



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

BIOLOGI



KELAS
XII



PEWARISAN SIFAT MAKHLUK HIDUP
BIOLOGI
XII

PENYUSUN
Elvi Julianida Daulay, S.Pd, M.Si
SMA Negeri 1 Sunggal

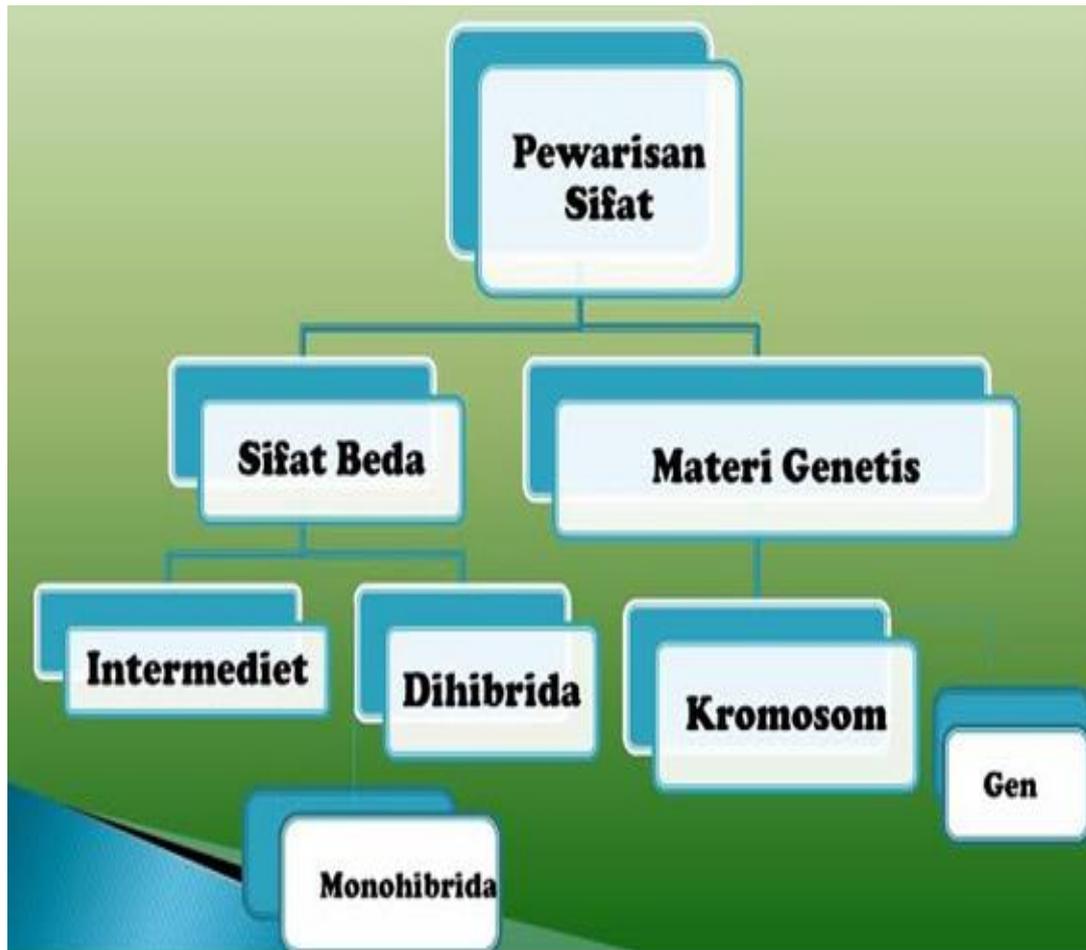
DAFTAR ISI

PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	4
PETA KONSEP.....	5
PENDAHULUAN.....	6
A. Identitas Modul	6
B. Kompetensi Dasar.....	6
C. Deskripsi Singkat Materi	6
D. Petunjuk Penggunaan Modul.....	7
E. Materi Pembelajaran	8
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	9
PEWARISAN SIFAT MAKHLUK HIDUP	9
A. Tujuan Pembelajaran	9
B. Uraian Materi.....	9
C. Rangkuman	18
D. Penugasan Mandiri	18
E. Latihan Soal	19
F. Penilaian Diri.....	20
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	22
PENERAPAN HUKUM MENDEL DI BIDANG PERTANIAN DAN PETERNAKAN	22
A. Tujuan Pembelajaran	22
B. Uraian Materi.....	22
C. Rangkuman	29
D. Latihan Soal	29
E. Penilaian Diri	32
EVALUASI	34
DAFTAR PUSTAKA	37

GLOSARIUM

Alel	: Bentuk alternatif gen tunggal
Autosom	: Kromosom biasa, tidak berperan dalam penentuan jenis kelamin.
Fenotipe	: Bentuk organisme yang dapat diamati merefleksikan pengaruh genetik dan lingkungan.
Gamet	: Sel haploid (sperma dan ovum) yang bersatu pada fertilisasi membentuk zigot.
Gen dominan	: Gen yang mengekspresikan dirinya dalam fenotipe ketika dipasangkan dengan gen dominan lainnya maupun gen resesif
Gen resesif	: Gen yang terekspresikan pada fenotipe ketika berpasangan dengan gen resesif lainnya tetapi tidak dengan gen dominan.
Genotipe	: Susunan gen yang dimiliki individu.
Heterozigot	: Zigot dengan dua alel yang berbeda untuk ciri tertentu.
Homozigot	: Zigot dengan alel yang identik untuk ciri tertentu.
Kodominan	: Alel yang tidak seluruhnya dapat menutupi ekspresi alel resesif.
Gen intermediet	: Gen yang pengaruhnya sama kuat dengan alelnya.
Hibrid	: Individu atau keturunan hasil persilangan induk dengan susunan gen berbeda.
Filial	: Keturunan yang diperoleh sebagai hasil dari perkawinan parental. Keturunan pertama disingkat F1, keturunan kedua disingkat F2, keturunan ketiga disingkat F3, dan seterusnya.

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: Biologi
Kelas	: XII
Alokasi Waktu	: 4 JP
Judul Modul	: Pewarisan Sifat Makhluk Hidup

B. Kompetensi Dasar

- 3.5 Menerapkan prinsip pewarisan sifat makhluk hidup menurut hukum Mendel.
- 4.5 Menyajikan hasil penerapan hukum Mandel dalam perhitungan peluang dari persilangan makhluk hidup di bidang pertanian dan peternakan.

C. Deskripsi Singkat Materi

Cermati gambar warna kulit yang berbeda padahal mereka bersaudara.



Gambar 1 : Albinisme

<https://www.alodokter.com/albinisme>

Bagaimana hal ini bisa terjadi, dua saudara dengan karakter yang sangat berbeda, mungkinkah bisa terjadi di keluarga kalian ?

Beberapa penyakit pada manusia dapat diturunkan kepada anak-anaknya (keturunannya), sebenarnya tidak hanya penyakit atau kelainan saja yang diturunkan kepada keturunannya. Dan ini dapat terjadi juga pada semua makhluk hidup sehingga dapat diaplikasikan untuk mendapatkan tanaman atau ternak dengan jenis unggul untuk meningkatkan kesejahteraan hidup manusia. Perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar 2 : skema Pewarisan Sifat

Gambar tersebut menunjukkan kepada kita tentang pewarisan sifat dari orang tua kepada keturunannya dan setiap orang tua/induk akan mewariskan sifatnya melalui kromosom.

Coba anda bandingkan wajah anda, bentuk mata, bibir, hidung, warna mata, postur tubuh dengan kedua orang tua anda, adakah kemiripan anda dengan keduanya juga saudara-saudara anda ? Memang sifat-sifat kedua orang tua akan diturunkan kepada anak-anaknya. Tetapi kalau anda perhatikan lagi dalam keluarga anda adakah dua orang anggota keluarga yang memiliki sifat/ penampilan yang persis sama?

Sifat yang dimiliki oleh seorang anak merupakan gabungan dari sifat kedua orang tuanya. Sifat yang ada pada diri anda merupakan sifat dari kedua orang tua anda. Pernahkah anda mendengar pepatah “air cucuran atap jatuhnya ke pelimbahan juga“. Dalam bahasa Inggris dikenal pepatah like father like son. Apakah sifat yang terdapat pada hewan atau tumbuhan juga merupakan turunan dari induknya? Bagaimana sifat-sifat itu diturunkan?

D. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Petunjuk Umum :

1. Modul ini bertujuan agar kamu dapat belajar secara mandiri dan tidak tergantung pada pihak lain.
2. Baca terlebih dahulu bagian pendahuluan agar kamu memperoleh gambaran tentang isi modul dan cara mempelajarinya.
3. Setiap kegiatan pembelajaran dilengkapi dengan tujuan, uraian materi, rangkuman, latihan soal dan refleksi.
4. Pada akhir modul terdapat Tes Akhir Modul.
5. Kerjakan latihan soal yang tersedia disetiap kegiatan pembelajaran dan di bagian akhir modul untuk mengetahui sejauh mana penguasaanmu terhadap isi modul.
6. Kunci jawaban dan pedoman penskoran tersedia pada bagian akhir modul. Gunakan keduanya untuk mengukur tingkat penguasaanmu terhadap isi modul.

2. Petunjuk Khusus :

1. Modul ini terbagi ke dalam dua kegiatan pembelajaran. (I) Pewarisan sifat menurut hukum Mendel; (II) Penerapan hukum Mendel .
2. Pelajari modul secara berurutan, karena materi di dalam modul ini sudah disusun secara hierarkis.
3. Bacalah seluruh materi yang ada dalam modul ini secara utuh agar memiliki pemahaman yang baik tentang materi yang dipelajari.
4. Kerjakan semua tugas atau latihan yang ada dalam modul sesuai dengan petunjuk yang disediakan
5. Jika dalam mempelajari modul ini kalian menemukan hal-hal yang belum bisa dipahami, silahkan berkomunikasi dengan orang-orang di sekeliling kalian yang menurut pandangan kalian memiliki kemampuan untuk menjelaskan atau kalian mencari informasi di berbagai literatur dan media.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi 2 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Materi pokok yang dibahas dalam modul ini terdiri dari:

Pertama : Prinsip Pewarisan Sifat Makhluk Hidup Berdasarkan Hukum Mendel

Kedua : Penerapan Hukum Mendel di Bidang Pertanian dan Peternakan

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 PEWARISAN SIFAT MAKHLUK HIDUP

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan dapat menemukan perbandingan hukum Mendel dengan menggunakan probabilitas pada persilangan monohibrida dan dihidrida.

