oleh sel otot dan beberapa sel lainnya, serta beberapa bakteri asam laktat. Respirasi anaerobik dalam otot mamalia selama kerja yang keras (yang tidak memiliki akseptor elektron eksternal), dapat dikategorikan sebagai bentuk fermentasi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingannya. Penimbunan asam laktat pada otot menyebabkan elastisitas otot menjadi berkurang. Akumulasi asam laktat inilah yang berperan dalam menyebabkan rasa kelelahan pada otot dan menyebabkan kram. Asam laktat berlebih dibawa darah menuju hati untuk diubah kembali menjadi asam piruvat. Industri susu menggunakan fermentasi asam laktat oleh bakteri untuk membuat keju dan yoghurt.



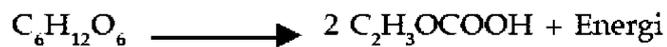
Gambar 3.3 Fermentasi Asam Laktat (Sumber : Campbell & Reece, 2010)

Proses fermentasi asam laktat diawali dengan glukosa yang dipecah menjadi 2 molekul asam piruvat melalui glikolisis, membentuk 2 ATP dan 2 NADH. NADH diubah kembali menjadi NAD⁺ saat pembentukan asam laktat dari asam piruvat. Fermentasi asam laktat tidak menghasilkan CO₂, seperti halnya fermentasi alkohol.

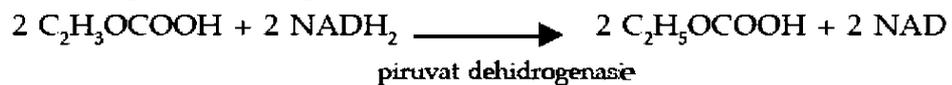


Prosesnya :

a) Glukosa $\xrightarrow{\text{enzim}}$ asam piruvat (proses glikolisis).



b) Dehidrogenasi asam piruvat akan terbentuk asam laktat.



Gambar 3.4 Reaksi Fermentasi Asam Laktat

(Sumber : <http://pustakamateri.web.id/materi-katabolisme-biologi/>)

Peran respirasi anaerob di lingkungan.

Mikroorganisme memainkan peran utama pada pembusukan (penguraian) makanan. Faktanya adalah bahwa fermentasi dan dekomposisi melibatkan proses yang sama, yaitu mikroorganisme memecah bahan organik untuk membuat zat baru. Pada saat dekomposisi dihasilkan zat-zat yang lainnya, seperti hidrogen sulfida atau amonia. Hasil dekomposisi (pembusukan) ini memiliki peran di lingkungan melalui siklus nitrogen, sulfur, dan karbon.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang disarankan dalam mempelajari modul guru pembelajar ini adalah melalui diskusi kelompok secara musyawarah, praktikum dengan penuh tanggung jawab dan kejujuran, dan mengkomunikasikan hasil analisis data yang diperoleh saat praktikum.

LK.G3.01

KAJIAN MATERI FERMENTASI

Tujuan

Mengkaji topik Fermentasi dengan berbagai metode yang relevan

Cara kerja

1. Pilihlah kegiatan berikut ini untuk mempelajari topik Fermentasi :
 - a. Berpikir reflektif
 - b. Diskusi
 - c. Identifikasi masalah
 - d. Curah pendapat



- e. Studi kasus
 - f. Bermain peran
 - g. Simulasi
 - h. Metode lain yang dipilih fasilitator
2. Setelah melakukan kegiatan di atas, mintalah peserta untuk membuat jurnal belajar yang mendeskripsikan pelajaran penting apa, permasalahan yang mengemuka, dan solusi yang diperoleh.

LK.G3.02 FERMENTASI ALKOHOL

1. Pendahuluan

Khamir yang penting dalam proses fermentasi etanol adalah *Saccharomyces*. Khamir tersebut banyak digunakan untuk produksi etanol karena memenuhi kriteria, antara lain produksi etanol tinggi, toleransi terhadap kadar etanol dan substrat tinggi, dan tumbuh baik pada pH netral.

Respirasi anaerob dapat pula disebut fermentasi atau respirasi intramolekul. Tujuan fermentasi sama dengan respirasi aerob, yaitu mendapatkan energi. Hanya saja energi yang dihasilkan jauh lebih sedikit dari respirasi aerob. Respirasi anaerob tidak menggunakan O_2 bebas sebagai akseptor elektron pada saat proses rantai transfer elektron. Pada respirasi aerob maupun anaerob, asam piruvat hasil proses glikolisis merupakan substrat.

