



MODUL BIOLOGI DASAR (PSD 113)

**MODUL 11
PEWARISAN SIFAT**

**DISUSUN OLEH
HARLINDA SYOFYAN, S.Si., M.Pd**

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2018

PEWARISAN SIFAT

A. Pendahuluan

Keanekaragaman makhluk hidup yang ada di muka bumi merupakan hasil dari pewarisan sifat antara makhluk hidup satu dengan lainnya. Dalam penurunan sifat antar makhluk hidup terdapat istilah hereditas dan genetika. Hereditas merupakan induk yang mewariskan sifatnya ke generasi selanjutnya, sedangkan genetika merupakan bagian dari cabang ilmu biologi yang membahas tentang hereditas. Teori genetika merupakan hasil pemikiran dari G. Johann Mendel (1822-2884) yang saat ini dikenal sebagai teori Mendel atau hukum Mendel, berkat teori tersebut ia mendapat julukan Bapak Genetika.

Setiap makhluk hidup memiliki sel yang dapat diturunkan kepada generasi selanjutnya untuk membentuk sifat keturunan yang sama ataupun baru, contohnya disini adalah jumlah sel gamet. Gen dapat ditemukan dalam nukleus (inti sel), tepatnya pada kromosom gen. Tiap gen merupakan bagian dari hereditas yang memiliki sifat kima yang nantinya akan mempengaruhi sifat dari masing-masing individu, contohnya disini adalah perbedaan sifat antara warna rambut, bentuk rambut, warna kulit dan lain sebagainya.

B. Kompetensi Dasar

Mahasiswa mampu mendeskripsikan materi genetik; mendeskripsikan persilangan monohybrid dan dihibrid, dan mendeskripsikan hereditas pada manusia.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

1. Menguraikan Gen dan peranannya
2. Menguraikan Persilangan Monohybrid dan Dihibrid
3. Menjelaskan Penyakit Warisan Gen

D. Kegiatan Belajar 1

PEWARISAN SIFAT

I . URAIAN DAN CONTOH

A. Gen dan Kromosom

1. Gen

Gen ialah suatu substansi kimia dalam kromosom yang bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat organisme. Istilah gen pertama kali dikemukakan oleh **W. Johansen**. Fungsi gen antara lain sebagai berikut.

- a) Mengatur perkembangan dan metabolisme individu.
- b) Menyampaikan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya.
- c) Sebagai zarah tersendiri dalam kromosom.

Terdapat sejumlah kromosom di dalam nukleus. Menurut Suryo (1997) kromosom tersusun atas nukleoprotein, yaitu persenyawaan antara asam nukleat dan protein seperti histon atau protamin. Namun, yang membawa keterangan genetik hanyalah asam nukleat saja. Asam nukleat itu meliputi DNA dan RNA. Bagian dari rantai DNA yang dapat mengkode

suatu polipeptida melalui proses transkripsi dan translasi disebut gen. Setiap gen dalam kromosom dimulai dari kodon AUG (start) disebut pula sebagai kodon permulaan, karena memulai sintesis polipeptida. Kodon UGA, UAG, dan UAA disebut kodon tak bermakna (stop = tanda akhir dari suatu protein) karena kodon-kodon ini tidak mengkode asam amino. Setiap gen terletak pada suatu lokus. Menurut Morgan, gen memenuhi lokus suatu kromosom sebagai zarah kompak yang mengandung satuan informasi genetik dan mengatur sifat-sifat menurun tertentu. Pada kenyataannya, batas-batas lokus satu sama lain tidak seperti kotak dan gen itu sendiri masing-masing tidak kompak seperti butir-butir kelereng.

Gen berperan untuk menentukan pewarisan sifat seperti rasa, warna, dan bentuk. Gen terdapat di dalam kromosom, dan menempati tempat-tempat tertentu yaitu di dalam lokus-lokus kromosom. Pada sel eukariotik, kromosom berada di dalam inti sel. Kromosom mempunyai sifat mudah menyerap warna, sehingga dalam sel yang sedang membelah, kromosom dapat anda lihat dengan menggunakan mikroskop biasa. Akan tetapi untuk mempelajari struktur halusinya, tetap harus digunakan mikroskop elektron. Pada saat sel tidak sedang membelah, kromosom berbentuk benang-benang halus yang disebut **benang-benang kromatin**.

G.W. Beadle dan E.L. Tatum menyatakan bahwa setiap gen pada organisme mengendalikan produksi suatu enzim khusus. Enzim-enzim itu akan melakukan semua kegiatan metabolisme organisme tersebut sehingga mengakibatkan perkembangan suatu struktur dan fisiologi yang khas, yaitu fenotipe organisme tersebut.

2. Kromosom

Kromosom terdapat di dalam nukleus berupa benda-benda halus berbentuk lurus atau bengkok. Nama kromosom pertama kali diberikan oleh Waldeyer (1888) berasal dari kata khroma artinya warna dan soma artinya tubuh. Jadi, kromosom dapat diartikan sebagai badan yang mudah menyerap zat warna. Bahan yang menyusun kromosom yaitu kromatin sehingga sering disebut benang kromatin. Kromosom merupakan badan berbentuk batang atau bengkok, mulai tampak pada saat sel akan membelah dan selama proses pembelahan. Kromosom tampak jelas pada fase pembelahan metafase karena kromosom berjajar di bidang ekuator. Ukuran kromosom dalam sebuah sel tidak pernah sama. Panjangnya 0,2–50 μ dan diameternya 0,2–20 μ .

Secara umum, sebuah kromosom terdiri atas bagian-bagian kromonema, kromomer, sentromer, lekukan kedua, telomer, dan satelit. Perhatikan struktur kromosom berikut.

- a) Kromonema berupa pita spiral yang terdapat penebalan.
- b) Kromomer merupakan penebalan-penebalan pada kromonema. Di dalam kromomer terdapat protein yang mengandung molekul DNA. Beberapa DNA bergabung membentuk gen yang berfungsi sebagai pembawa bagian sifat keturunan dan menempati suatu bagian yang disebut sebagai **lokus gen**.
- c) Sentromer merupakan bagian kromosom yang menyempit dan tampak lebih terang. Bagian ini tidak mengandung gen dan merupakan tempat melekatnya benang spindel.

- d) Lekukan kedua berperan dalam pembentukan nukleolus (anak inti sel).
- e) Telomer merupakan bagian ujung-ujung kromosom yang menghalang-halangi bersambungannya ujung kromosom yang satu dengan kromosom yang lain.
- f) Satelit yaitu suatu tambahan atau tonjolan yang terdapat pada ujung kromosom. Tidak semua kromosom mempunyai satelit.