B. Uraian Materi

Prinsip Pewarisan Sifat Makhluk Hidup Berdasarkan Hukum Mendel

Penurunan sifat dari induk kepada keturunannya dikenal sebagai hereditas. Pewarisan sifat induk kepada keturunannya melalui gamet dengan mengikuti aturan-aturan tertentu. Orang pertama yang meneliti tentang penurunan sifat yaitu Gregor Johann Mendel. Mendel adalah tokoh genetika yang diakui sebagai penemu hukum-hukum hereditas atau pewarisan sifat menurun.



Gambar 3 : Gregor Johan Mendel

Sumber: Campbell, et al.2009

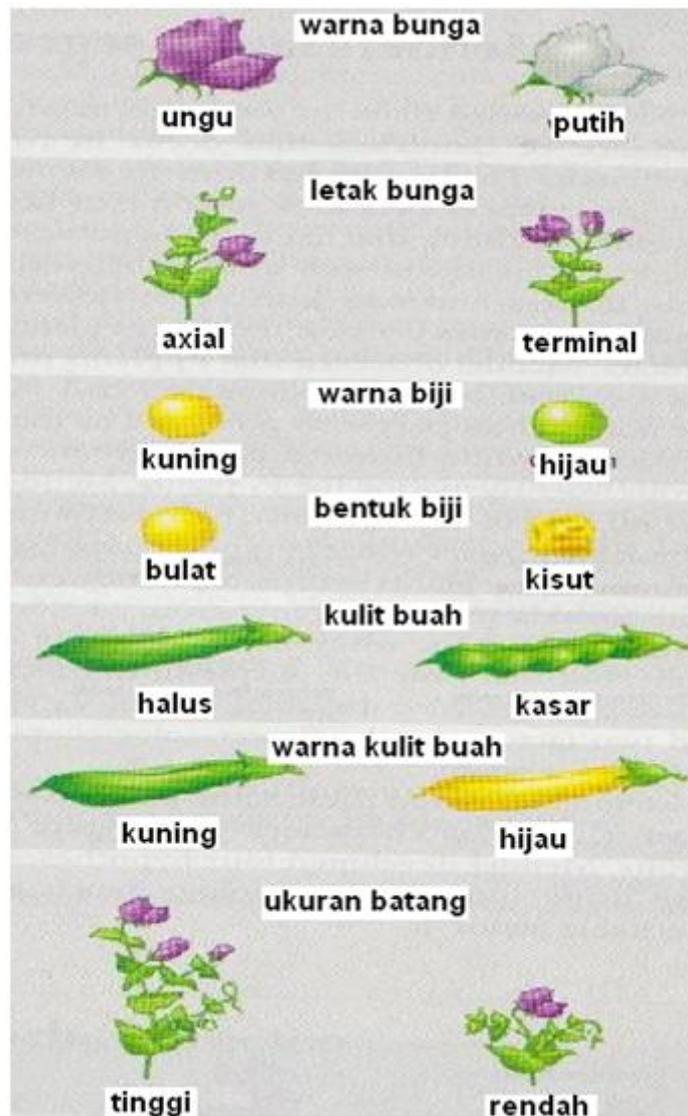
Memang sebelum maupun sesudah Mendel, banyak tokoh-tokoh yang berbicara tentang teori hukum-hukum pewarisan sifat menurun, antara lain sebagai berikut :

1. *Teori Darah*; mengatakan bahwa sifat keturunan dibawa oleh darah. Teori ini gugur setelah ditemukannya peristiwa transfusi darah, sebab orang yang menerima tambahan darah ternyata sifatnya tidak berubah seperti sifat donornya.
2. *Teori Preformasi*; menyatakan adanya makhluk hidup kecil di dalam gamet sebagai calon individu baru.
3. *Teori Epigenesis*; (teori ini mengkritik teori preformasi) menyatakan bahwa sel telur yang telah dibuahi oleh sperma akan mengadakan pertumbuhan sedikit demi sedikit.
4. *Teori Pangenesis*; menyatakan bahwa setelah ovum dibuahi oleh sperma maka dalam sel kelamin terdapat tunas-tunas yang tumbuh menjadi makhluk hidup baru.

5. *Teori Haeckel*; menyatakan bahwa yang bertanggung jawab atas sifat keturunan adalah substansi inti dari sperma.

Untuk membuktikan kebenaran teorinya, Gregor Johan Mendel telah melakukan eksperimen dengan membastarkan tanaman-tanaman yang memiliki sifat beda. Tanaman yang dipilih adalah tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*), karena memiliki kelebihan-kelebihan sebagai berikut :

1. mudah melakukan penyerbukan silang
2. mudah didapat
3. mudah hidup dan dipelihara
4. cepat berbuah atau berumur pendek
5. terdapat jenis-jenis dengan sifat beda yang menyolok, seperti terlihat pada gambar.



Gambar 4 : Tanaman Kapri dengan perbedaan sifat yang mencolok

Sumber : Campbell, et al.2009

Penggunaan kacang ercis juga membuat Mendel dapat melakukan control yang ketat berkenaan dengan tanaman mana yang saja yang akan disilangkan. Organ kelamin dari tanaman kacang ercis terdapat pada bunganya dan setiap bungan kacang ercis

mempunyai sekaligus organ kelamin jantan (benang sari) dan organ kelamin betina (putik). Biasanya tanaman ini melakukan fertilisasi sendiri (serbuk sari jatuh pada putik bunga yang sama). Untuk penelitian ini Mendel melakukan penyerbukan silang dengan karakter-karakter yang bervariasi dengan pendekatan apakah karakter itu “ada atau tidak ada” dan bukan dengan apakah karakter itu “lebih banyak atau lebih sedikit”. Sebagai contoh tanaman Mendel mempunyai bunga ungu saja atau putih saja, tidak ada karakter antara kedua varietas tersebut.

Mendel juga memastikan dia memulai percobaannya dengan varietas galur murni, yang berarti ketika tanaman melakukan penyerbukan sendiri semua keturunannya akan mempunyai variasi yang sama. Contohnya tanaman yang berbunga ungu akan menghasilkan keturunan yang semuanya berbunga ungu. Dan untuk selanjutnya Mendel melakukan percobaan dengan melakukan penyerbukan silang terhadap dua varietas ercis bergalur murni yang sifatnya kontras, contoh tanaman berbunga ungu dengan tanaman yang berbunga putih. Perkawinan atau persilangan dua varietas ini disebut hibridisasi.

Berdasarkan teori Mendel, jika kita membastarkan jenis mangga bergalur murni yang sifat buahnya besar dan rasanya masam dengan jenis mangga lain bergalur murni yang sifat buahnya kecil dan rasanya manis, akan kita peroleh jenis mangga hibrida (hasil) pembastaran dengan sifat buah yang besar dan rasanya manis, dengan sifat besar dominan terhadap kecil dan sifat manis dominan terhadap masam. Untuk mengetahui bahwa suatu tanaman bergalur murni atau tidak dapat dilakukan dengan penyerbukan sendiri. Bila bergalur murni akan selalu menurunkan keturunan yang sifatnya sama dengan sifat induknya, meski dilakukan penyerbukan berulang kali dalam beberapa generasi.

Pada perkawinan induk jantan dengan induk betina disebut parental dan disimbolkan dengan huruf P (capital). Hasil persilangan parental atau keturunannya disebut anak (filial) dan diberi simbol dengan huruf F (capital). Persilangan induk galur murni dengan galur murni disebut P1 dan filialnya disebut F1. Persilangan induk jantan F1 dengan induk betina F1 secara acak disebut P2 dan filialnya disebut F2 dan seterusnya. Galur murni selalu bergenotif homozigot dan disimbolkan dengan huruf yang sama, huruf capital semua atau huruf kecil semua, misalnya AA untuk sifat dominan atau aa untuk sifat resesif.

Genotif adalah sifat yang tidak tampak yang ditentukan oleh pasangan gen atau susunan gen dalam individu yang menentukan sifat yang tampak. Sifat yang tampak dari luar atau sifat keturunan yang dapat kita amati sebagai ekspresi dari susunan gen (genotif) disebut dengan fenotif. Menurut Stern, genotif dan faktor lingkungan dapat mempengaruhi fenotif. Dengan demikian, dua genotif yang sama dapat menunjukkan fenotif yang berbeda apabila lingkungan bagi kedua genotif tersebut berbeda. Genotif BB dan RR pada contoh di atas kita sebut genotif homozigot dominan, sedangkan bb dan rr adalah homozigot resesif. Huruf B (huruf kapital) dengan b (huruf kecil) atau R dengan r merupakan pasangan gen atau alel. Menurut letaknya, alel adalah gen-gen yang terletak pada lokus yang bersesuaian dari kromosom homolog. Sedangkan jika dilihat dari pengaruh fenotif, alel ialah anggota dari sepasang gen yang memiliki pengaruh yang berlawanan. Jadi, B dan R bukan alelnya demikian pula b dan r juga bukan alelnya.