2. Tujuan

- a. Mengidentifikasi hasil fermentasi gula oleh ragi.
- b. Mengetahui pengaruh konsentrasi ragi terhadap proses fermentasi.

3. Alat dan Bahan

a. Alat

- 1) Botol bekas ukuran kecil (\pm 100 mL)
- 2) Balon
- 3) Gelas Ukur
- 4) Timbangan/Neraca
- 5) Gelas Kimia
- 6) Batang Pengaduk



7) Karet gelang

b. Bahan

- 1) Ragi (mis. *Fermipan*)
- 2) Gula Pasir
- 3) Aquades

4. Prosedur

- a. Buatlah larutan ragi dengan konsentrasi yang berbeda-beda (5%, 10%, dan 15%)
- b. Buatlah larutan gula pasir 30%.
- c. Campurkan 20 mL gula dengan 30 ML larutan ragi ke dalam botol bekas minuman. Lakukan untuk masing-masing konsentrasi larutan ragi sehingga terdapat 3 botol perlakuan dan 2 botol kontrol (larutan gula dan larutan ragi).
- d. Tutuplah, masing-masing botol dengan balon. Ikatlah mulut balon pada mulut botol dengan menggunakan karet gelang.
- e. Amati kondisi botol percobaan setiap 5 menit sekali selama 20 menit.
- f. Ukurlah variabel terikat yang diamati.

5. Data Pengamatan

Kondisi balon setelah beberapa waktu.

Tabung	Diameter balon (cm)			
	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit
A				
B				
C				
D				
E				



6. Pertanyaan

1. Jelaskan kondisi balon untuk masing-masing botol.

2. Apa yang menyebabkan terjadinya perubahan pada balon?

3. Jelaskan proses reaksi yang menyebabkan kondisi balon tersebut.

4. Jelaskan tahapan reaksi pada larutan setelah terjadinya perubahan pada balon.

5. Gambarkan tahapan garis besar reaksi kimia dari percobaan yang telah dilakukan, mulai dari awal sampai terbentuk produk akhir.

6. Jelaskan prosedur untuk mengetahui jenis gas yang terdapat di dalam balon.



-
7. Buatlah kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan, mulai dari awal sampai terbentuk produk akhir.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Latihan Mengerjakan Soal

Kerjakan soal latihan berikut secara mandiri dan jujur!

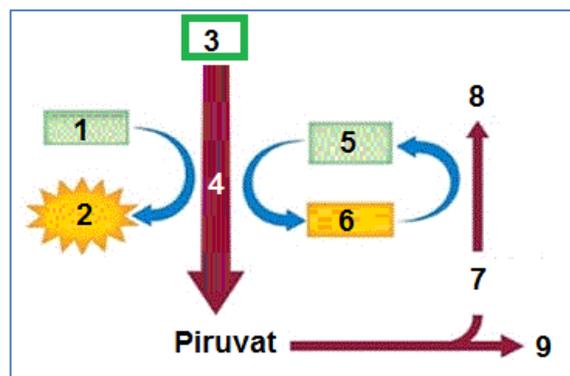
Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Manakah dari produk berikut ini yang *bukan* produk fermentasi?
 - A. CO₂
 - B. O₂
 - C. Etanol
 - D. Laktat
2. Jika oksigen tidak hadir dalam jumlah yang cukup, molekul piruvat diubah menjadi
 - A. etanol atau asam laktat
 - B. asam amino atau asam lemak
 - C. karbon dioksida dan air
 - D. asetil-CoA dan asam sitrat
3. Ketika otot manusia bekerja dan oksigen habis, otot-otot dapat terus menghasilkan energi dengan cara
 - A. mengambil oksigen dari sel-sel lain dan terus respirasi aerobik
 - B. meningkatkan kecepatan reaksi dalam Siklus Krebs
 - C. meningkatkan persediaan glikogen dan senyawa karbohidrat lainnya
 - D. menggunakan reaksi fermentasi untuk memfasilitasi glikolisis



4. Reaksi fermentasi berkontribusi produksi ATP ketika oksigen tidak ada dengan cara
 - A. menggerakkan molekul asetil-CoA ke siklus Krebs
 - B. mendaur ulang molekul NADH Ke molekul NAD⁺
 - C. memproduksi enzim yang mengkonversi ADP menjadi ATP
 - D. memecah etanol atau asam laktat Menjadi karbon dioksida dan air
5. Kondisi yang menyebabkan respirasi anaerob pada tumbuhan adalah
 - A. jaringan akar tergenang air di tanah yang kelembapannya tinggi
 - B. jaringan daun terpapar sinar matahari dengan intensitas tinggi
 - C. jaringan pada batang yang sudah mengalami penebalan lignin
 - D. jaringan bunga yang sedang tumbuh untuk menghasilkan biji

Untuk menjawab pertanyaan nomor 6 sampai 8, perhatikan gambar skema fermentasi alkohol berikut ini.