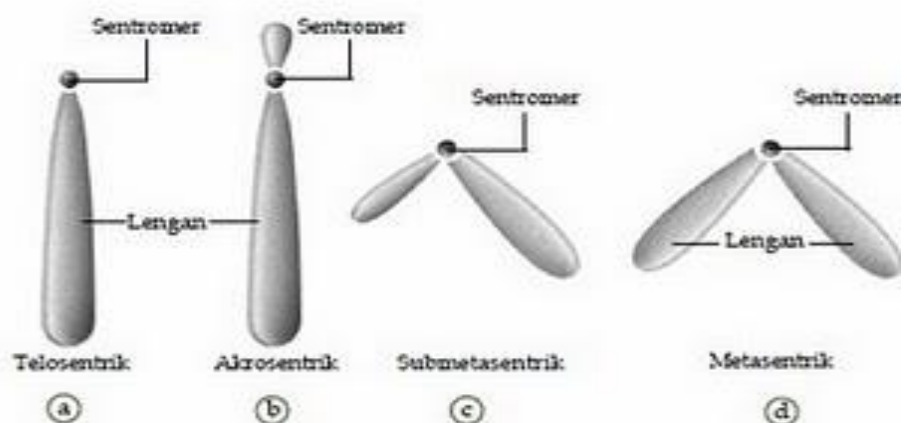
Kromosom berbentuk seperti batang. Jika anda amati dengan teliti, setiap kromosom memiliki dua buah lengan yang dihubungkan oleh *sentromer*. Pada kromosom, terdapat benang-benang halus yang melingkar-lingkar. Di sepanjang benang-benang halus inilah terletak gen. Gen terdiri dari untaian-untaian DNA. Setiap gen menempati tempat tertentu di dalam kromosom. Tempat suatu gen di dalam kromosom disebut sebagai lokus gen.

Berdasarkan jumlah sentromernya, terdapat tiga jenis kromosom berikut.

- a. Monosentris, kromosom yang hanya memiliki sebuah sentromer.
- b. Disentris, kromosom yang memiliki dua sentromer.
- c. Polisentris, kromosom yang memiliki banyak sentromer.

Berdasarkan letak sentromernya, kromosom dibedakan menjadi empat macam, yaitu metasentris, submetasentris, akrosentris, dan telosentris.

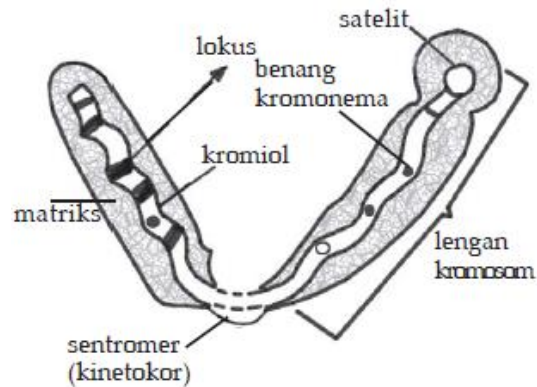
- a) Metasentris, sentromer terletak di tengah-tengah kromosom sehingga kromosom berbentuk seperti huruf V.
- b) Submetasentris, sentromer terletak submedian atau kira-kira ke arah salah satu ujung kromosom. Bentuk kromosom seperti huruf
- c) Akrosentris, sentromer terletak pada subterminal atau di dekat ujung kromosom. Satu lengan kromosom sangat pendek dan satu lengan lainnya sangat panjang. Bentuk kromosom lurus atau seperti batang.
- d) Telosentris, sentromer terletak pada ujung kromosom.



Gambar 1. Bentuk Kromosom
 Sumber: www.google.co.id

Kromosom hanya memiliki satu lengan saja. Berdasarkan bentuknya, kromosom digolongkan menjadi enam macam, yaitu:

- a. bentuk bulat, d. bentuk batang,
- b. bentuk cerutu, e. bentuk huruf V, dan
- c. bentuk koma, f. bentuk huruf L.



Gambar 2. Bagian Kromosom

Sumber: www.google.co.id

Pada setiap sel tubuh, kromosom selalu dalam keadaan berpasangan. Kromosom yang berpasangan mempunyai bentuk, ukuran, dan komposisi sama atau hampir sama disebut kromosom homolog. Pada setiap sel tubuh lalat buah terdapat 8 buah kromosom berarti terdapat 4 pasang kromosom homolog. Pada sel tubuh manusia terdapat 46 buah kromosom berarti terdapat 23 pasang kromosom homolog.

Pengaturan kromosom secara standar berdasarkan panjang, jumlah, serta bentuk kromosom sel somatis disebut **kariotipe**. Sementara itu, hasil dari pengaturan kromosom disebut **kariogram**. Jumlah macam kromosom disebut ploidi atau set, perangkat atau genom. Dalam sel tubuh setiap kromosom terdapat berpasangan, berarti terdiri 2 set sehingga disebut diploid ($2n$). Sebaliknya, pada sel gamet satu sel kelamin memiliki kromosom tidak berpasangan, berarti terdapat satu set kromosom sehingga disebut haploid. Kadang-kadang ditemukan individu yang memiliki kromosom lebih dari normal ($2n$). Misalnya, terjadinya sel kanker karena jumlah kromosomnya melebihi dari jumlah normal ($2n$). Apabila jumlah kromosomnya **3 set disebut triploid ($3n$)**. Sementara itu, apabila jumlah kromosomnya **4 set disebut tetraploid ($4n$)**. Apabila jumlah kromosomnya lebih dari 4 set disebut poliploid. Mengapa individu normal ($2n$) dapat menjadi triploid ($3n$), tetraploid ($4n$) atau poliploid? Pada dasarnya kromosom semua organisme mempunyai dua tipe, yaitu autosom dan kromosom kelamin (seks kromosom = gonosom).

- a) Autosom merupakan kromosom yang tidak mempunyai hubungan dengan penentuan jenis kelamin.
- a. Kromosom kelamin atau seks kromosom merupakan sepasang kromosom yang menentukan jenis kelamin. Ada dua macam seks kromosom, yaitu kromosom-X dan kromosom-Y.

Inti sel lalat buah mengandung 8 buah kromosom, terdiri 6 buah (3 pasang) autosom dan 2 buah (1 pasang) gonosom. Formula kromosom sel tubuh lalat buah jantan yaitu 3 AA + XY (6 A + XY), sedangkan formula kromosom sel tubuh lalat buah betina yaitu 3 AA + XX (6 A + XX).

Inti sel tubuh manusia mengandung 46 buah kromosom, terdiri atas 44 (22 pasang) autosom dan 2 (1 pasang) kromosom kelamin. Seorang perempuan memiliki 22 pasang autosom dan 1 pasang kromosom-X sehingga formula kromosom untuk perempuan yaitu 22AA + XX atau ditulis 44A + XX atau 44,XX. Seorang laki-laki memiliki 22 pasang autosom + 1 kromosom-X + 1 kromosom-Y sehingga formula kromosom untuk orang laki-laki yaitu 22AA + XY atau ditulis 44A + XY atau 44,XY.

Pada makhluk tingkat tinggi, sel tubuh (*sel somatik*) mengandung satu pasang kromosom yang diterima dari kedua induk/orang tuanya. Kromosom-kromosom yang berasal dari induk betina bentuknya serupa dengan yang berasal dari induk jantan. Maka sepasang kromosom itu disebut *kromosom homolog*. Karena itu jumlah kromosom dalam sel tubuh dinamakan *diploid* ($2n$). Tetapi pada sel kelamin (gamet) hanya mengandung setengah dari jumlah kromosom yang terdapat di dalam sel somatik. Karena itu jumlah kromosomnya dinamakan *haploid* (n). Satu pasang kromosom haploid dari satu spesies dinamakan *genom*. Jumlah kromosom yang dimiliki berbagai makhluk tidak sama. Perhatikan jumlah kromosom beberapa makhluk hidup pada Tabel berikut ini.