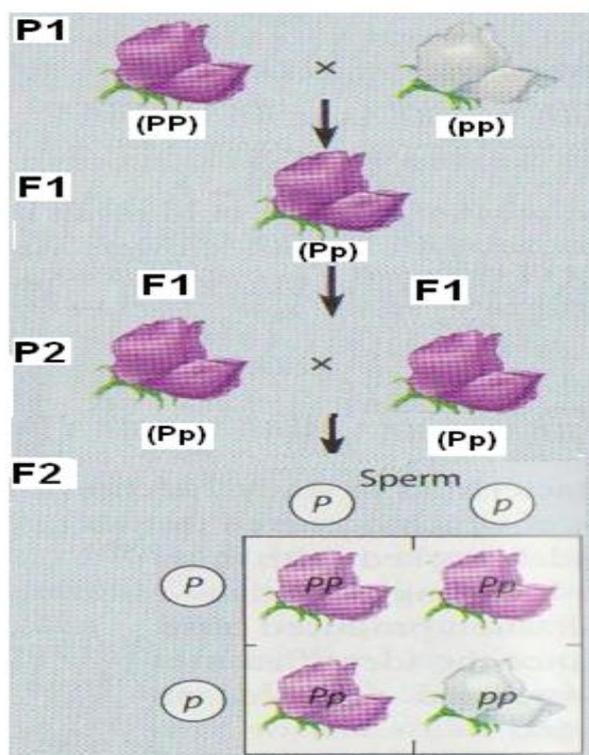
Jika genotif suatu individu suatu individu terdiri dari pasangan alel yang tidak sama, disebut genotif heterozigot (*hetero*: lain; *zigot*: hasil perleburan gamet jantan dan gamet betina). Sedangkan jika genotif terdiri dari pasangan alel yang sama disebut homozigot.

Perlu dipahami bahwa symbol-simbol huruf BB, bb, RR, rr dan sebagainya yang kita sebut genotif dengan fenotif bulat dan kisut, lurus dan tidak lurus ini adalah merupakan suatu perjanjian yang kita sepakati bersama (konvensi bersama). Beberapa konvensi lain yang perlu kita kenal dan ketahui antara lain adalah :

- Sifat gen-gen dominan (yang bersifat kuat sehingga menutupi ekspresi / pengaruh gen alelnya) disimbolkan huruf besar, sedangkan pengaruh gen yang tertutup (alelnya) disebut resesif dan disimbolkan dengan huruf kecil dari huruf yang sama untuk gen dominannya.
- Sifat dominan dari dua genotif yang berbeda dapat mempunyai fenotif yang sama. Akan tetapi untuk genotif kisut selalu bb, demikian juga untuk rambut tidak lurus selalu rr. Jadi fenotif sifat resesif selalu bergenotif homozigot; berarti pula selalu bergalur murni

a. Persilangan Monohibrida

Monohibrid atau monohibridisasi adalah suatu persilangan / pembastaran dengan satu sifat beda. Monohibrid pada percobaan Mendel adalah persilangan antara ercis berbunga ungu dengan ercis berbunga putih. Untuk mengetahui bahwa suatu gen bersifat dominan maka harus dilakukan monohibridisasi antara individu yang memiliki sifat gen tersebut dengan sifat kontrasnya (alelnya) yang sama-sama bergalur murni. Jika fenotif F1 sama dengan sifat gen yang diuji tadi, berarti sifat itulah yang dominan. Perhatikan diagram persilangan monohibrid antara ercis berbunga ungu dengan ercis berbunga putih berikut ini :



Gambar 5: Persilangan Monohibrida
 Sumber : Campbell, et al.2009

Fenotif	Genotif	Jumlah genotif	Perbandingan fenotif
Bunga Ungu	PP	1	3
Bunga Ungu	Pp	2	1
Bunga Putih	Pp	1	

Jika kita amati pada pembentukan gamet dari tanaman heterozigot (F1) ternyata ada pemisahan alel, sehingga ada gamet dengan alel P dan ada gamet dengan alel p. Prinsip pembentukan gamet pada genotif induk yang heterozigot dengan pemisahan alel tersebut dikenal dengan Hukum Mendel I yang disebut Hukum Segregasi (pemisahan) secara bebas (*The Law of Segregation of Allelic Genes*).

Cara mencari macam dan jumlah gamet, dapat diperhatikan pada tabel di bawah ini!

Tabel 1. Cara mencari macam dan jumlah gamet

No.	Genotif induk	Cara mencarinya	Jumlah dan macam gamet
1	Aa (monohibrida)	Aa $\left\{ \begin{array}{l} A \\ a \end{array} \right.$	2 macam A dan a
2	AaBb (dihibrida)	AaBb $\left\{ \begin{array}{l} A \left\{ \begin{array}{l} B - AB \\ b - Ab \end{array} \right. \\ a \left\{ \begin{array}{l} B - aB \\ b - ab \end{array} \right. \end{array} \right.$	4 macam AB Ab aB ab
3	AaBbCc (trihibrida)	AaBbCc $\left\{ \begin{array}{l} A \left\{ \begin{array}{l} B \left\{ \begin{array}{l} C - ABC \\ c - ABc \end{array} \right. \\ b \left\{ \begin{array}{l} C - AbC \\ c - Abc \end{array} \right. \end{array} \right. \\ a \left\{ \begin{array}{l} B \left\{ \begin{array}{l} C - aBC \\ c - aBc \end{array} \right. \\ b \left\{ \begin{array}{l} C - abC \\ c - abc \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right.$	8 macam ABC ABc AbC Abc aBC aBc abC abc
4	AaBBcc	AaBBcc $\left\{ \begin{array}{l} A - B \left\{ \begin{array}{l} C - ABC \\ c - ABc \end{array} \right. \\ a - B \left\{ \begin{array}{l} C - aBC \\ c - aBc \end{array} \right. \end{array} \right.$	4 macam ABC ABc aBC aBc

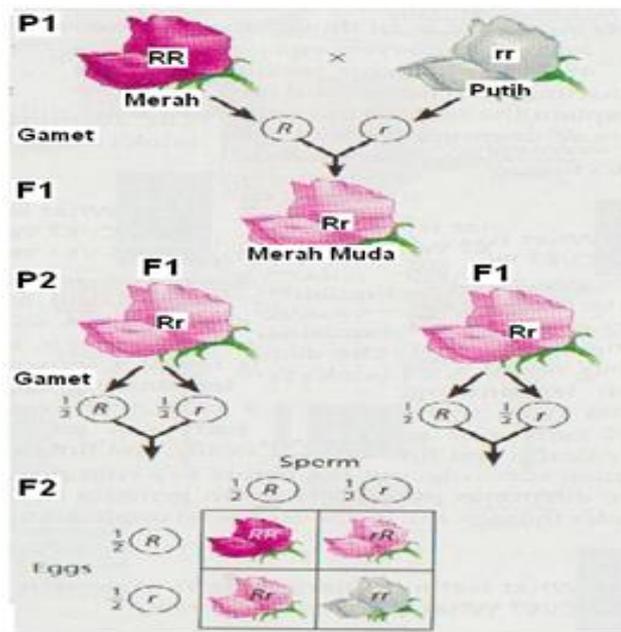
Dari data yang diperoleh dalam percobaan-percobaannya, Mendel menyusun hipotesis dalam menerangkan hukum-hukum hereditas sebagai berikut :

1. Tiap karakter /sifat dari organisme hidup dikendalikan oleh sepasang factor keturunan, satu dari induk betina dan lainnya dari induk jantan
2. Tiap pasangan factor keturunan menunjukkan bentuk alternatif sesamanya, misalnya ungu atau putih, bulat atau kisut dan lainnya. Kedua bentuk alternatif disebut dengan alel
3. Satu dari pasangan alel bersifat dominan atau menutupi alel yang resesif bila keduanya bersama-sama.
4. Pada pembentukan sel kelamin (gamet), terjadi peristiwa meiosis, pasangan factor keturunan kemudian memisah. Setiap gamet menerima salah satu faktor dari pasangan itu. Kemudian pada proses fertilisasi, factor-faktor ini akan berpasang-pasangan secara bebas.
5. Individu dengan galur murni mempunyai dua alel yang sama, dominan semua atau resesif semua.
6. Semua individu pada F1 adalah sama / seragam
7. Jika dominasi tampak sepenuhnya, maka individu F1 memiliki fenotif seperti induknya yang domina.

8. Jika dominansi tampak sepenuhnya, maka perkawinan monohybrid (Pp X Pp) menghasilkan keturunan yang memperlihatkan perbandingan fenotif 3 : 1 , yaitu $\frac{3}{4}$ berbunga ungu dan $\frac{1}{4}$ berbunga putih dan memperlihatkan perbandingan genotif 1 : 2 : 1, yaitu $\frac{1}{4}$ TT : $\frac{2}{4}$ Tt : $\frac{1}{4}$ tt

b. Persilangan Intermediet

Jika sifat gen dominan tidak penuh (intermediet), maka fenotif individu F1 tidak seperti salah satu fenotif induk galur murni, melainkan mempunyai sifat fenotif diantara kedua induknya. Demikian pula perbandingan fenotif F2 nya tidak 3 : 1, melainkan 1 : 2 : 1, sama dengan perbandingan genotif F2 nya. Coba perhatikan diagram persilangan monohybrid diantara *Mirabillis jalapa* merah galur murni dengan genotif MM dengan tanaman *Mirabillis jalapa* berbunga putih galur murni dengan genotif mm berikut ini!



Gambar 6: Persilangan Intermediet

Sumber : Campbell, et al.2009

c. Persilangan Dhibrida:

Dhibrida atau dihibridisasi ialah suatu persilangan (pembastaran) dengan dua sifat beda. Untuk membuktikan Hukum Mendel II dengan prinsip berpasangan secara bebas, Mendel melakukan eksperimen dengan membastarkan tanaman *Pisum sativum* bergalur murni dengan dua sifat beda yang diamati, yaitu biji bulat berwarna kuning dengan galur murni biji kisut berwarna hijau. Gen R (bulat) dominan terhadap gen r (kisut) dan Y (kuning) dominant terhadap y (hijau). Untuk jelasnya coba perhatikan skema persilangan di bawah ini!