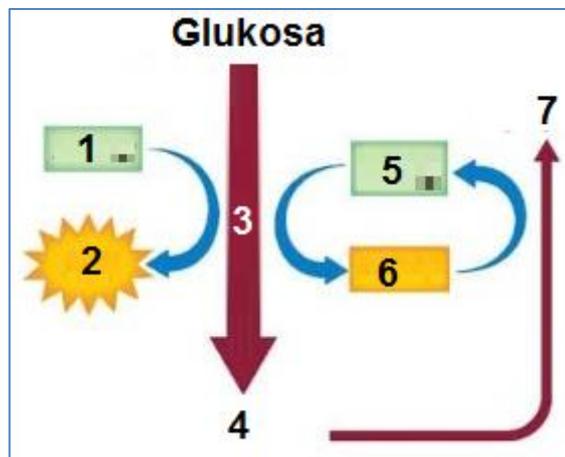


6. Keterangan gambar yang ditunjukkan oleh nomor 1, 3, dan 5 secara berturut-turut adalah
 - A. ATP, glikolisis, dan NADH,
 - B. ADP, glukosa, dan NAD
 - C. NAD, glikolisis, dan ATP
 - D. NADH, glukosa, dan ATP
7. Keterangan gambar yang menunjukkan persamaan antara proses respirasi aerob dan anaerob adalah nomor
 - A. 1,2, 3, dan 4
 - B. 1, 3, 5, dan 6
 - C. 5, 6, 7, dan 8
 - D. 3, 4, 5, dan 6



8. Keterangan gambar menunjukkan penyebab adonan roti mengembang adalah nomor
- A. 2
 - B. 6
 - C. 8
 - D. 9

Untuk menjawab pertanyaan nomor 9 dan 10, perhatikan gambar skema fermentasi asam laktat berikut ini.



9. Keterangan gambar yang ditunjukkan oleh nomor 1, 3, dan 5 secara berturut-turut adalah
- A. ATP, glikolisis, dan NADH
 - B. ADP, glikolisis, dan NAD
 - C. NAD, glikolisis, dan ATP
 - D. NADH, glukosa, dan ATP
10. Keterangan gambar menunjukkan penyebab kelelahan pada otot jika berjumlah banyak adalah nomor
- A. 1
 - B. 3
 - C. 5
 - D. 7



2. Latihan Mengembangkan Soal

LK.G3.03

PENGEMBANGAN SOAL MATERI FERMENTASI

Prosedur Kerja

1. Pelajari bahan bacaan berupa Modul Pengembangan Instrumen Penilaian pada Kelompok Kompetensi G.
2. Pelajari kisi-kisi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan seperti yang tertera pada Lampiran 1.
3. Buatlah kisi-kisi soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format yang tertera pada Lampiran 2. (Sesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah anda).
4. Berdasarkan kisi-kisi diatas, buatlah soal UN/USBN pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
5. Kembangkan soal-soal yang sesuai dengan konsep HOTS.
6. Kembangkan soal pilihan ganda (PG) sebanyak 3 soal sesuai format yang tertera pada Lampiran 3.a.
7. Kembangkan soal uraian (Essay) sebanyak 3 Soal sesuai format yang tertera pada Lampiran 3.b.

F. Rangkuman

Respirasi anaerob merupakan proses pernapasan seluler, di mana pada saat transpor elektron tidak membutuhkan oksigen sebagai akseptornya (tidak ada akseptor elektron dari luar). Respirasi anaerob terjadi dalam dua jalur, yaitu fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat. Fermentasi alkohol adalah proses yang mengacu pada mikroorganisme untuk memecah bahan organik untuk mendapatkan energi yang dibutuhkan untuk tetap hidup, dan membuat senyawa organik seperti alkohol dan asam organik, serta senyawa anorganik seperti karbon dioksida dan hidrogen. Fermentasi asam laktat dilakukan oleh sel otot dan beberapa sel lainnya, serta beberapa bakteri asam laktat. Respirasi anaerobik dalam otot mamalia selama kerja yang keras (yang tidak memiliki akseptor elektron eksternal), dapat dikategorikan sebagai bentuk fermentasi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingannya. Penimbunan asam laktat pada otot menyebabkan elastisitas otot menjadi berkurang.