Tabel Organisme Diploid					
No		Kromosom	No		Kromosom
1	Manusia	46	23	<i>Hydra</i>	32
2	Simpanse	48	24	Cemara	24
3	Kera	48	25	Ceri	32
4	Kuda	64	26	Kubis	18
5	Lembu/sapi	60	27	Lobak	18
6	Keledai	62	28	Kacang polong	14
7	Anjing	78	29	Buncis	22
8	Kucing	38	30	Ketimun	14
9	Tikus rumah	40	31	Kapas	52
10	Tikus sawah	42	32	Kentang	48
11	Merpati	80	33	Tomat	24
12	Ayam	78	34	Tembakau	48
13	Kalkun	82	35	Gandum dipakai untuk membuat roti	42
14	Katak	26	36	Gandum dipakai untuk membuat air	14
15	Ikan mas	94	37	Barley	20
16	Binatang laut	36	38	Jagung	24
17	Ulat sutera	56	39	Beras	16
18	Lalat rumah	12	40	Bawang	34
19	<i>Drosophila melanogaster</i>	8	41	Ragi	4
20	Nyamuk	6	42	Jamur	2
21	Kecoa	23,24		Kapang <i>Penicillium</i>	
22	Cacing tanah	36			

Gambar 3. Jumlah Kromosom Beberapa Makhluk Hidup
Sumber: www.google.co.id

B. Persilangan

Persilangan adalah proses menggabungkan dua sifat yang berbeda dan diharapkan mendapatkan sifat yang baik bagi keturunannya. Orang yang pertama kali menyelidiki perkawinan silang dan menganalisa hasilnya dengan

teliti ialah **Gregor Mendel**. Ia mengumpulkan beberapa jenis kacang ercis (*Pisum sativum*) untuk dipelajari perbedaannya satu sama lain dan melakukan percobaan perkawinan silang pada tanaman ercis tersebut. Alasan Mendel memilih tanaman kacang ercis adalah sebagai berikut.

1. Tanaman ini hidupnya tak lama (merupakan tanaman setahun), mudah tumbuh, dan mudah disilangkan.
2. Memiliki bunga sempurna artinya dalam bunganya terdapat benang sari (alat kelamin jantan) dan putik (alat kelamin betina), sehingga biasanya terjadi penyerbukan sendiri. Perkawinan silang dapat dilakukan oleh pertolongan manusia. Penyerbukan sendiri yang berlangsung beberapa generasi terus-menerus akan menghasilkan *galur murni* yaitu keturunan yang selalu memiliki sifat yang sama dengan induknya.
3. Tanaman ini memiliki tujuh sifat dengan perbedaan yang menyolok, seperti batang tinggi lawan kerdil, buah polongan berwarna hijau lawan kuning, bunga berwarna ungu lawan putih, bunganya terletak *aksial* (sepanjang batang) lawan *terminal* (pada ujung batang), biji yang masak berwarna hijau lawan kuning, permukaan biji licin lawan berkerut, dan warna kulit biji abu-abu lawan putih.

Pada saat itu, Mendel belum mengetahui bentuk dan susunan kromosom dan gen sebagai pembawa sifat. Mendel menyebut bahan keturunan itu sebagai *faktor tertentu*. Sekarang kamu mengetahui bahwa *faktor penentu* itu adalah *gen*. Dengan diketemukannya kromosom (yaitu benda-benda halus berbentuk batang lurus atau bengkok di dalam sel), maka **Wilhelm Roux** berpendapat bahwa kromosom ialah pembawa sifat keturunan. Pendapat ini diperkuat oleh eksperimen **T. Boveri** dan **W.S. Sutton** (1902) yang membuktikan bahwa gen ialah bagian dari kromosom. Teori ini dikenal dengan *teori kromosom*. Kemudian diketahui juga bahwa gen diwariskan dari orang tua kepada keturunannya lewat gamet atau sel kelamin.

Sebelum mempelajari persilangan Mendel, kamu perlu mengenal terlebih dulu penggunaan beberapa simbol (tanda) yang sering digunakan dalam mempelajari genetika.

- P : induk/parental (orang tua)
- F : keturunan/filial (*fillus*)
- F1 : keturunan pertama
- F2 : keturunan kedua
- : tanda kelamin jantan
- : tanda kelamin betina

Gen biasanya diberi simbol dengan huruf pertama dari suatu sifat. *Gen dominan* dinyatakan dengan huruf besar, sedangkan *gen resesif* dengan huruf kecil, misalnya:

- T : simbol untuk gen yang menentukan batang tinggi
- t : simbol untuk gen yang menentukan batang kerdil

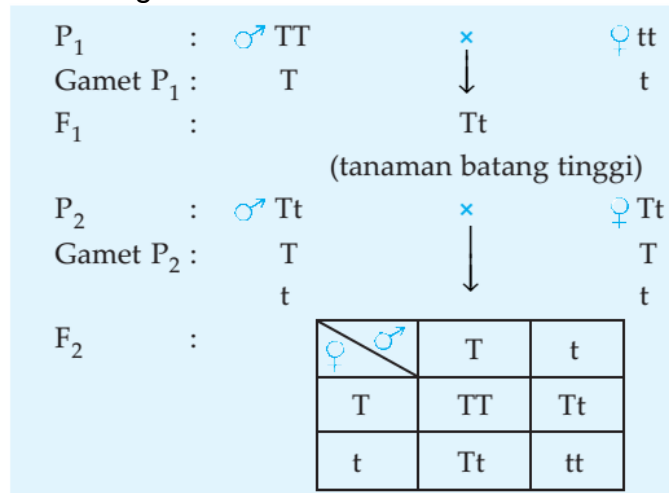
Oleh karena tanaman itu merupakan individu diploid, maka simbol tanaman ditulis dengan huruf dobel, misalnya:

- TT : simbol untuk tanaman berbatang tinggi
- tt : simbol untuk tanaman berbatang kerdil

Dari perkawinan silang yang dilakukan Mendel pada tanaman ercis berbatang tinggi dengan yang berbatang kerdil, maka semua tanaman keturunan pertama seragam berbatang tinggi. Suatu tanda bahwa sifat batang

tinggi mengalahkan sifat batang kerdil. Sifat demikian disebut *sifat dominan*, sedangkan sifat yang dikalahkan disebut *sifat resesif*. Jika keturunan pertama dibiarkan menyerbuk sendiri, didapatkan keturunan kedua yang memperlihatkan pemisahan sifat dengan perbandingan kira-kira 3/4 batang tinggi dan 1/4 batang kerdil.

Percobaan Mendel tersebut di atas dapat diikuti secara genetik seperti diagram perkawinan sebagai berikut.