P : RRYy x rryy
(bulat kuning) (kisut hijau)

Gamet : RY ry

F₁ : RrYy
(bulat kuning)

F₂ : RrYy x RrYy

Tabel 2. Persilangan RrYy x RrYy

	RY	Ry	rY	ry
RY	RRYY 1)	RRYy 2)	RrYY 3)	RrYy 4)
Ry	RRYy 5)	RRyy 6)	RtYy 7)	Rryy 8)
rY	RrYY 9)	RrYy 10)	rrYY 11)	rrYy 12)
ry	RrYy 13)	Rryy 14)	rrYy 15)	Rryy 16)

Fenotif pada F₂ :

- Biji bulat, endosperm berwarna kuning nomor 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13
- Biji bulat, endosperm berwarna hijau nomor 6, 8, 14
- Biji kisut, endosperm berwarna kuning nomor 11, 12, 15
- Biji kisut, endosperm berwarna hijau nomor 1

Rasio genotif :

“RRYY : RrYY (9 genotif)
 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1

Rasio fenotif :

“Bulat Kuning : Bulat Hijau : Kisut Kuning : Kisut Hijau (4 genotif)
 9 : 3 : 3 : 1

Tabel 3. Perbandingan genotif dan fenotif pada dihibrida F₂

No.	Genotif	Fenotif	Perbandingan genotif	Perbandingan fenotif
1	RRYY	Bulat kuning	1	9
	RrYY	Bulat kuning	2	
	RRYy	Bulat kuning	2	
	RrYy	Bulat kuning	4	
2	RRyy	Bulat hijau	1	3
	Rryy	Bulat hijau	2	
3	rrYY	Kisut kuning	1	3
	rrYy	Kisut kuning	2	
4	rryy	Kisut hijau	1	1

Dalam membuat perhitungan itu Mendel menganggap bahwa gen-gen pembawa kedua sifat itu berpisah secara bebas terhadap sesamanya sewaktu terjadi pembentukan gamet. Hukum Mendel II ini disebut juga Hukum *Pengelompokan Gen Secara Bebas* (*The Law Independent Assortment of Genes*). Jadi pada dihibrida BbKk, misalnya :

- gen R mengelompok dengan Y = gamet RY
- gen R mengelompok dengan y = gamet Ry
- gen r mengelompok dengan Y = gamet rY
- gen r mengelompok dengan y = gamet ry

Angka-angka perbandingan fenotif F₂ monohibrida =3:1; sedangkan perbandingan fenotif F₂ pada dihibrida =9:3:3:1, akan tetapi dalam kenyataannya perbandingan yang diperoleh tidak persis seperti angka perbandingan tersebut, melainkan mendekati perbandingan 3:1 atau 9:3:3:1.

Misalnya :

- Pada monohibrida diperoleh perbandingan
 - berbunga ungu : 787 = 2,84 = 3
 - berbunga putih : 277 = 1 = 1
 Angka tersebut menunjukkan perbandingan 3 : 1

- Pada dihibrida diperoleh perbandingan

- bulat kuning : 315 tanaman
- bulat hijau : 101 tanaman
- kisut kuning : 108 tanaman
- kisut hijau : 32 tanaman

Angka-angka tersebut menunjukkan perbandingan yang mendekati 9 : 3 : 3 : 1

d. Persilangan Dihibrida Intermediet

Pada dihibridisasi intermediet (dominansi tidak penuh), perbandingan fenotif tidak sama dengan salah satu induknya melainkan mempunyai sifat di antara kedua gen dominant dan gen resesif, seperti persilangan tanaman bunga kelopak lebar warna merah (LLMM) dengan bunga kelopak sempit warna putih (llmm) pada diagram di bawah ini !

Tabel 4. Perbandingan Genotif dan Fenotif F₂ pada Persilangan Dihibrida Dominansi Tidak Penuh.

Fenotif	Genotif	Perbandingan	
		Genotif	Fenotif
Lebar, merah	LLMM	1	1
Lebar, merah muda	LLMm	2	2
Lebar, putih	LLmm	1	1
Sedang, merah	LIMM	2	2
Sedang, merah muda	LIMm	4	4
Sedang, putih	Llmm	2	2
Sempit, merah	lIMM	1	1
Sempit, merah muda	lIMm	2	2
Sempit, putih	llmm	1	1

Jika prinsip-prinsip Mendel tersebut kita jadikan 4 prinsip, maka dapat kita simpulkan sebagai berikut :

1. *Prinsip hereditas* ; menyatakan bahwa pewarisan sifat-sifat organisme dikendalikan oleh factor menurun (gen). Setiap individu yang berkembang dari zigot merupakan hasil dari peleburan gamet-gamet, yaitu gamet jantan (spermma) dengan gamet betina (ovum). Melalui gamet-gamet inilah informasi genetik dari kedua orang tua (induk) diturunkan kepada keturunannya. Informasi genetic ini merupakan struktur nyata, yaitu gen yang terkandung dalam kromosom.
2. *Prinsip segregasi bebas* ; pada pembentukan gamet, pasangan gen memisah secara bebas sehingga tiap gamet mendapatkan salah satu gen dari pasangan gen (alel) yang memisah.
3. *Prinsip berpasangan secara bebas* ; pada proses pembuahan (fertilisasi), gen-gen dari gamet jantan maupun gen-gen dari gamet betina akan berpasangan secara bebas.
4. *Prinsip dominansi penuh atau tidak penuh (intermediet)*; fenotif (pengaruh) gen dominant akan terlihat menutupi pengaruh gen resesif. Sedangkan pada prinsip dominansi tidak penuh, fenotif gen pada individu heterozigot berada diantara pengaruh kedua alel gen yang menyusunnya.

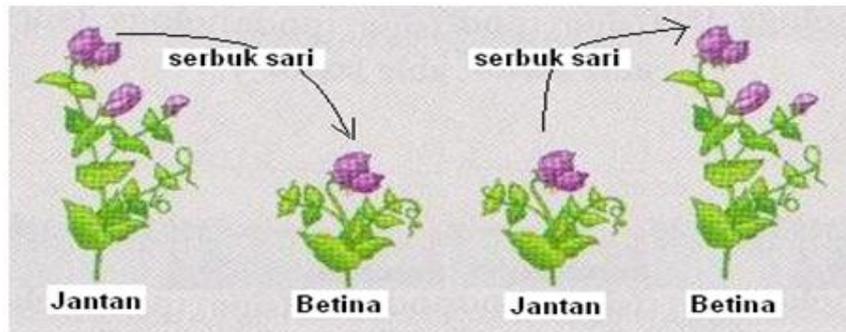
Tabel 5. Hubungan Antara Banyaknya Sifat Beda, Jumlah Gamet, Kombinasi Genotif dan Fenotif pada F2-nya.

Sifat beda	Macam gamet dari F1	Kombinasi dalam F2	Fenotif F2	Kombinasi sama F2	Kombinasi homozigot	Kombinasi baru yang homozigot	Macam genotif dalam F2
1	2	4	2	2	2	0	3
2	4	16	4	4	4	2	9
3	8	64	8	8	8	6	27
4	16	256	16	16	16	14	81
n	2 ⁿ	(2 ⁿ) ²	2 ⁿ	2 ⁿ	2 ⁿ	2 ⁿ -2	3 ⁿ

Tabel tersebut menunjukkan hubungan antara banyaknya sifat beda dengan perbandingan fenotif F2 dan macam fenotif dengan metode *segitiga pascal*.

e. Persilangan Resiprok (Persilangan Tukar Kelamin)

Prinsip-prinsip Mendel tersebut mudah dibuktikan bila diadakan perkawinan (persilangan resiprok). Persilangan resiprok adalah persilangan ulang dimana gamet jantan dan gamet betina dipertukarkan, sehingga menghasilkan keturunan yang sama.



Gambar 7 : Persilangan resiprok

f. Backcross dan Testcross

Backcross (silang balik) adalah perkawinan antara individu F1 dengan salah satu induknya yang dominan, dan gamet dari parental kemungkinannya hanya satu macam. Sehingga analisa sifat genetik dari suatu karakter yang sedang diamati menjadi lebih mudah. Perhatikan skema persilangan backcross berikut:

P?	X	?
Genotif	BB		bb
Fenotif	(bulat)		(kisut)
Gamet	B		b
F		Bb	
		(bulat)	
Backcross			
P?	X	?
Genotif	Bb		BB
Fenotif	(bulat)		(Bulat)
Gamet	B, b		b
F			
	?	B	b
	B	BB	Bb
		(bulat)	(bulat)

Hasil backcross 100 % bulat

Testcross (uji silang) adalah persilangan antara suatu individu yang tidak diketahui genotifnya dengan induk yang homozigot resesif dan dapat dilakukan dengan individu yang bukan induknya dengan syarat individu tersebut genotifnya homozigot resesif. Perhatikan persilangan testcross di bawah ini!

P	?	X	?
Genotif	__?__		bb
Fenotif	(bulat)		(kisut)
Hasil persilangan ada dua kemungkinan, yaitu :			
<ul style="list-style-type: none"> • Jika dihasilkan 100 % bulat maka individu yang belum diketahui genotifnya adalah homozigot dominan • Jika dihasilkan 50 % bulat dan 50 % maka individu yang belum diketahui genotifnya adalah heterozigot 			

C. Rangkuman

1. Orang pertama yang meneliti tentang penurunan sifat yaitu Gregor Johann Mendel. Mendel adalah tokoh genetika yang diakui sebagai penemu hukum-hukum hereditas atau pewarisan sifat menurun.
2. Gregor Johan Mendel telah melakukan eksperimen dengan membastarkan tanaman-tanaman yang memiliki sifat beda. Tanaman yang dipilih adalah tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*), karena memiliki kelebihan-kelebihan sebagai berikut :
 - a. mudah melakukan penyerbukan silang
 - b. mudah didapat
 - c. mudah hidup dan dipelihara
 - d. cepat berbuah atau berumur pendek
 - e. terdapat jenis-jenis dengan sifat beda yang menyolok
3. Persilangan Monohibrid atau monohibridisasi adalah suatu persilangan/ pembastaran dengan satu sifat beda.
4. Persilangan Intermediet, merupakan Jika sifat gen dominant tidak penuh (intermediet), maka fenotif individu F1 tidak seperti salah satu fenotif induk galur murni, melainkan mempunyai sifat fenotif diantara kedua induknya.
5. Dihibrida atau dihibridisasi ialah suatu persilangan (pembastaran) dengan dua sifat beda.
6. Dihibridisasi intermediet (dominansi tidak penuh) merupakan perbandingan fenotif tidak sama dengan salah satu induknya melainkan mempunyai sifat di antara kedua gen dominant dan gen resesif.

D. Penugasan Mandiri

Perhatikan dan identifikasi anggota keluarga masing-masing berdasarkan ciri yang disajikan pada tabel berikut.