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 07, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali Kegiatan Belajar ini.

Untuk lebih memaksimalkan pemahaman Anda mengenai materi Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup, Anda dapat meningkatkan pemahaman Anda dengan mencari literatur dari sumber lain yang relevan dengan materi ini, menganalisis video yang berkaitan dengan Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup, atau mendiskusikan kesulitan-kesulitan yang dihadapi dalam mempelajari materi ini pada forum MGMP.

JAWABAN/LATIHAN/KASUS/TUGAS

A. KUNCI JAWABAN PEMBELAJARAN 1: POLA HEREDITAS

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

B. KUNCI JAWABAN PEMBELAJARAN 2: SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA

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

C. KUNCI JAWABAN PEMBELAJARAN 3: FERMENTASI

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

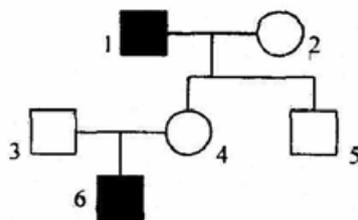
EVALUASI

Silahkan kerjakan soal-soal berikut. Pilihlah Satu Jawaban yang menurut Anda paling tepat !

1. Dalam suatu keluarga ditemukan anak albino, sedangkan kedua orang tuanya normal. Dari data ini kemungkinan genotip kedua orang tuanya adalah ..
 - A. Ayah homozigot dominan, ibu heterozigot
 - B. Ayah homozigot resesif, ibu heterozigot
 - C. Ayah heterozigot, ibu homozigot homozigot dominan
 - D. Ayah heterozigot, ibu heterozigot
2. Kalau seorang pria mengandung gen terpaut seks dalam kromosom Xnya maka sifat itu akan diwariskan kepada...
 - A. 50% anak laki laki
 - B. 50% anak perempuan
 - C. 100% anak perempuan
 - D. 100% anak laki laki
3. Dibawah ini adalah kelainan / penyakit menurun pada manusia :
 1. Embisil
 2. Buta warna
 3. Albino
 4. Hemophilia
 5. ThallasemiaPenyakit menurut yang terpaut pada autosom adalah...
 - A. 1,2,3
 - B. 2,4,5
 - C. 2,3,5



- D. 1,3,5
4. Penyakit yang terpaut pada kromosom X adalah...
 - A. Hemofilia
 - B. Albino
 - C. Hypertrichosis
 - D. Kebotakan
 5. Seorang anak laki-laki ompong (anodontia) dan brachidactily. Kelak jika dia berkeluarga sifat tersebut akan dia wariskan kepada ...
 - A. Anodontia pada anak perempuan, brachidactily pada anak laki-laki
 - B. Anodontia pada perempuan, brachidactily pada anak laki-laki dan perempuan
 - C. Anodontia pada anak laki-laki, brachidactily pada anak perempuan
 - D. Anodontia dan brachidactily akan diwariskan pada anak laki-laki maupun yang perempuan
 6. Peta silsilah di bawah ini mengenai sifat buta warna yang terpaut kromosom X, jika C untuk penglihatan normal dan c untuk buta warna. Orang yang mempunyai genetik Cc adalah ...

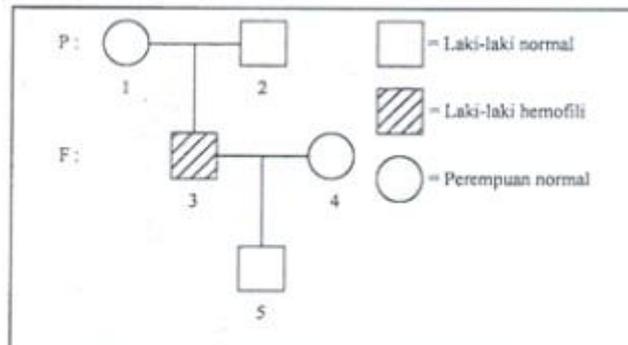


■ : laki-laki buta warna
 ● : perempuan buta warna
 □ : laki-laki normal
 ○ : perempuan normal

- A. 6
- B. 5
- C. 4
- D. 3



7. Perhatikan diagram pewarisan hemofili berikut!



Berdasarkan diagram tersebut, dapat dipastikan bahwa individu carier (pembawa) adalah....

- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
8. Manakah dari pilihan berikut yang merupakan urutan yang benar pada saluran reproduksi pria?
- A. Testis, vas deferens, epididimis, uretra, penis
 - B. Testis, epididimis, vas deferens, uretra, penis
 - C. Testis, uretra, vas deferens, epididimis, penis
 - D. Testis, epididimis, uretra, vas deferens, penis
9. Hasil akhir dari proses oogenesis yaitu....
- A. 1 ootid dan 2 badan polar.
 - B. 1 ootid dan 3 badan polar.
 - C. 1 spermatisit primer dan 2 badan polar.
 - D. 1 spermatisit primer dan 3 badan polar.
10. Pada proses pembentukan gamet betina, bagian yang mengalami pembelahan meiosis II adalah....
- A. Ovum
 - B. Oogonium
 - C. Oosit primer
 - D. Oosit sekunder



11. Bakteri yang menyebabkan penyakit sifilis adalah....



- A. *Neisseria gonorrhoeae*
 - B. *Treponema pallidum*
 - C. *Trypanosoma gambiense*
 - D. *Escherichia coli*
12. Masa pubertas ditandai dengan dihasilkan dan dikeluarkannya
- A. FSH dan LH
 - B. testosteron dan FSH
 - C. sperma oleh pria atau sel telur oleh wanita
 - D. testosteron oleh testis dan estrogen oleh ovarium
13. Pada siklus menstruasi, tahapan dimana *endometrium* terus menebal dan arterinya membesar serta menghasilkan cairan yang kaya glikogen adalah....
- A. kopulasi
 - B. menstruasi
 - C. ovulasi
 - D. proliferasi
14. Lapisan ektoderma yang terbentuk pada fase gastrula, pada tahap selanjutnya mengalami diferensiasi menjadi ...
- A. Otot dan rangka
 - B. Kulit dan sistem saraf
 - C. Usus dan hati
 - D. Kulit dan otot



15. Fermentasi asam laktat ditandai dengan tidak terbentuknya...
- A. Panas
 - B. CO_2
 - C. NADH_2
 - D. NADPH_2
16. Definisi dari respirasi anaerob adalah ...
- A. Reaksi oksidatif senyawa anorganik secara terkendali untuk membebaskan energi
 - B. Reaksi oksidatif senyawa organik secara terkendali dengan membebaskan energi
 - C. Reaksi oksidatif senyawa anorganik secara tidak terkendali dengan membebaskan energi.
 - D. Reaksi oksidatif senyawa organik secara terkendali dengan membutuhkan energi
17. Fermentasi merupakan suatu proses pemecahan molekul gula menjadi molekul yang lebih sederhana dengan menggunakan
- A. enzim dan oksigen
 - B. enzim tanpa oksigen
 - C. enzim
 - D. karbondioksida
18. Berikut ini merupakan hasil dari kegiatan metabolisme pada organisme hidup
- | | |
|----------------|------------------|
| 1.ATP | 5. etanol |
| 2.asam asetat | 6. O_2 |
| 3.asam piruvat | 7. CO_2 |
| 4,glukosa | |
- Pada fermentasi yang dilakukan *saccharomyces* diperoleh hasil
- A. 1, 4, dan 5
 - B. 1, 5, dan 7
 - C. 3, 4, dan 7
 - D. 3, 5, dan 6



19. Hasil yang diperoleh dari fermentasi asam laktat dan fermentasi alkohol masing-masing adalah...
- A. asam susu dan methanol
 - B. asam laktat dan alkohol
 - C. Asam cuka dan fenol
 - D. asam cuka dan methanol
20. Sel ragi dapat melakukan fermentasi karena mengandung.....
- A. Alkohol
 - B. Enzim
 - C. Karbohidrat
 - D. Glukosa
21. Rasa lelah pada otot . . .
- A. Merupakan akibat dari timbunan alkohol dari respirasi aerob sel darah pada otot
 - B. Merupakan timbunan toksin yang akan disimpan saat pasokan O_2 berkurang
 - C. Merupakan akibat dari ketidakmampuan sel otot dalam beradaptasi di lingkungan miskin CO_2
 - D. Merupakan akibat dari timbunan asam laktat hasil respirasi anaerob sel sel otot

PENUTUP

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

Untuk pencapaian kemampuan pada Kelompok Kompetensi G, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul. Bagi anda yang menggunakan modul ini dalam pelaksanaan moda tatap muka kombinasi (*in-on-in*), anda masih perlu menyelesaikan beberapa kegiatan pembelajaran secara mandiri ataupun kolaboratif bersama rekan guru di sekolah masing-masing (*on the job learning*). Adapun pembelajaran mandiri yang perlu anda lakukan adalah kegiatan eksperimen, eksperimen, latihan soal pilihan ganda, dan latihan membuat soal. Produk pembelajaran yang telah anda hasilkan selama *on the job learning* akan menjadi tagihan yang akan dipresentasikan dan dikonfirmasi pada kegiatan tatap muka kedua (*in-2*).