Gambar 4. Persilangan Dominan dengan Resesif
 Sumber: www.google.co.id

Dari diagram papan catur di atas, terlihat bahwa keturunan pada F_2 adalah:

- TT = berbatang tinggi
- 2 Tt = berbatang tinggi
- tt = berbatang pendek/kerdil

Dengan demikian perbandingan tanaman berbatang tinggi : batang kerdil = 3 : 1.

Sifat keturunan yang dapat kamu amati atau lihat (misalnya warna, bentuk, dan ukuran) dinamakan *fenotipe*. Sedangkan sifat dasar yang tak tampak dan tetap (tidak berubah karena lingkungan) pada suatu individu dinamakan *genotipe* (misalnya TT dan tt).

Anggota dari sepasang gen yang terletak pada posisi yang sama pada pasangan kromosom disebut *alel*. Misalnya T menentukan sifat tinggi pada batang, sedangkan t menentukan batang kerdil. Maka T dan t merupakan alel. Tetapi andaikan R adalah gen yang menentukan warna merah bunga, maka T dan r bukan alel.

Homozigot ialah individu yang genotipenya terdiri dari alel yang sama (misalnya TT dan tt), sedangkan *heterozigot* adalah individu yang genotipenya terdiri dari pasangan alel yang tidak sama (misalnya Tt). Homozigot dapat dibedakan atas *homozigot dominan* (TT) dan *homozigot resesif* (tt). Fenotipe dua individu dapat sama meskipun genotipenya berbeda. Misalnya tanaman berbatang tinggi dapat mempunyai genotipe TT atau Tt.

Hasil perkawinan antara dua individu yang mempunyai sifat beda dinamakan *hibrid*. Jadi tanaman F_1 pada contoh di depan merupakan hibrid. Berdasarkan banyaknya sifat beda yang terdapat pada suatu individu, maka perkawinan/persilangan dapat dibedakan menjadi monohibrid, dihibrid,

trihybrid, dan seterusnya. Perkawinan monohybrid ialah perkawinan dengan memperhatikan satu sifat beda (misalnya Aa), dihibrid ialah perkawinan dengan memperhatikan dua sifat beda (misalnya AaBb), dan trihibrid ialah perkawinan dengan tiga sifat beda (misalnya AaBbCc).

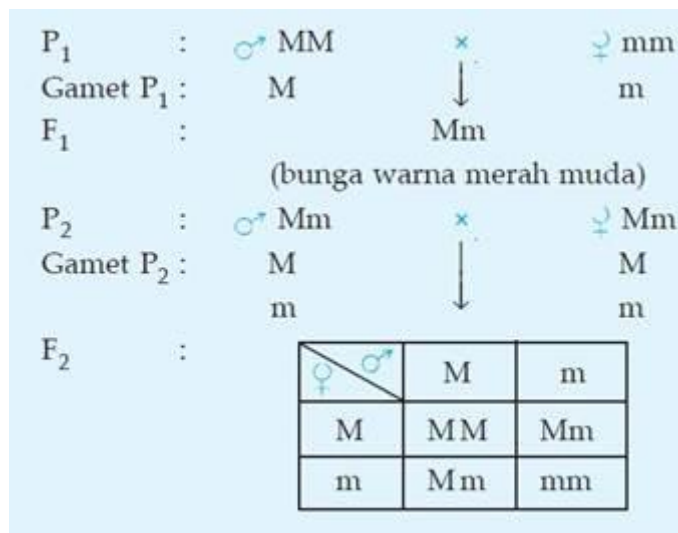
1. Persilangan Monohybrid

Persilangan/perkawinan monohybrid ialah perkawinan antara dua individu dengan memperhatikan satu sifat beda. Percobaan Mendel yang menyilangkan ercis berbatang tinggi dengan ercis berbatang pendek merupakan contoh perkawinan monohybrid.

Setiap makhluk hidup memiliki banyak sifat yang dapat diamati. Untuk memudahkan dalam mempelajari persilangan, anda boleh hanya memperhatikan salah satu sifat yang dimiliki. Contohnya tanaman ercis memiliki banyak sifat yang mudah diamati seperti sifat tinggi tanaman, warna bunga, kedudukan bunga, bentuk polong, warna polong, bentuk biji, dan warna biji. Jika dilakukan persilangan dengan memperhatikan semua sifat beda itu, maka persilangan akan menjadi rumit. Dalam persilangan monohybrid, hanya diperhatikan salah satu sifat seperti tinggi tanaman saja, warna polong saja, atau sifat yang lain.

a. Sifat Dominan dan Resesif

Perkawinan monohybrid ada yang menunjukkan sifat yang bersifat *dominan* saja atau *resesif* saja, jadi tidak ada sifat yang bersifat antara atau *intermediet*. Contohnya tanaman kacang ercis berbunga merah dikawinkan dengan yang berbunga putih. Turunan pertamanya (F1) seluruhnya berbunga merah. Apabila turunan pertama disilangkan dengan sesamanya ternyata keturunan kedua (F2) terdiri atas tanaman ercis berbunga merah dan putih dengan perbandingan 3 : 1. Apabila gen untuk warna merah bunga dilambangkan M, sedangkan gen untuk warna putih dilambangkan m, proses penyilangannya akan tampak sebagai berikut.



Gambar 5. Persilangan Monohybrid

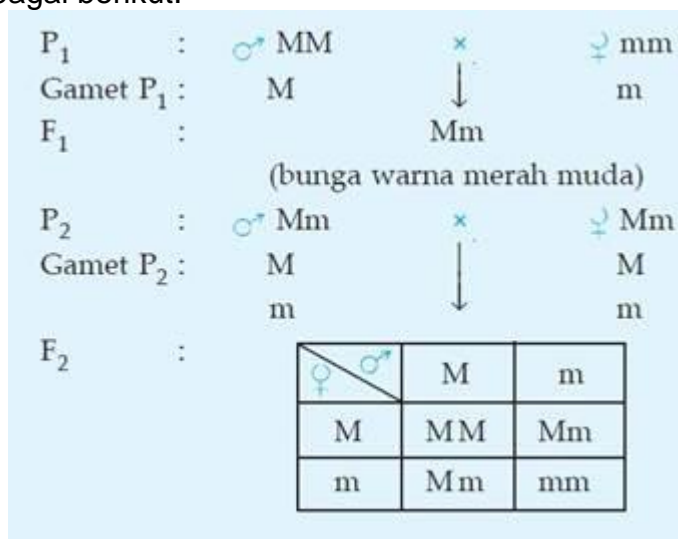
Sumber: www.google.co.id

Maka terlihat bahwa perbandingan fenotipe F2 adalah bunga merah : bunga putih = 3 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya adalah MM :

$Mm : mm = 1 : 2 : 1$. Setiap genotipe yang mengandung M besar, maka akan berwarna merah. Maka gen M dan warna bunga merah bersifat dominan. Namun jika tidak mengandung M, maka termasuk warna putih artinya m bersifat resesif. Juga tidak dihasilkan keturunan yang warna bunganya merah muda (warna antara merah dan putih).