No	Anggota keluarga	Bentuk hidung	Warna bola mata	Bentuk wajah	Bentuk rambut	Warna kulit	Tebal alis

E. Latihan Soal

1. Alasan Mendel menggunakan tanaman ercis sebagai bahan penelitian adalah...
 - A. Keturunan sedikit
 - B. Memiliki perbedaan sifat yang mencolok
 - C. Sulit disilangkan
 - D. Memiliki viabilitas yang rendah
 - E. Memiliki vitalitas yang rendah
2. Bunga merah muda disilangkan dengan bunga putih semua fenotif anaknya merah muda, jika bunga merah muda heterozigot disilangkan sesamanya. Kemungkinan akan diperoleh keturunan
 - A. 100% fenotifnya merah muda
 - B. Merah : Putih = 3 : 1
 - C. Merah Muda : Putih = 3 : 1
 - D. Merah Muda : putih = 2 : 2
 - E. Merah : merah Muda : putih = 1 : 2 : 1
3. Ada tanaman kacang gen B (biji bulat) dominan terhadap b (biji kisut). Agar didapatkan fenotif kacang biji bulat : biji kisut = 3:1 pada keturunan berikutnya, maka genotif parentalnya adalah ...
 - A. Bb x BB
 - B. Bb x bb
 - C. Bb x Bb
 - D. BB x bb
 - E. BB x BB
4. Individu dengan genotif AABBCcDd jika melakukan melakukan pembelahan meiosis macam kombinasi gamet yang terbentuk adalah
 - A. 2
 - B. 4
 - C. 6
 - D. 8
 - E. 16
5. Kucing berambut hitam disilangkan dengan kucing berambut putih semua keturunannya berambut kelabu, jika kucing kelabu disilangkan sesamanya prosentase kemungkinan keturunannya yang berambut hitam adalah
 - A. 12,5%
 - B. 25%
 - C. 50%
 - D. 75%
 - E. 100%

Kunci jawaban, pembahasan, dan pedoman penilaian

No.	Kunci Jawaban	Pembahasan	Skor
1.	B	Alasan Mendel menggunakan tanaman ercis sebagai bahan penelitian adalah 1. mudah melakukan penyerbukan silang 2. mudah di dapat 3. mudah hidup dan dipelihara 4. cepat berbuah atau berumur pendek 5. terdapat jenis-jenis dengan sifat beda yang mencolok	2
2	B	P Mm x Mm G M,m M,m F1 MM = Merah Mm = Merah muda Mm = Merah muda Mm = putih Fenotif = Merah : Merah Muda : putih 1 : 2 : 1	2
3	C	P Bb x Bb G B,b B,b F1 BB = Biji bulat Bb = Biji bulat Bb = Biji bulat bb = Biji kisut Biji Bulat : Biji kisut 3 : 1	2
4	B	Jumlah gamet AABBCcDd ada 4 Karena ada 2 sifat beda sehingga 2^n , n merupakan sifat beda.	2
5	C	P Hh x Hh G H,h H,h F1 HH = Hitam Hh = kelabu Hh = kelabu hh = putih rasio fenotif = Hitam : Kelabu : putih 1 : 2 : 1 25% : 50% : 25%	2

Keterangan :
$$\text{nilai yang didapat} = \frac{\text{jumlah skor}}{10} \times 100$$

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1.	Apakah Anda telah memahami prinsip pewarisan sifat makhluk hidup berdasarkan hukum Mendel?		
2.	Apakah Anda telah mengidentifikasi persilangan Monohibrida?		

3.	Apakah Anda telah menganalisis persilangan Intermediet?		
4.	Apakah Anda telah menganalisis persilangan Dihibrida?		
5.	Apakah Anda telah menganalisis persilangan Dihibrida Intermediet?		
6.	Apakah Anda telah menganalisis persilangan resiprok?		
7.	Apakah Anda telah mengetahui Backcross dan testcross?		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PENERAPAN HUKUM MENDEL DI BIDANG PERTANIAN DAN PETERNAKAN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini diharapkan dapat menerapkan prinsip-prinsip pewarisan sifat menurut hukum Mendel pada bidang pertanian dan peternakan.

B. Uraian Materi

Penerapan Hukum Mendel di Bidang Pertanian dan Peternakan

1. Teknik Perbaikan Mutu Tanaman dan Ternak

Hewan dan tumbuhan unggul memiliki kelebihan dalam hal-hal tertentu seperti produksi tinggi, tahan terhadap penyakit, rasa enak, berbuah cepat dan sebagainya. Hewan dan tumbuhan yang memiliki kelebihan itulah yang disebut bibit unggul.

Pengenalan mengenai konsep gen dan pewarisan telah membantu manusia dalam melakukan perbaikan mutu genetik untuk memperoleh sifat unggul tanaman dan hewan budidaya sifat-sifat unggul pada tanaman misalnya untuk tanaman pangan dengan karakter cepat panen, siklus hidup pendek, panen berhasil tinggi, serta tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Sifat-sifat unggul pada hewan misalnya sapi dengan keunggulan dapat menghasilkan daging, susu dan lemak susu yang banyak; ayam dengan keunggulan banyak bertelur dan cepat gemuk; serta pada kuda dengan keunggulan dapat berlari cepat.

Untuk pemuliaan tanaman maupun hewan, peranan penelitian untuk memperoleh bibit unggul sangat penting. Pemuliaan tanaman dan hewan adalah suatu metode yang secara sistematis merakit keragaman genetik menjadi suatu bentuk yang bermanfaat bagi manusia. Dalam pemuliaan tanaman dan hewan diperlukan faktor-faktor berikut ini, yaitu:

- a. adanya keragaman genetik.
- b. sistem-sistem logis dalam pemindahan dan fiksasi gen.
- c. konsepsi dan tujuan yang jelas .
- d. mekanisme penyebarluasan kepada masyarakat.

Melalui prinsip-prinsip genetika, manusia berusaha agar sifat-sifat yang baik yang dimiliki oleh tumbuhan atau hewan dikumpulkan pada satu keturunan sehingga diperoleh jenis unggul. Perbaikan mutu genetik pada tanaman dan hewan dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu: seleksi, penyilangan/hibridisasi, dan mutasi buatan.

a. Seleksi

Salah satu cara untuk mendapatkan tanaman dan hewan jenis unggul adalah seleksi, yaitu memilih/menyeleksi berbagai varietas tanaman dan hewan yang ada. Banyak varietas tanaman dan hewan yang berguna bagi manusia diperoleh dari proses menyeleksi (memilih/menyortir), karena variasi memang sudah ada diantara anggota spesies yang sama. Sudah sejak ribuan tahun yang lalu manusia berulang kali memilih sifat-sifat yang diinginkan dari tiap generasi tanaman dan hewan. Gen-gen yang bersifat unggul tentunya akan diwariskan kepada anaknya sehingga diperoleh tanaman atau hewan yang dibudidayakan berkualitas tinggi.

Seleksi pada tanaman misalnya seleksi terhadap berbagai varietas padi, gandum dan kentang yang memperluhatkan sifat tahan terhadap hama atau menghasilkan panen/ produksi tinggi. Seleksi pada hewan misalnya pada sapi hereford yang dapat menghasilkan kualitas dan kuantita daging yang baik.

b. Penyilangan (hibridisasi)

Hibridisasi atau penyilangan merupakan perkawinan diantara dua individu tanaman atau hewan yang berasal dari spesies yang sama tetapi berbeda varietasnya/ sifat genetiknya.

c. Mutasi Buatan

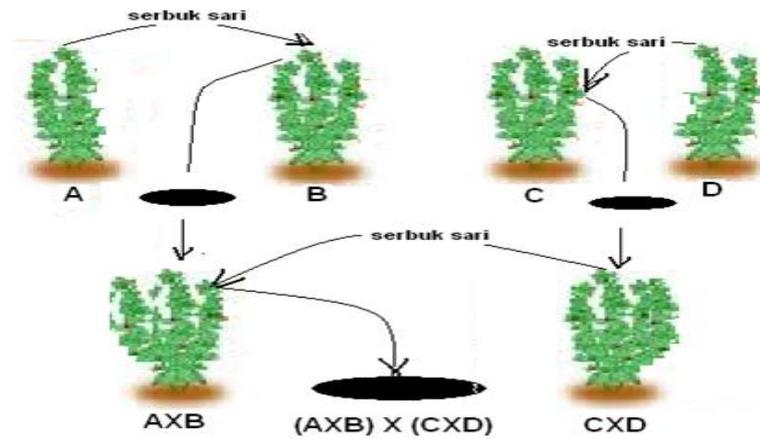
Selain dengan seleksi dan penyilangan, untuk memperoleh jenis unggul dapat juga dilakukan melalui mutasi buatan. Mutasi buatan merupakan perubahan susunan atau jumlah materi genetik / DNA (mutasi gen) atau kromosom (mutasi kromosom) pada sel-sel tubuh makhluk hidup, yang dilakukan dengan sengaja oleh manusia. Mutasi buatan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu radiasi sinar radioaktif (radioisotop) misalnya sinar X, alpha, beta, dan gamma atau dengan snyawa kimia berupa kolkisin.

Mutasi buatan paling banyak dilakukan pada tanaman, misalnya tomat, anggur, jambu, semangka, kubis (kol) dan sebagainya. Mutasi buatan dengan radiasi sinar gamma pada biji-biji tanaman padi dan palawija yang dilakukan oleh BATAN (Badan Tenaga Atom Naional) telah menghasilkan padi Atomita I dan Atomita II yang berumur pendek, produksi tinggi dan tahan terhadap serangan hama wereng, contoh lainnya kedelai muria.

Mutasi buatan dengan perendaman biji-biji tanaman perkebunan dan pertanian dalam zat kolkisin akan menghasilkan tanaman poliploid, yaitu tanaman yang kromosomnya menjadi lebih banyak (lebih dari $2n$). Melalui mutasi buatan ini buah yang dihasilkan besar-besar dan tanpa biji. Dipandang dari tanaman itu sendiri tanaman poliploid tidak menguntungkan karena gagal membentuk alat generatif. Untuk itu pada tanaman poliploid harus dilakukan pembibitan secara terus menerus.