Semoga modul ini membantu anda meningkatkan pemahaman konten, penguasaan materi dan keterampilan pada topik pola hereditas, reproduksi, dan fermentasi. Modul ini masih dalam penyempurnaan, dengan demikian masukan-masukan atau 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*. San Fransisco: Pearson Benjamin Cumming.
- Ibrahim, M., dkk. 2004. *Sains: Materi Pelatihan Terintegrasi*. Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Kee, L.H.2002. *The Living Science*. Singapore: Pearson Education Asia Pte. Ltd.
- Nur Azhar, T. 2008. *Dasar-dasar Biologi Molekuler*. Bandung: Penerbit Widya Padjadjaran.
- Ridley, M. 2005. *Genom: Kisah Spesies Manusia dalam 23 Bab*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Suhardi, D. 2005. *Genetika*. Bandung: PPPG IPA.
- Shohib, M. 2005. *Pewarisan Sifat*. Bandung: PPPG IPA.
- Susilowarno, G. dkk., 2007. *Biologi SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: PT. Grasindo.

GLOSARIUM

Albino	: keadaan yang disebabkan oleh tidak adanya pigmen melanin pada tubuh seseorang.
Alel	: pasangan gen pada kromosom yang homolog (pada lokus yang sama)
Antibodi	: protein yang dibentuk oleh tubuh sebagai pelawan terhadap antigen. Tiap antigen tertentu akan dilawan oleh antibodi tertentu pula.
Antigen	: semua benda asing yang masuk ke dalam tubuh, khususnya protein asing. Tubuh akan bereaksi terhadap setiap benda asing/protein yang masuk ke dalam tubuh.
Dihibrida	: persilangan dengan dua sifat beda.
Dominan	: sifat/fenotip yang muncul pada F_1 , sifat yang resesif.
Fenotip	: penampakan sifat sebagai hasil interaksi antara genotip dan lingkungannya.
Genotip	: sifat yang ditentukan oleh gen, disebut pula sifat bawaan.
Hemofilia	: penyakit keturunan di mana darah sukar membeku.
Heterozigot	: genotip yang tersusun dari gen dan alel yang tidak sama, satu dominan dan yang lain resesif.
Homozigot	: genotip yang tersusun atas gen dan alel yang sama- sama dominan atau sama-sama resesif.



- Karier : pembawa, orang yang bergenotip heterozigot suatu penyakit.
- Letal : gen penyebab kematian.
- Modifikasi : perubahan fenotip akibat perbedaan lingkungan.
- Monohibrida : persilangan dengan satu sifat beda.
- Resipien universal : penerima dari semua golongan darah tanpa penolakan, yaitu golongan darah AB.
- Resesif : sifat yang kalah atau tertutup oleh sifat dominan, sifat tidak muncul pada F_1 .
- Rhesus : darah dari sejenis kera (*Macaca rhesus*) yang digunakan untuk penggolongan darah Rh+ atau Rh-.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : Kisi-Kisi UN SMA/MA, SMTK, dan SMAK Tahun 2016/2017