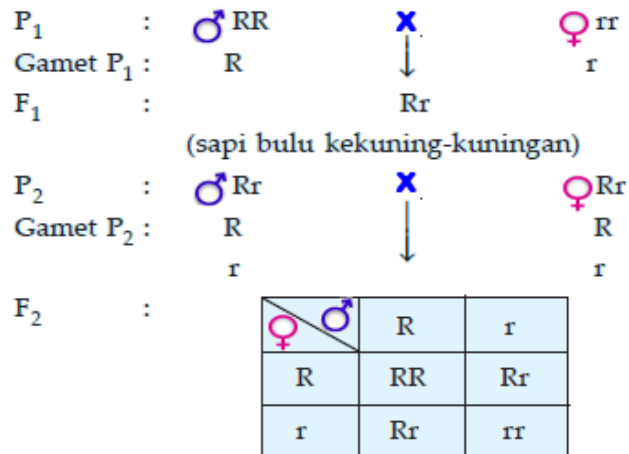
b. Sifat Intermediet

Persilangan monohibrid tidak selalu memperlihatkan sifat dominan resesif, tapi ada pula keturunan yang mempunyai sifat diantara keduanya. Contohnya pada perkawinan silang tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*). Jika sebuk sari berasal dari tanaman homozigot berbunga merah (genotipe MM) disilangkan dengan putik dari tanaman homozigot berbunga putih (genotipe mm). Diagram persilangannya dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 6. Persilangan Intermediet
 Sumber: www.google.co.id

Maka perbandingan fenotipe F2 adalah bunga merah : bunga merah muda : bunga putih = 1 : 2 : 1. Sedangkan perbandingan genotipenya adalah $MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1$. Warna bunga merah hanya terjadi bila gen M bertemu dengan M. Jika gen m bertemu dengan m dihasilkan bunga warna putih. Namun bila gen M bertemu dengan m dihasilkan keturunan dengan warna gabungan yaitu merah muda. Sifat ini disebut *sifat intermediet*. Contoh yang lain misalnya pada sapi yang memiliki bulu merah R disilangkan dengan bulu putih r. Persilangannya dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 7. Persilangan Intermediet
 Sumber: www.google.co.id

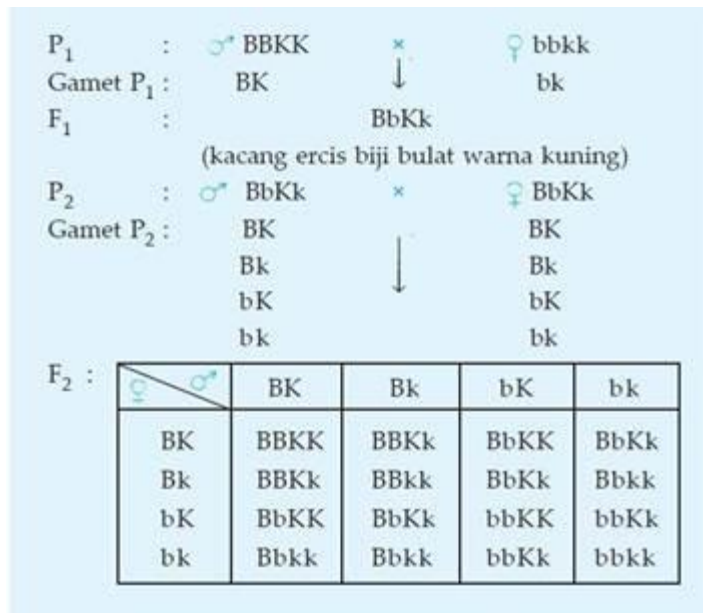
Maka perbandingan fenotipe F2 adalah sapi bulu merah : sapi bulu kekuning-kuningan : sapi bulu putih = 1 : 2 : 1.
 Sedangkan perbandingan genotipnya = RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1.

2. Persilangan Dhibrid

Persilangan dihibrid ialah persilangan dengan dua sifat beda. Contohnya hasil percobaan Mendel pada biji tanaman ercis. Pada biji ercis, anda dapat mengamati 2 sifat beda, yaitu bentuk biji dan warna biji. Kedua sifat beda itu ditentukan oleh gen-gen sebagai berikut:

- B : gen untuk biji bulat
- b : gen untuk biji keriput
- K : gen untuk biji kuning
- k : gen untuk biji hijau

Jika tanaman ercis berbiji bulat - kuning homozigot (BBKK) disilangkan dengan tanaman ercis berbiji keriput - hijau (bbkk), maka semua tanaman F1 berbiji bulat - kuning. Apabila tanaman-tanaman F1 ini dibiarkan menyerbuk sendiri, maka tanaman ini akan membentuk 4 macam gamet baik jantan maupun betina, masing-masing dengan kombinasi BK, Bk, bK, dan bk. Perhatikan diagram persilangan berikut.



Gambar 8. Persilangan Dihibrid

Sumber: www.google.co.id

Pada F_2 diperoleh $4 \times 4 = 16$ kombinasi, terdiri atas empat macam fenotipe yaitu tanaman berbiji bulat - kuning (9/16), berbiji bulat-hijau (3/16 bagian), berbiji keriput - kuning (3/16 bagian), dan berbiji keriput - hijau (1/16 bagian).

Jadi, pada persilangan dihibrid dapat disimpulkan bahwa pada F_2 diperoleh:

- jumlah kombinasi : 16 macam
- jumlah genotipe : 9 macam
- jumlah fenotipe : 4 macam
- rasio perbandingan fenotipe antara biji bulat - kuning : biji bulat - hijau : biji keriput - kuning : biji keriput - hijau adalah 9 : 3 : 3 : 1.

No.	Genotipe	Fenotipe	Jumlah
1.	BBKK	bulat - kuning	1
2.	BBKk	bulat - kuning	2
3.	BbKK	bulat - kuning	2
4.	BbKk	bulat - kuning	4
5.	Bbkk	bulat - hijau	2
6.	BBkk	bulat - hijau	1
7.	bbKk	keriput - kuning	2
8.	bbKK	keriput - kuning	1
9.	Bbkk	keriput - hijau	1

Gambar 9. Genotip dan Fenotip Persilangan Dihibrid

Sumber: www.google.co.id

3. Perkembangan dengan Sifat Ajeak

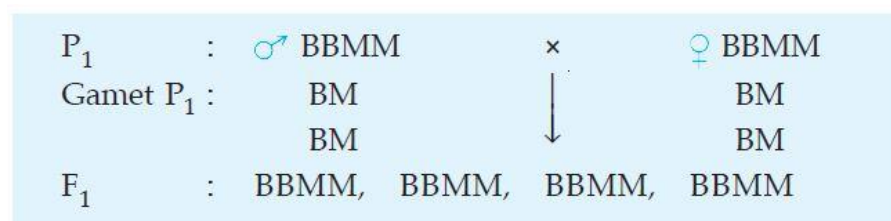
Sifat ajeak merupakan sifat yang terus-menerus diwariskan oleh induk kepada keturunannya tanpa adanya perubahan. Contoh tanaman yang

memiliki sifat ajek adalah tanaman apel yang berbuah besar, berasa manis, dan tahan terhadap penyakit. Apabila individu betina dan jantan memiliki sifat ketiga tersebut lalu mengadakan persilangan, maka kemungkinan keturunannya juga memiliki sifat berbuah besar, berasa manis, dan tahan terhadap penyakit. Hal ini mengandung ketentuan bahwa sifat buah besar dominan terhadap buah tidak besar, sifat rasa manis dominan terhadap sifat rasa tidak manis, dan sifat tahan terhadap penyakit dominan terhadap sifat yang rentan penyakit. Tentunya kedua individu yang dipersilangkan adalah individu homozigot.