2. Penerapan Hukum Mendel Bidang Pertanian

Hewan dan tumbuhan unggul memiliki kelebihan dalam hal-hal tertentu seperti produksi tinggi, tahan terhadap penyakit, rasa enak, berbuah cepat dan sebagainya. Hewan dan tumbuhan yang memiliki kelebihan itulah yang disebut bibit unggul. Penerapan hukum Mendel di bidang pertanian bertujuan untuk memperoleh bibit unggul, misalnya tanaman yang produksinya tinggi, cepat berbuah, buahnya besar, rasanya enak, tahan terhadap hama, tahan terhadap kekeringan dan sebagainya. Penyilangan pada tanaman misalnya penyilangan ganda pada jagung yang menghasilkan jagung super. Perhatikan gambar di bawah ini !



Gambar 8. Penyilangan ganda pada tanaman untuk menghasilkan tanaman super

Ataupun penyilangan pada bunga, contohnya penyilangan bunga A yang mempunyai karakter warna merah (MM), bunga mekar seragam (GG), namun ukuran bunga kecil (ss), dan jumlah bunga sedikit (nn), dengan bunga B yang mempunyai karakter warna putih (mm), bunga mekar tidak seragam (gg), namun ukuran bunga besar (SS) dan jumlah bunga banyak (NN). Hasil penyilangan adalah bunga hibrid dengan semua sifat dominan dan hibrid merupakan heterozigot. Oleh karena hibrid merupakan heterozigot dan bukan merupakan galur murni, maka untuk mendapatkan hibrid F1 yang sama perlu dilakukan penyilangan secara terus menerus dengan menggunakan parental yang sama. Bila ingin memperoleh galur murni maka hibrid F1 disilang kembali dengan sesamanya. Melalui penyilangan yang berulang-ulang galur murni dengan karakter yang diinginkan. contoh lain adalah kelapa hibrida yang merupakan varietas kelapa unggul hasil persilangan antara varietas kelapa dalam dengan kelapa genyah. Karakter kelapa hibrida perpaduan karakteristik unggul yang dimiliki oleh varietas kelapa dalam dan varietas kelapa genyah.

Karakteristik	Kelapa Dalam	Kelapa Genyah	Kelapa Hibrida
Produksi buah (butir/pohon/tahun)	90	140	140
Produksi kopra pada umur tahun (ton/ha/tahun)	1,0	0,5	6,0 – 7,0
Daging buah	Tebal dan keras	Tebal dan keras	Tebal dan keras
Kadar minyak daging buah	Tinggi	Rendah	Tinggi
Ketahanan terhadap penyakit	Kurang peka	Peka	Kurang peka

Contoh persilangan Hukum Mendel dengan mengambil karakteristik dari masing-masing varietas kelapa tersebut untuk mendapatkan kelapa hibrida yang bersifat unggul

P1	Ttmm		X	ttMM	
	(produksi tinggi-minyak rendah)			(produksi rendah-minyak tinggi)	
G	Tm			tM	
F1	TtMm				
	(produksi tinggi-minyak tinggi)				
P2	TtMm		X	TtMm	
	(produksi tinggi-minyak tinggi)			(produksi tinggi-minyak tinggi)	
G	TM, Tm, tM, tm			TM, Tm, tM, tm	
F2		TM	Tm	tM	tm
	TM	TTMM	TTMm	TtMM	TtMm
	Tm	TTMm	TTmm	TtMm	Ttmm
	tM	TtMM	TtMm	ttMM	ttMm
	tm	TtMm	Ttmm	ttMm	ttmm

Berdasarkan tabel persilangan dapat diketahui munculnya karakteristik dari persilangan tersebut adalah :

- > kelapa dengan karakteristik produksi tinggi-minyak tinggi = 9/16
- > kelapa dengan karakteristik produksi tinggi-minyak rendah = 3/16
- > kelapa dengan karakteristik produksi rendah-minyak tinggi = 3/16
- > kelapa dengan karakteristik produksi rendah-minyak rendah = 1/16

Berdasarkan hasil persilangan dua varietas kelapa dengan karakter yang berbeda dapat disimpulkan bahwa peluang munculnya kelapa dengan sifat yang unggul adalah 9/16. Pemuliaan tanaman memiliki peranan yang cukup penting dalam kehidupan sehari-hari dengan menggunakan berbagai macam jenis unggul dari tanaman dalam meningkatkan produksi. Untuk itu beberapa sifat unggul yang diharapkan dari pemuliaan tanaman adalah menghasilkan jenis baru yang berproduksi lebih tinggi dari jenis yang sudah ada, tahan hama, tahan terhadap penyakit dan adaptif terhadap lingkungan, masaknya awal atau berumur genjah serta produktifitas yang tinggi. Gambar di bawah ini adalah beberapa jenis tanaman unggul.



Gambar 9. Beberapa Jenis Tanaman Padi Unggul Hasil Persilangan



Gambar 10. Beberapa Jenis Sayuran Unggul Hasil Persilangan

3. Penerapan Hukum Mendel Bidang Peternakan

Dalam bidang peternakan penerapan hukum Mendel juga untuk menghasilkan bibit unggul dengan karakter ternak misalnya untuk ayam dengan sifat unggul yaitu cepat bertelur, produktivitas tinggi, tahan terhadap penyakit atau sapi

dengan sifat unggul menghasilkan susu yang banyak, badanya gemuk dan sebagainya.

Peningkatan Mutu Genetik Ternak/produktivitas ternak dapat dilakukan melalui perbaikan mutu pakan dan program pemuliaan melalui seleksi dan persilangan. Perbaikan mutu pakan dan manajemen dapat meningkatkan produktivitas, tapi tidak meningkatkan mutu genetik. Perbaikan produktivitas tersebut sering kali bersifat sementara dan tidak diwariskan pada turunannya. Perkawinan silang dapat meningkatkan produktivitas dan mutu genetik, namun membutuhkan biaya besar dan harus dilakukan secara bijak dan terarah, karena dapat mengancam kemurniaan ternak asli. Mencermati hal tersebut di atas maka upaya seleksi dipandang merupakan pilihan yang baik dan rasional. Perbaikan mutu genetik biasanya bersifat permanen dan dapat diwariskan dari generasi ke generasi berikutnya.

Tujuan dari seleksi pada ternak adalah mengubah frekuensi gen dari suatu populasi ternak. Akan tetapi kenyataan di lapang menunjukkan pemilihan ternak yang akan digunakan sebagai bibit atau yang akan disisihkan dari populasi hanya ditetapkan berdasarkan fenotipenya, bukan berdasarkan atas genotipenya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat kuantitatif pada ternak hampir tak mungkin ditetapkan genotipenya secara pasti. Oleh karena itu pengukuran fenotipe seekor ternak harus dilakukan seakurat mungkin dan meminimalkan pengaruh lingkungan sehingga fenotipe yang terukur merupakan pencerminan potensi genetiknya. Genotipe ditentukan sewaktu terjadi pembuahan (fertilisasi) dan akan tetap selama hidupnya, kecuali jika terjadi mutasi. Fenotipe merupakan kombinasi dari faktor genetik dan faktor lingkungan. Adanya keragaman fenotipe dari sifat-sifat dalam populasi disebabkan oleh faktor genetik, lingkungan dan interaksi genetik dengan lingkungan.

Faktor genetik ditentukan oleh susunan gen dan kromosom yang dimiliki individu dari orang tuanya. Faktor lingkungan dapat dikatakan sebagai kesempatan yang dimiliki individu, yang meliputi faktor nongenetik antara lain pakan, suhu, penyakit dan lainnya. Interaksi faktor genetik dan lingkungan dapat diartikan ternak dengan genotipe tertentu lebih adaptif pada suatu lingkungan dibandingkan dengan lingkungan yang lain. Seleksi dapat menyebabkan perubahan keragaman genetik, tergantung dari cara seleksi yang digunakan. Seleksi secara langsung mengakibatkan ragam genetik berkurang sampai tercapainya keadaan konstan pada suatu generasi tertentu Dengan seleksi terarah suatu sifat yang dikehendaki maka mutu genetik dapat ditingkatkan. Dalam memilih suatu sifat untuk dijadikan dasar seleksi perlu dipertimbangkan beberapa hal, yaitu tujuan program seleksi, nilai ekonomi dari adanya peningkatan sifat serta biaya dan waktu dari program seleksi. Perkawinan silang atau persilangan merupakan jalan pintas untuk memperoleh individu-individu yang memiliki sejumlah sifat unggul yang dipunyai oleh kedua bangsa tetuanya.

Di negara berkembang, ternak tidak diseleksi secara intensif untuk sifat tertentu seperti penambahan bobot badan, akan tetapi bangsa ternak asli sering mempunyai resistensi yang tinggi terhadap parasit, toleransi tinggi terhadap keadaan cuaca yang kurang menguntungkan serta dapat tumbuh baik pada kondisi pakan yang berkualitas jelek. Bila disilangkan dengan bangsa ternak produktif dari negara lain, maka turunan pertamanya sering lebih baik hasilnya dibanding dengan ternak asli. Turunan ini ternyata menggabungkan gen-gen untuk produktivitas dengan daya adaptasi dari kedua bangsa tetua. Tetapi perlu diperhatikan bahwa kelemahan grading up adalah bila persilangan dilakukan

secara terus menerus ke arah ternak impor, maka kualitas adaptasi dapat hilang serta produksi menjadi turun dan bahkan jauh lebih rendah dari bangsa ternak asli. Karena itu sebelum melaksanakan program grading up, harus direncanakan sampai generasi keberapa persilangan dilakukan dan untuk tujuan apa turunan persilangan tersebut digunakan.

Seperti diketahui, apa yang diharapkan dari persilangan adalah adanya produksi yang melebihi rata-rata kedua bangsa tetuanya, misalnya pada ternak kambing yang diharapkan adalah kecepatan pertumbuhan yang tinggi sehingga mencapai bobot potong muda yang cukup tinggi, kualitas daging yang baik dan penggunaan pakan yang efisien serta daya adaptasi dengan lingkungan yang cukup baik. Metoda kawin silang digunakan untuk memperoleh individu yang memiliki sifat produksi unggul dalam waktu singkat.