Level Kognitif	Lingkup Materi			
	Keanekaragaman dan Ekologi	Sutruktur dan Fungsi Makhluk Hidup	Biomolekuler dan Bioteknologi	Genetika dan Evolusi
Pengetahuan dan Pemahaman <ul style="list-style-type: none"> • Menyebutkan • Menunjukkan • Menjelaskan 	Siswa dapat memahami dan menguasai: <ul style="list-style-type: none"> • ciri- ciri kelompok makhluk hidup dan perannya dalam kehidupan • tingkat keanekaragaman hayati (gen, jenis, ekosistem) di Indonesia 	Siswa dapat memahami dan menguasai: <ul style="list-style-type: none"> • struktur dan fungsi jaringan pada tumbuhan tinggi • struktur dan fungsi jaringan pada manusia dan hewan vertebrata • sistem organ dan fungsinya • gangguan/penyakit pada sistem organ manusia 	Siswa dapat memahami dan menguasai: <ul style="list-style-type: none"> • struktur, fungsi, susunan kimia sel • susunan RNA, Gen DNA, dan kromosom • metabolisme sel • bioteknologi 	Siswa dapat memahami dan menguasai: <ul style="list-style-type: none"> • hukum-hukum Mendel • asal usul kehidupan • mutasi gen dan kromosom • teori evolusi
Aplikasi <ul style="list-style-type: none"> • Mengklasifikasikan • Menentukan • Mengurutkan • Meramalkan • Menghitung • Mengemukakan 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> • pemecahan masalah biologi dengan kerja ilmiah • dasar-dasar pengelompokan makhluk hidup • daur hidup makhluk hidup (invertebrata dan tumbuhan tingkat rendah) • aliran energi dan daur materi pada ekosistem • dampak perubahan lingkungan dan tindakan perbaikannya 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> • mekanisme kerja sistem organ tubuh manusia • pengaruh gangguan/serangan penyakit pada mekanisme kerja organ 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> • transpor melalui membran • sifat enzim dan kinerjanya • mekanisme katabolisme dan anabolisme (karbohidrat, protein, lemak) • reproduksi sel • sintesis protein • dampak bioteknologi 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: <ul style="list-style-type: none"> • persilangan menurut hukum Mendel • penyimpangan semu hukum Mendel • hereditas pada manusia • petunjuk/bukti-bukti evolusi
Penalaran <ul style="list-style-type: none"> • Menyimpulkan • Menganalisis • Merumuskan • Menemukan • Mengintepretasikan 	Siswa dapat menggunakan nalar dalam: <ul style="list-style-type: none"> • pengelompokan makhluk hidup dari hasil pengamatan • tindakan perbaikan dan pelestarian lingkungan 	Siswa dapat menggunakan nalar dalam: <ul style="list-style-type: none"> • data hasil uji laboratorium klinis percobaan faktor eksternal • pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan 	Siswa dapat menggunakan nalar dalam: <ul style="list-style-type: none"> • percobaan transpor membran • percobaan kinerja enzim • percobaan katabolisme dan anabolisme • percobaan bioteknologi 	Siswa dapat menggunakan nalar dalam: <ul style="list-style-type: none"> • penelusuran hereditas manusia berdasarkan peta silsilah • mekanisme evolusi

LAMPIRAN 2 : KISI-KISI SOAL

2a. Kisi-kisi Soal Tes Prestasi Akademik Kurikulum 2006

Jenis Sekolah : SMA/MA

Mata Pelajaran : Biologi (Ilmu Pengetahuan Alam)

No. Urut	Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Bahan Kelas	Materi	Indikator	Bentuk Soal
1						
2						
3						
4						

2b. Kisi-kisi Soal Tes Prestasi Akademik Kurikulum 2013

Jenis Sekolah : SMA/MA

Mata Pelajaran : Biologi (Ilmu Pengetahuan Alam)

No. Urut	Kompetensi Dasar	Bahan Kelas	Materi	Indikator	Bentuk Soal
1					
2					
3					
4					

LAMPIRAN 3 : KARTU SOAL

**KARTU SOAL NOMOR 1
(PILIHAN GANDA)**

Mata Pelajaran :
Kelas/Semester :
Kurikulum :

Kompetensi Dasar	:	
Materi	:	
Indikator Soal	:	
Level Kognitif	:	

Soal:

Kunci/Pedoman Penskoran: C

Keterangan:

Soal ini termasuk soal HOTS karena

1.
2.
3.

**KARTU SOAL NOMOR 1
(URAIAN)**

Mata Pelajaran :
Kelas/Semester :
Kurikulum :

Kompetensi Dasar	:	
Materi	:	
Indikator Soal	:	
Level Kognitif	:	

Soal:

LAMPIRAN 4

**INSTRUMEN TELAAH SOAL HOTS
BENTUK TES PILIHAN GANDA**

Nama Pengembang Soal :
Mata Pelajaran :
Kls/Prog/Peminatan :