Perhatikan contoh persilangannya dengan dua sifat beda (persilangan dihibrid) berikut ini. Misalnya gen yang menentukan buah besar adalah M dan gen yang menentukan rasa manis adalah M.

Sifat berbuah besar : BB (homozigot, dominan)

Sifat berasa manis : MM (homozigot, dominan)



Gambar 10. Persilangan Sifat Dominan

Sumber: www.google.co.id

Pada persilangan di atas, terlihat kemungkinan sifat F_1 sama semua, yaitu BBMM yang berarti berbuah besar dan berasa manis. Apabila persilangan diulang lagi sampai F_2 , maka akan menghasilkan keturunan yang sama, hingga pada persilangan seterusnya (F_n) akan mempunyai keturunan yang sama. Inilah yang disebut perkembangbiakan dengan sifat ajek.

Contoh tanaman lain yang hampir dapat dipastikan keajekannya adalah tanaman yang dikembangbiakkan secara vegetatif dan kloning. Misalnya umbi lapis pada bawang merah, cangkok pada mangga, dan stek pada ubi kayu. Ingat bahwa gen bukan satu-satunya faktor yang menentukan sifat suatu organisme. Jadi faktor yang menentukan sifat organisme adalah gen, nutrisi, dan lingkungan.

4. Peranan Persilangan bagi Kehidupan Manusia

Persilangan merupakan cara yang penting dalam pemuliaan untuk menghasilkan bibit hewan maupun tanaman yang unggul. Jika kamu mempunyai tanaman jeruk yang berbuah kecil tapi manis dan tanaman jeruk berbuah besar tapi masam dan kamu menginginkan memperoleh tanaman jeruk dengan buah yang besar dan rasa yang manis, maka kamu dapat menyilangkannya. Diharapkan diperoleh keturunan yang berbuah besar dan rasanya manis. Jika sudah diperoleh, tanaman ini kemudian diperbanyak secara vegetatif agar sifatnya tidak berubah. Jadi penemuan bibit tanaman ataupun hewan yang unggul dapat diperoleh melalui proses persilangan.

C. Pewarisan Sifat Pada Manusia

Pada manusia telah diketahui cukup banyak sifat yang diturunkan, misalnya albino, kemampuan merasakan rasa pahit atau tes *phenyl thiocarbamida* (PTC), mata biru, rambut ikal, ayun, dan kencing manis. Berikut ini beberapa contoh sifat dan penyakit keturunan pada manusia dan cara pewarisannya.

1. Albino

Penderita albino mempunyai gangguan pada pembentukan pigmen melanin, sehingga rambut dan kulitnya berwarna putih (bule). Penglihatan penderita albino juga sangat peka terhadap cahaya. Sifat albino dikendalikan oleh gen resesif *a*, sedangkan alelnya gen *A* menentukan sifat yang normal. Jadi penderita albino mempunyai genotipe *aa*, sedangkan orang yang normal mempunyai fenotipe *AA* atau *Aa*.

Coba anda buat diagram perkawinan jika seorang pria normal homozigot (*AA*) menikah dengan wanita albino (*aa*). Berapa persen kemungkinan mempunyai anak yang menderita albino?

Contoh :

Parental (P1)	:	♀ <i>aa</i>	><	♂ <i>AA</i>
		Albino		normal
Gamet	:	<i>a</i>		<i>A</i>
Filial (F1)	:	<i>Aa</i> (normal carrier) = 100%		

Jika F1 menikah dengan orang albino maka:

Parental	:	♀ <i>Aa</i>	><	♂ <i>aa</i>
		Normal carrier		albino
Gamet	:	<i>A, a</i>		<i>a</i>
Filial	:	<i>Aa</i> = normal carrier = 50%		
		<i>aa</i> = albino = 50%		

2. Sifat Pengecap PTC

Suatu bahan kimia sintesis *phenyl thiocarbamida* (PTC) dapat digunakan untuk menyelidiki apakah orang dapat merasakan rasa pahit atau tidak. Orang yang dapat mengecap rasa pahitnya PTC disebut pengecap (*taster*), sedang yang tidak merasakan pahitnya PTC disebut buta kecap (*nontaster*). Kemampuan untuk merasakan rasa pahit ditentukan oleh gen dominan *T*, sehingga seorang pengecap dapat mempunyai genotipe *TT* atau *Tt*. Alelnya resesif *t* menyebabkan orang tidak merasakan pahitnya PTC. Jadi orang yang buta kecap memiliki genotipe *tt*.

Coba, buatlah diagram perkawinan dari pasangan suami dan istri yang memiliki sifat pengecap yang heterozigotik. Tentukan pula ratio genotipe dan fenotipe anak/keturunan mereka.

3. Kencing Manis (*Diabetes Melitus*)

Kencing manis atau sakit gula adalah suatu penyakit metabolisme pada tubuh manusia yang disebabkan karena pankreas kurang menghasilkan insulin. Akibatnya kadar gula dalam darah tinggi sekali dan sebagian dibuang melalui air kencing. Penyakit kencing manis dapat membahayakan jiwa penderitanya, misalnya dapat mengakibatkan luka sukar disembuhkan.

Dahulu penyakit ini diduga disebabkan oleh pola makanan yang tidak teratur, tidur tidak teratur, dan gaya hidup. Namun penyelidikan lebih lanjut diketahui bahwa kencing manis disebabkan oleh kurangnya produksi insulin

dari pankreas. Sifat ini ditentukan oleh gen resesif d. Jika seseorang pada suatu waktu diketahui menderita diabetes, sedangkan kedua orang tuanya normal, maka dapat dipastikan bahwa kedua orang tua itu heterozigotik.

Coba anda buat diagram persilangan antara kedua orang tua yang gennya heterozigotik. Tentukan genotipe, fenotipe, dan perbandingan genotipe dan fenotipe dari keturunannya.

4. Golongan Darah

Hubungan antara fenotipe dan genotipe golongan darah dapat digambarkan pada Tabel berikut ini.

Tabel Genotipe dan fenotipe pada golongan darah sistem AB0.

Fenotipe Golongan Darah	Genotipe	Kemungkinan Macam Sel Gamet
A	$I^A I^A, I^A I^O$	I^A, I^O
B	$I^B I^B, I^B I^O$	I^B, I^O
AB	$I^A I^B$	I^A, I^B
O	$I^O I^O$	I^O
4 macam	6 macam	3 macam

Berdasarkan uraian tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa keberadaan antigen A dikendalikan oleh gen I^A , antigen B dikendalikan gen I^B . Gen I^O bersifat resesif terhadap gen I^A maupun gen I^B .

Coba, buatlah diagram perkawinan dari orang tua yang bergolongan darah AB dan O. Berapa peluang memiliki anak bergolongan darah B? Mungkin pasangan suami istri yang ergolongan darah A mempunyai anak bergolongan darah O dan B?