Contoh persilangan antara sapi yang memiliki sifat kualitas daging baik dan ukuran tubuh kecil (DDkk) dengan sapi yang memiliki sifat kualitas daging kurang baik dan ukuran tubuh besar (ddKK).

P1	DDkk	X	ddKK																										
	(daging kualitas baik,tubuh kecil)		(daging kualitas kurang baik,tubuh besar)																										
G	Dk		dK																										
F1	DdKk																												
	(daging kualitas baik,tubuh besar)																												
P2	DdKk	X	DdKk																										
	(daging kualitas baik,tubuh besar)		(daging kualitas baik,tubuh besar)																										
G	DK, Dk, dK, dk		DK, Dk, dK, dk																										
F2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #4a7ebb; color: white;"> <th></th> <th>DK</th> <th>Dk</th> <th>dK</th> <th>dk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>DK</th> <td>DDKK</td> <td>DDKk</td> <td>DdKK</td> <td>DdKk</td> </tr> </tbody> </table>					DK	Dk	dK	dk	DK	DDKK	DDKk	DdKK	DdKk	Dk	DDKk	DDkk	DdKk	Ddkk	dK	DdKK	DdKk	ddKK	ddKk	dk	DdKk	Ddkk	ddKk	ddkk
	DK	Dk	dK	dk																									
DK	DDKK	DDKk	DdKK	DdKk																									
Dk	DDKk	DDkk	DdKk	Ddkk																									
dK	DdKK	DdKk	ddKK	ddKk																									
dk	DdKk	Ddkk	ddKk	ddkk																									

Berdasarkan tabel persilangan dapat diketahui munculnya karakteristik dari persilangan tersebut adalah :

- kelapa dengan karakteristik daging kualitas baik,tubuh besar = 9/16
- kelapa dengan karakteristik daging kualitas baik,tubuh kecil = 3/16
- kelapa dengan karakteristik daging kualitas kurang baik,tubuh besar = 3/16
- kelapa dengan karakteristik daging kualitas kurang baik,tubuh kecil = 1/16

Jadi perkawinan silang bertujuan untuk memperoleh jenis unggul, teori plasma benih memberi petunjuk bagi kita bahwa sifat-sifat dari induk dapat diwariskan melalui sel-sel kelamin kedua induknya. Dengan demikian kita dapat menyeleksi sifat-sifat yang dimiliki oleh kedua varietas untuk diturunkan kepada kedua anak-anaknya melalui perkawinan kedua varietas tersebut. Untuk menyeleksi jenis unggul dari suatu persilangan harus hati-hati, karena turunan yang dihasilkan ada yang bersifat heterozigot. Dengan demikian dalam persilangan heterozigot maka kita akan memperoleh keturunan yang tidak sama dengan induknya atau keturunan yang tidak kita inginkan.

Pada penyilangan hewan ternak terutama bertujuan meningkatkan sumber protein dalam waktu relatif singkat. Sebagai contoh, perbaikan mutu genetik kambing kacang melalui persilangannya dengan kambing Ettawah. Kambing kacang memiliki sifat unggul seperti sifat resistensi tinggi terhadap parasit, daya tahan tinggi terhadap perubahan cuaca, kemampuan bertahan hidup pada kondisi

pakan berkualitas rendah serta tingkat reproduktivitas yang cukup tinggi. Sifat unggul yang diharapkan dari kambing Ettawah adalah sifat pertumbuhannya yang cepat, kualitas daging yang cukup baik serta adaptasi terhadap lingkungan yang cukup baik pula. Dari kambing persilangan kita kehendaki adanya heterosis dalam performa produksinya. Heterosis merupakan fungsi dari perbedaan keturunan persilangan dari rataan keturunan murni. contoh lainnya ayam pedaging atau sapi yang pertumbuhannya cepat dengan badan yang cepat gemuk atau sapi perah yang air susu dan lemak susunya banyak.

Beberapa jenis hewan yang memiliki sifat unggul.



Gambar 11. Beberapa Jenis Sapi Unggul



Gambar 12. Beberapa Jenis Domba Unggul



Gambar 13. Beberapa jenis ayam unggul

Teknik untuk memperbaiki keturunan pada ternak, dapat dilakukan sesuai dengan tujuan yang diharapkan, misalnya dapat dilakukan dengan cara purebreeding, inbreeding, outcrossing, crossbreeding, upbreeding.

- a. *Purebreeding*, mengawinkan ternak jantan dan betina yang sama jenisnya. Hal ini bertujuan untuk mempertinggi sifat homozigot. Misalnya perkawinan sapi Madura di Pulau Madura.
- b. *Inbreeding*, perkawinan antara ternak jantan dan betina yang masih ada hubungan famili. Inbreeding yang dilakukan dalam hubungan keluarga yang sangat dekat, misalnya induk jantan dengan anak-anak beinanya disebut clossbreeding. Inbreeding yang terjadi untuk beberapa generasi dapat merugikan, karena munculnya homozigot resesif.
- c. *Outcrossing*, perkawinan antar seekor pejantan dari suatu kelompok dengan betina-betina dari kelompok lain, tetapi semuanya masih dalam satu ras yang

- sama. Misalnya sapi bali dari daerah A dengan sapi bali dari daerah B. hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya inbreeding atau closebreeding.
- d. *Crossbreeding*, perkawinan silang antara dua bangsa yang berdarah murni. Perkawinan ini bertujuan untuk mendapatkan ras baru yang memiliki sifat-sifat yang lebih menonjol. Misalnya perkawinan antar sapi Fries Holland dengan sapi Madura.
 - e. *Upbreeding*, perkawinan antara pejantan yang telah diketahui mutunya (biasanya didatangkan dari luar negeri) , dengan betina-netina setempat. Perkawinan ini bertujuan untuk memperbaiki mutu ternak rakyat.

4. Jenis-jenis Tanaman dan Hewan Unggul

Beberapa contoh jenis tanaman dan hewan unggul adalah sebagai berikut !

Jenis Tanaman

- Yang dihasilkan melalui seleksi dan hibridisasi antara lain Si gadis, Bogowonto, Mahakam, Bengawan, barito, Cisadane, Klara, Pelita I dan Pelita II.
- Yang dihasilkan melalui penelitian International Rice Research Institute (IRRI) di Filipina antara lain IR 5, IR 8 kemudian di Indonesia kita kenal dengan nama PB 5 dan PB 8 (Peta Baru) karena asalnya dari bibit unggul peta yang terdapat di Indonesia.
- Yang dihasilkan melalui radiasi sinar gamma Atomita I dan Atomita II, bibit ini dapat hidup di darah kering dan tahan terhadap bakteri pucuk (*Xantomonas oryzae*).

Jenis Ternak

- Sapi unggul adalah sapi Friesian, sapi Jersey, sapi Hereford, sapiGuernsey dan sapi Aberdeen Angus. Perhatikan gambar di bawah ini !
- Domba unggul adalah domba Poll dorset, domba Marino dan domba Leicester. Perhatikan gambar di bawah ini !
- Ayam unggul adalah ayam Leghorn, ayam Minorca, ayam Light susex, ayam Barred plymouth, ayam Rhode island.

C. Rangkuman

1. Dalam pemuliaan tanaman dan hewan diperlukan faktor-faktor berikut ini, yaitu:
 - a. Adanya keragaman genetik.
 - b. Sistem-sistem logis dalam pemindahan fiksasi gen.
 - c. Konsepsi dan tujuan yang jelas.
 - d. Mekanisme penyebarluasan kepada masyarakat.
2. Perbaikan mutu genetik pada tanaman dan hewan dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:
 - a. Seleksi
 - b. Penyilangan/hibridisasi
3. Mutasi buatan
4. Teknik untuk memperbaiki keturunan pada ternak dapat dilakukan sesuai dengan tujuan yang diharapkan, dapat dilakukan dengan cara *purebreeding*, *outcrossing*, *crossbreeding*, *upbreeding*.

D. Latihan Soal

1. Pada kelapa sifat batang tinggi (T) dominan terhadap batang pendek (t), sedangkan sifat buah banyak (B) dominan terhadap buah sedikit (b). Persilangan antara 2 pohon kelapa batang tinggi buah banyak (TTBB) dengan kelapa batang

- pendek buah sedikit (ttbb) menghasilkan keturunan F2 dengan ratio 9 : 3 : 3 : 1. Keturunan F2 yang paling baik digunakan untuk bibit bergenotif....
- TTBB
 - TtBb
 - ttBB
 - TtBB
 - ttBb
- Yang bukan merupakan ciri dari pemuliaan tanaman dengan cara konvensional adalah....
 - menghasilkan jenis baru dengan persilangan
 - memanfaatkan keragaman yang tersedia di alam
 - terjadi secara acak tidak terarah
 - menghasilkan jenis baru dengan dasar genetik
 - waktu yang digunakan lama
 - Mengawinkan ternak jantan dan betina yang sama jenisnya bertujuan untuk mempertinggi sifat homozigot....
 - Purebreeding
 - Inbreeding
 - Outcrossing
 - Crossbreeding
 - Upbreeding
 - F.
 - Berikut di bawah ini yang merupakan contoh teknik upbreeding adalah....
 - Sapi pejantan dari luar negeri dengan sapi betina setempat
 - Sapi pejantan Madura dengan sapi betina Madura juga
 - Perkawinan antara sapi *Fries Holland* dengan sapi Madura
 - Kelompok dengan betina dari kelompok lain yang masih dalam satu ras
 - Perkawinan sapi bali dari kelompok A dengan sapi bali dari kelompok B
 - Tes cross/uji silang adalah persilangan antara suatu individu dengan salah satu induknya yang resesif (bb), jika test cross menghasilkan keturunan dengan fenotif yang seragam. Genotif dari individu tersebut adalah....
 - Bb dengan bb
 - BB dengan bb
 - Bb dengan Bb
 - BB dengan Bb
 - Bb dengan Bb
 - Hal yang paling penting dalam menentukan organisme yang memiliki sifat unggul dengan cara hibridisasi adalah....
 - Plasma nutfah
 - Sinar ultra violet
 - Laboratorium
 - Lokasi persilangan
 - Tenaga ahli
 - Perkawinan inbreeding yang terjadi untuk beberapa generasi dapat merugikan. Hal ini karena....
 - Munculnya sifat homozigot resesif
 - Munculnya sifat homozigot dominan
 - Menghasilkan keturunan yang heterozigot
 - Sifat resesif akan hilang