No.	Aspek yang ditelaah	Butir Soal				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1.	Soal sesuai dengan indikator.					
2.	Soal tidak mengandung unsur SARAPPPK (Suku, Agama, Ras, Anatargolongan, Pornografi, Politik, Propopaganda, dan Kekerasan).					
3.	Soal menggunakan stimulus yang menarik (baru, mendorong peserta didik untuk membaca).					
4.	Soal menggunakan stimulus yang kontekstual (gambar/grafik, teks, visualisasi, dll, sesuai dengan dunia nyata)*					
5.	Soal mengukur level kognitif penalaran (menganalisis, mengevaluasi, mencipta). Sebelum menentukan pilihan, peserta didik melakukan tahapan-tahapan tertentu.					
6.	Jawaban tersirat pada stimulus.					
7.	Pilihan jawaban homogen dan logis.					
8.	Setiap soal hanya ada satu jawaban yang benar.					
B. Konstruksi						
8.	Pokok soal dirumuskan dengan singkat, jelas, dan tegas.					
9.	Rumusan pokok soal dan pilihan jawaban merupakan pernyataan yang diperlukan saja.					
10.	Pokok soal tidak memberi petunjuk ke kunci jawaban.					
11.	Pokok soal bebas dari pernyataan yang bersifat negatif ganda.					
12.	Gambar, grafik, tabel, diagram, atau sejenisnya jelas dan berfungsi.					
13.	Panjang pilihan jawaban relatif sama.					
14.	Pilihan jawaban tidak menggunakan pernyataan "semua jawaban di atas salah" atau "semua jawaban di atas benar" dan sejenisnya.					
15.	Pilihan jawaban yang berbentuk angka/waktu disusun berdasarkan urutan besar kecilnya angka atau kronologisnya.					
16.	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal lain.					
C. Bahasa						
17.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia, untuk bahasa daerah dan bahasa asing sesuai kaidahnya.					
18.	Tidak menggunakan bahasa yang berlaku setempat/tabu.					
19.	Soal menggunakan kalimat yang komunikatif.					
20.	Pilihan jawaban tidak mengulang kata/kelompok kata yang sama, kecuali merupakan satu kesatuan pengertian.					

*) Khusus mata pelajaran bahasa dapat menggunakan teks yang tidak kontekstual (fiksi, karangan, dan sejenisnya).

**) Pada kolom nomor soal diisikan tanda silang (X) bila soal tersebut tidak memenuhi kaidah.

.....,
Penelaah,

.....
NIP.

**INSTRUMEN TELAAH SOAL HOTS
BENTUK TES URAIAN**

Nama Pengembang Soal :

Mata Pelajaran :

Kls/Prog/Peminatan :

No.	Aspek yang ditelaah	Butir Soal				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1.	Soal sesuai dengan indikator (menuntut tes tertulis untuk bentuk Uraian).					
2.	Soal tidak mengandung unsur SARAPPPK (Suku, Agama, Ras, Anatargolongan, Pornografi, Politik, Propopaganda, dan Kekerasan).					
3.	Soal menggunakan stimulus yang menarik (baru, mendorong peserta didik untuk membaca).					
4.	Soal menggunakan stimulus yang kontekstual (gambar/grafik, teks, visualisasi, dll, sesuai dengan dunia nyata)*					
5.	Soal mengukur level kognitif penalaran (menganalisis, mengevaluasi, mencipta). Sebelum menentukan pilihan, peserta didik melakukan tahapan-tahapan tertentu.					
6.	Jawaban tersirat pada stimulus.					
B. Konstruksi						
6.	Rumusan kalimat soal atau pertanyaan menggunakan kata-kata tanya atau perintah yang menuntut jawaban terurai.					
7.	Memuat petunjuk yang jelas tentang cara mengerjakan soal.					
8.	Ada pedoman penskoran/rubrik sesuai dengan kriteria/kalimat yang mengandung kata kunci.					
9.	Gambar, grafik, tabel, diagram, atau sejenisnya jelas dan berfungsi.					
10.	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal lain.					
C. Bahasa						
11.	Menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia, untuk bahasa daerah dan bahasa asing sesuai kaidahnya.					
12.	Tidak menggunakan bahasa yang berlaku setempat/tabu.					
13.	Soal menggunakan kalimat yang komunikatif.					

*) Khusus mata pelajaran bahasa dapat menggunakan teks yang tidak kontekstual (fiksi, karangan, dan sejenisnya).

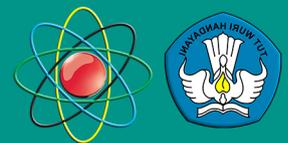
***) Pada kolom nomor soal diisikan tanda silang (X) bila soal tersebut tidak memenuhi kaidah.

.....
Penelaah

.....
NIP.

MODUL
PENGEMBANGAN KEPROFESIAN
BERKELANJUTAN
BIOLOGI SMA

TERINTEGRASI
PENGUATAN PENDIDIKAN
KARAKTER



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

facebook.com/p4tkipainfo 

p4tkipa.org 
youtube.com/pppptkipa 

p4tkipa@yahoo.com 
022 4265127 - 70417266 

Jl. Diponegoro No. 12 
Bandung - Jawa Barat
022 4231191 