5. Kelainan Bawaan pada Manusia Bersifat Menurun

Beberapa kelainan pada manusia diturunkan melalui autosom atau kromosom seks baik bersifat dominan ataupun resesif. Kelainan yang diwariskan melalui kromosom seks antara lain buta warna dan hemofili. Kedua kelainan ini diwariskan melalui kromosom X. Sedangkan penyakit keturunan yang diwariskan melalui autosom dominan antara lain jari pendek (*brakhidaktili*), jari bergabung (*sindaktilli*), dan jari lebih dari lima (*polidaktili*).

a. Buta Warna

Gen buta warna terpaut pada kromosom X dan bersifat resesif (c). Gen normal (C) bersifat dominan terhadap gen buta warna (c). Gen buta warna akan berpengaruh dan menyebabkan buta warna ketika tidak bersama dengan gen normal (C). Maka kemungkinan genotipe yang dapat terjadi sebagai berikut.

XcY : pria buta warna

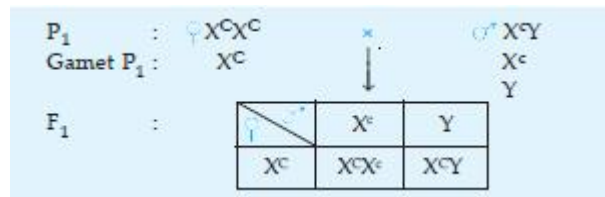
XCY : pria normal

$XCXC$: wanita normal

$X^C X^c$: wanita pembawa sifat buta warna (*karier*)

$X^c X^c$: wanita buta warna

Jadi jika seorang pria buta warna menikah dengan wanita normal, kemungkinan keturunannya adalah sebagai berikut



Hasilnya adalah $X^C X^c$ yaitu wanita normal tetapi karier (membawa sifat) buta warna dan $X^c Y$ yaitu pria dengan penglihatan normal. Coba kamu buat diagram perkawinan jika seorang pria buta warna menikah dengan wanita normal tetapi karier buta warna.

b. Hemofili

Hemofili ialah penyakit keturunan pada manusia yang menyebabkan darah sukar membeku ketika terjadi luka. Hal ini disebabkan karena tidak adanya faktor pembeku darah. Hemofili diwariskan melalui kromosom X dengan gen penyebab hemofili yang bersifat resesif. Gen hemofili (h) bersifat resesif terhadap gen normal (H). Gen H dan gen h tersebut terpaut pada kromosom X, bukan kromosom Y. Hemofili akan muncul jika gen h tidak bersama gen H. Sehingga pria yang menderita hemofili akan memiliki kromosom seks dengan genotipe $X^h Y$. Wanita hemofili tidak dijumpai karena bersifat letal (mati dalam kandungan).

Genotipe yang mungkin terjadi ialah sebagai berikut.

$X^H Y$: pria normal

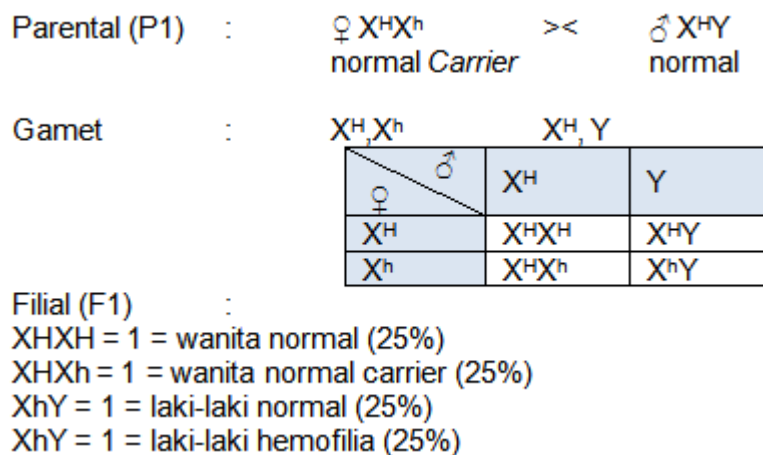
$X^h Y$: pria hemofili

$X^H X^H$: wanita normal

$X^H X^h$: wanita pembawa sifat hemofili (*karier hemofili*)

$X^h X^h$: wanita hemofili (*bersifat letal/mati*)

Jika seorang wanita normal karier menikah dengan pria normal, akan diperoleh keturunan sebagai berikut.



Dari diagram di atas, tampak bahwa fenotipe yang dihasilkan adalah 75% normal dan 25% hemofili. Yang berfenotipe normal (75%) terdiri dari

satu orang wanita normal, satu orang pria normal, dan satu orang wanita normal karier.

c. Jari Lebih (*Polidaktili*)

Polidaktili ditentukan oleh gen dominan P, sedang alelnya resesif p menentukan jari normal. Penderita polidaktili mempunyai jari tangan atau jari kaki (atau jari tangan dan kaki) lebih dari 5.

Coba anda buat diagram perkawinan jika seorang ibu normal mempunyai suaminya penderita polidaktili. Bagaimanakah kemungkinan genotipe dan fenotipe keturunannya.



Contoh Soal Pewarisan Sifat

- 1) Wanita normal menikah dengan pria penderita katarak. Kemungkinan genotip dan fenotip anak-anaknya sebagai berikut.

P : ♀ kk >< ♂ KK
 (Normal) (Katarak)
 Gamet : k K
 ↓
 F₁ : Kk (Katarak)

- 2) Pasangan penderita katarak heterozigot menikah. Kemungkinan genotip dan fenotip anak-anaknya sebagai berikut.

P : ♀ Kk >< ♂ Kk
 Gamet : K, k K, k
 ↓
 F₁ : 1 KK } menderita katarak (75%)
 2 Kk }
 1 kk = normal (25%)

II. LATIHAN

Petunjuk :

Sebelum menjawab latihan di bawah ini, anda diharapkan telah membaca uraian materi yang telah disajikan diatas. Kemudian jawablah pertanyaan pada latihan di bawah ini dengan jelas dan benar.

Jawablah latihan soal di bawah ini sesuai petunjuk!

1. Mengapa tidak dijumpai wanita penderita hemofili yang hidup sampai dewasa?
2. Penyakit genetik dapat dicegah, antara lain dengan menghindari perkawinan dengan kerabat dekat, misalnya perkawinan dengan saudara kandung atau saudara sepupu. Diskusikan dengan teman, mengapa perkawinan dengan kerabat dekat dapat menyebabkan munculnya penyakit keturunan.
3. Gambarkan bentuk kromosom berdasarkan letak sentromernya (metasentris, submetasentris, akrosentris, dan telosentris).
4. Apa yang dimaksud kariotipe?
5. Sebutkan jenis kromosom berdasarkan jumlah sentromernya. Jelaskan cirinya.
6. Apakah anda dapat menjelaskan cara pewarisan sifat pada makhluk hidup?
7. Dapatkah anda menjelaskan diagram persilangan monohybrid dan dihibrid serta menganalisa sifat genotipe dan fenotipe keturunannya?
8. Dapatkah anda memberi contoh sifat-sifat yang diturunkan secara genetik dari orang tua kepada anaknya?
9. Dapatkah anda menunjukkan beberapa kelainan bawaan pada manusia yang bersifat menurun?