- E. Sifat dominan akan lebih menonjol
8. Persilangan mangga berbuah besar dan rasa manis heterozigot disilangkan dengan mangga berbuah kecil rasa asam heterozigot, jika buah besar rasa asam bersifat dominan maka prosentase keturunannya yang diharapkan berbuah besar rasa manis adalah....%
- A. 75
 - B. 56,25
 - C. 50
 - D. 25
 - E. 18,75
9. Tujuan dari uji silang (test cross) adalah....
- A. Menguji kemurnian suatu galur
 - B. Memperbanyak sifat homozigot
 - C. Memperbanyak sifat heterozigot
 - D. Mengetahui sifat heterozigot individu
 - E. Menentukan bibit unggul
10. Jika pohon tinggi dominan terhadap pohon pendek dan bunga merah dominan terhadap bunga hijau. Persilangan dihibrida antara individu heterozigot sempurna dan individu homozigot resesif menghasilkan keturunan dengan perbandingan fenotif
- A. 9 : 3 : 3 : 1
 - B. 2 : 2 : 1 : 1
 - C. 1 : 1 : 1 : 1
 - D. 9 : 7
 - E. 9 : 3 : 7

Kunci Jawaban, pembahasan, dan pedoman penilaian

No	Kunci Jawaban	Pembahasan
1.	B	Pada persilangan dihidrid rasio fenotifnya 9 : 3 : 3 : 1 ,dimana hasil keturunan yg heterozigot yg paling dominan muncul.
2.	A	Hasil jenis baru yang dihasilkan dari persilangan bukan merupakan ciri dari pemuliaan tanaman dengan cara konvensional.
3.	A	Purebreeding, mengawinkan ternak jantan dan betina yang sama jenisnya. Hal ini bertujuan untuk mempertinggi sifat homozigot. Misalnya perkawinan sapi Madura di Pulau Madura.
4.	A	Upbreeding, perkawinan antara pejantan yang telah diketahui mutunya (biasanya didatangkan dari luar negeri) , dengan betina-netina setempat. Perkawinan ini bertujuan untuk memperbaiki mutu ternak rakyat.
5.	B	BB dengan bb merupakan keturunan dengan fenotif yang seragam
6.	A	Plasma nutfah merupakan Hal yang paling penting dalam menentukan organisme yang memiliki sifat unggul dengan cara hibridisasi.
7.	A	Munculnya sifat homozigot resesif merupakan contoh perkawinan inbreeding yang terjadi untuk beberapa generasi dapat merugikan.
8.	C	<p>P : mangga besar manis heterozigot x mangga kecil asam heterozigot</p> $\begin{array}{ccc} BbMm & \times & bbmm \\ G : & & BM,Bm,bM,bn \quad \quad \quad bm,bm \end{array}$ <p>F1: Mangga besar rasa manis (BbMm) = 2 Mangga besar rasa asam (Bbmm) = 2 Mangga kecil rasa manis (bbMM) = 2 Mangga kecil rasa asam (bbmm) = 2 Maka $\frac{2}{8} \times 100 \% = 25\%$</p>
9.	D	Tujuan test cross dilakukan untuk mengetahui genotifnyadengan induk yang homozigot resesif.
10.	A	Pada persilangan dihibrida akan menghasilkan perbandingan fenotif 9 : 3 : 3 : 1

Setiap jawaban benar diberi skor = 1

Keterangan :
$$nilai\ yang\ didapat = \frac{jumlah\ skor}{10} \times 100$$

E. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1.	Apakah Anda telah dapat menjelaskan cara memperoleh sifat unggul tanaman dan hewan melalui persilangan?		

2.	Apakah Anda telah memahami tehnik persilangan hukum Mendel?		
3.	Apakah Anda dapat memberi contoh tanaman/hewan dengan sifat unggul?		
4.	Apakah Anda dapat menjelaskan penerapan hukum mendel di bidang pertanian?		
5.	Apakah Anda dapat menjelaskan penerapan hukum Mendel di bidang peternakan?		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak".

Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

EVALUASI

1. Pada tanaman labu gen B (bulat) dominan terhadap b (kisut), gen T (tinggi) dominan terhadap t (rendah). Tanaman labu bergenotip BbTt dibastarkan dengan Bbtt. Akan menghasilkan keturunan : bulat-tinggi, kisut-tinggi, bulat-rendah, dan kisut-rendah dengan perbandingan....
 - A. 3 : 1 : 3 : 1
 - B. 1 : 3 : 3 : 1
 - C. 1 : 1 : 1 : 1
 - D. 3 : 3 : 1 : 1
 - E. 3 : 1 : 3 : 1
2. Bunga merah muda disilangkan dengan bunga putih semua fenotif anaknya merah muda, jika bunga merah muda heterozigot disilangkan sesamanya. Kemungkinan akan diperoleh keturunan....
 - A. 100% fenotifnya merah muda
 - B. Merah : putih = 3 : 1
 - C. Merah muda : putih = 3 : 1
 - D. Merah muda : putih = 2 : 2
 - E. Merah : merah muda : putih = 1 : 2 : 1
3. Apakah yang terjadi apabila dua buah gen bukan alelnya mengalami pautan sempurna?
 - A. Gen-gen tersebut akan diwariskan secara terpisah pada keturunannya
 - B. Gen-gen tersebut akan mengalami pindah silang
 - C. Gen-gen tersebut selalu diwariskan secara bersama-sama pada keturunannya
 - D. Gen-gen tersebut tidak akan diwariskan pada keturunannya
 - E. Gen-gen tersebut terkadang diwariskan terpisah atau terkadang bersama-sama pada keturunannya.
4. Sifat heterozigot dari suatu individu dapat diketahui dengan
 - A. Melihat genotifnya
 - B. Persilangan balik
 - C. Persilangan resiprok
 - D. Melihat fenotifnya
 - E. Melihat genotif parentalnya
5. Pada kelapa sifat batang tidak tinggi tinggi (T) dominan terhadap batang pendek (t), sedangkan sifat buah banyaj (B) dominan terhadap buah sedikit (b). persilangan antara 2 pohon kelapa tersebut menghasilkan keturunan F2 dengan rasio fenotif 9 : 3 : 3 : 1.
Keturunan F2 yang sifatnya paling baik untuk bibit adalah....
 - A. TtBb
 - B. ttBB
 - C. TtBB
 - D. TTBB
 - E. TTBb
6. Diketahui semangka warna hijau dominan terhadap yang bergaris-garis dan bentuk pendek dominan terhadap bentuk panjang. Gen yang mengontrol sifat tersebut diturunkan secara bebas. Persilangan aemngka hijau pendek doubke set sesamanya

- akan menghasilkan keturunan. Berapa bagian hasil persilangan yang diharapkan berbuah hijau panjang?
- A. $9/6$
 - B. $1/4$
 - C. $3/16$
 - D. $1/2$
 - E. $1/16$
7. Persilangan antara kacang ercis berbiji kuning bentuk bulat (AaBb) dengan ercis berbiji hijau bentuk bulat (aaBb). Dari persilangan tersebut akan dihasilkan tanaman....
- A. Kuning bulat 100%
 - B. Hijau bulat 100%
 - C. Kuning bulat : hijau bulat = 75% : 25%
 - D. Kuning bulat : hijau bulat = 50% : 50%
 - E. Kuning bulat : hijau bulat = 25% : 75%
8. Individu dengan genotif BbKkWw, maka jumlah macam gamet yang terbentuk saat meiosis adalah....
- A. 2-BKW,bkw
 - B. 3-Bb,Kk,Ww
 - C. 4-BKW,BKw,bKW,bKw
 - D. 6-BB,bb,KK,kk,WW,ww
 - E. 8-BKW,BKw,BkW,Bkw,bKW,bKw,bkW,bkw
9. Kemungkinan untuk memperoleh keturunan dengan genotif aabbcc dari perkawinan antara individu dengan genotif AaBbCc x AaBbCc adalah....
- A. $1/64$
 - B. $1/16$
 - C. $1/8$
 - D. $\frac{1}{4}$
 - E. $\frac{1}{2}$
10. Pemuliaan tanaman dan hewan dengan cara hibridisasi faktor yang paling penting adalah....
- A. Plasma nutfah
 - B. Tenaga ahli
 - C. Lahan penelitian
 - D. Waktu yang digunakan
 - E. Teknologi

KUNCI JAWABAN DAN PEDOMAN PENILAIAN

Nomor soal	Kunci jawaban	Nomor soal	Kunci jawaban
1.	A	6.	A
2.	B	7.	B
3.	A	8.	C
4.	D	9.	D
5.	E	10.	E

Setiap jawaban benar diberi skor = 1

Keterangan : $nilai\ yang\ didapat = \frac{jumlah\ skor}{10} \times 100$

DAFTAR PUSTAKA

Ben Watson. nationalgardening.com

Depdiknas. 2003. *Pengembangan silabus dan penilaian*, Jakarta: Ditjen Dikmenum.

Dorling Kindersley. 1997. *Kehidupan*, Jakarta: Balai Pustaka.

Deptan. 2004. *Pemuliaan dan bioteknologi tanaman*, Jakarta: Departemen Pertanian Pusat.

Istamar Syamsuri. 2003. *Biologi 2000 3A*, Jakarta: Erlangga.

Michael R. Cumming. 1991. *Human heredity (2eds)*. USA: West Publishing Company.

Moh Amien. 1995. *Biologi 3 petunjuk guru*, Jakarta: Depdikbud,

Moh Amien. 1995. *Biologi 3 SMU*. Jakarta: Depdikbud,

Robert F.W. dan Philip W.H. 1989. *Genetics*, USA: Wm. C. Brown Publisher

Suryo. 1986. *Genetika*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,

Tim Intan Pariwara. 2004 *Biologi 3a*, Klaten: PT Intan Pariwara,

World Image google, yahoo