III. RANGKUMAN

- Gen dan kromosom merupakan substansi yang bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat kepada keturunannya. Gen terdapat di dalam lokus-lokus kromosom, dan kromosom pada sel eukariotik terdapat di dalam inti sel.
- Jumlah kromosom setiap makhluk hidup berbeda-beda. Kromosom pada sel tubuh umumnya bersifat diploid ($2n$), sedangkan kromosom pada sel kelamin bersifat haploid (n).
- Kromosom yang menentukan sifat selain jenis kelamin disebut autosom, sedangkan sel yang menentukan jenis kelamin suatu individu disebut gonosom atau kromosom seks.
- Persilangan monohybrid adalah persilangan dengan memperhatikan satu sifat beda.
- Perbandingan genotipe pada F_2 adalah $1 : 2 : 1$. Persilangan monohybrid ada yang bersifat dominan – resesif (perbandingan fenotipe $F_2 = 3 : 1$) dan ada yang bersifat intermediet (perbandingan fenotipe $F_2 = 1 : 2 : 1$)
- Persilangan dihibrid merupakan persilangan dengan memperhatikan dua sifat beda.
- Perbandingan fenotipe pada F_2 adalah $9 : 3 : 3 : 1$.
- Pada manusia, terdapat beberapa sifat dan penyakit yang bersifat menurun. Misalnya adalah albino, sifat pengecap PTC, kencing manis, golongan darah, buta warna, hemofili, dan polidaktili. Penyakit genetik bersifat menurun dan tidak dapat disembuhkan, tetapi dapat dihindari dengan memperhatikan silsilah keluarga.

.IV. TES FORMATIF

Petunjuk : Pilihlah salah satu jawaban yang anda anggap paling benar!

1. Di dalam kromosom, gen menempati tempat-tempat tertentu yang disebut
A. sentromer
B. alel
C. lokus
D. aster
2. Kromosom yang menentukan jenis kelamin suatu individu disebut
A. kromosom tubuh
B. gonosom
C. autosom
D. haploid
3. Persilangan antara mangga berbuah besar manis (BBMM) dengan mangga berbuah kecil masam (bbmm) akan menghasilkan F1 dengan genotipe
A. BBmm
B. BbMm
C. BbMM
D. bbMM
4. Tiga jenis kelainan pada manusia yang biasa diturunkan dari generasi sebelumnya adalah
A. buta warna, anemia, dan leukemia
B. kencing manis, polio, dan epilepsi
C. buta warna, epilepsi, dan polio
D. kencing manis, buta warna, dan hemofili
5. Persilangan dua individu yang bersifat intermediet antara warna merah dan putih akan menghasilkan F2 dengan warna
A. merah, merah muda, dan putih
B. merah muda dan merah
C. merah muda dan putih
D. merah dan putih
6. Apabila kita mengadakan perkawinan silang maka keturunannya mempunyai sifat tertentu. Bila pada keturunannya hanya satu sifat yang tampak, maka sifat yang tampak ini disebut
A. intermediet
B. **dominan**
C. resesif
D. genotipe
7. Penyakit keturunan pada manusia yang terpaut dengan kromosom seks contohnya
A. albino
B. buta warna
C. brakhidaktili
D. diabetes melitus
8. Tumbuhan kacang ercis berbunga merah (MM) disilangkan dengan kacang ercis berbunga putih (mm). Keturunan pertamanya menghasilkan ercis dengan genotipe
A. MM
B. Mm
C. mm
D. MP

9. Jika seorang wanita bergolongan darah A menikah dengan laki-laki bergolongan darah AB, maka jenis golongan darah yang tidak mungkin dijumpai pada anaknya adalah
- A. A
B. B
C. AB
D. 0
10. Pada kelinci, bulu hitam (H) dominan terhadap bulu putih (h). Bulu kasar (R) dominan terhadap bulu halus (r). Seekor kelinci bulu hitam kasar dikawinkan dengan kelinci bulu putih halus. Semua keturunan pertamanya (F1) berbulu hitam kasar. Jika keturunan pertama dikawinkan sesamanya perbandingan fenotif kelinci bulu hitam kasar : hitam halus : putih kasar : putih halus yang dihasilkan pada F2 ialah....
- A. 9 : 3 : 3 : 1
B. 12 : 3 : 1
C. 9 : 6 : 1
D. 15 : 1

V. Umpan Balik dan tindak Lanjut

Cocokkan jawaban di atas dengan kunci jawaban tes formatif 1 yang ada di bagian akhir modul ini. Ukurlah tingkat penguasaan materi kegiatan belajar dengan rumus sebagai berikut :

Tingkat penguasaan = (Jumlah jawaban benar : 10) x 100 %

Arti tingkat penguasaan yang diperoleh adalah :

Baik sekali	=	90 - 100%
Baik	=	80 - 89%
Cukup	=	70 - 78%
Kurang	=	0 - 69%

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 805 ke atas, Selamat anda telah mencapai indikator pembelajaran yang diharapkan. Namun bila pencapaian yang ada dapatkan masih kurang, anda harus mengulangi kegiatan belajar 1 terutama pada bagian yang belum ada kuasai.

VI. Daftar Pustaka

Arif, dkk. 2011. Pewarisan Sifat Beberapa Karakter Kualitatif Pada Tiga Kelompok Cabai, Vol 17. No. 2. Buletin Plasma Nutfah.

<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/bpn/article/view/5155>

Fauziah, dkk. 2009. *IPA untuk Kelas VIII*. BSE. Pusat Perbukuan Kemendikbud.

Harminto, S. 2017. *Biologi Umum*. Jakarta: Universitas Terbuka.

<https://dosenbiologi.com/manusia/pewarisan-sifat>

http://file.upi.edu/Direktori/SPS/PRODI.PENDIDIKAN_IPA/196307011988031-SAEFUDIN/GENETIKA_saefudin-BIOUPI.pdf

- Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SD. Jakarta : Depdiknas.
- Purnomo, dkk. 2009. *Biologi Kelas XI*. Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.
- Puspita,.Diana, dkk. 2009. *Alam Sekitar IPA Terpadu Kelas VII*. BSE. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Rumanta, M. 2009. *Praktikum IPA di SD*. Jakarta : Universitas Terbuka
- Sembiring. Langkah, Sudjino. 2009. *Biologi. Kelas XII*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Subardi, dkk. 2009. *Biologi untuk Kelas X*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Usman Samatowa,. 2011. *Pembelajaran IPA di SD*. Jakarta : Indeks
- Wasis, dkk. IPA SMP dan MTS IX. BSE. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Widodo,A. dkk. 2006. *Pendidikan IPA di SD*. Bandung : UPI Press
- Winarsih, dkk. 2008. *IPA Terpadu untuk Kelas Menengah*, Depdikbud.
- Zuliani,R, dkk. 2014. *Konsep Dasar IPA I*. PGSD, Universitas Muhammadiyah Tangerang.
- Buku Biologi SD, SMP, SMA (yang relevan)

VII. Lampiran
Kunci Jawaban Tes Formatif

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