

Manusia memiliki bentuk wajah, jenis rambut, warna kulit, postur badan atau sifat karakteristik lainnya yang berbeda antara manusia satu dengan lainnya. Perbedaan tersebut dikontrol oleh gen yang diwarisi dari induknya (orang tua).

Lalu, bagaimana proses pewarisan gen-gen dari orang tua kepada keturunannya? Dapatkah kita mengubah gen-gen makhluk hidup misalnya padi sehingga kita dapat meningkatkan hasil produksinya? Pelajari [ringkasan materi](#) berikut.

Pewarisan Sifat pada Makhluk Hidup

1. Molekul yang Mendasari Pewarisan Sifat

Materi Genetik : Molekul yang berperan sebagai materi genetik adalah asam nukleat yaitu *deoxyribonucleic acid* ([DNA](#)) dan *ribonucleic acid* ([RNA](#)). Pada DNA terdapat perintah yang mempengaruhi sifat atau yang menentukan karakteristik sifat makhluk hidup yang disebut gen. Keseluruhan informasi genetik yang menentukan karakteristik makhluk hidup disimpan dalam DNA.

Berikut ilustrasi untaian DNA dalam makhluk hidup (manusia) :



DNA terletak dalam inti sel, merupakan untaian yang sangat panjang, untaian DNA melilit pada protein histon. Lilitan DNA dengan protein histon membentuk benang-benang kromatin.

Contohnya kromosom pada sel akar bawang merah berikut



DNA memiliki struktur seperti suatu untai ganda yang membentuk heliks atau bentuk ulir. Berikut struktur DNA :



(a) struktur molekul DNA, (b) struktur kimia parsial DNA

DNA dan RNA terdiri dari nukleotida, setiap nukleotida tersusun atas gugus fosfat, gula dan basa nitrogen. Pada DNA gulanya berupa deoksiribosa, pada RNA gulanya berupa ribosa. Nukleotida dibagi menjadi struktur lebih kecil disebut nukleosida. Satu nukleosida tersusun

atas gula dan basa nitrogen.

Basa nitrogen yang menyusun DNA ada 4 yaitu adenin (A) berpasangan dengan timin (T), guanin (G) berpasangan dengan sitosin (C). Adenin dan guanin termasuk basa purin, timin dan sitosin termasuk basa pirimidin. Pada RNA tidak terdapat timin (T), timin ini pada RNA digantikan oleh urasil (U).

Struktur DNA berbentuk heliks karena adanya jenis ikatan kimia. Antara untai DNA diikat oleh ikatan hidrogen, antara basa nitrogen dan gula diikat oleh ikatan glikosida, antar nukleotida dihubungkan dengan ikatan fosfodiester. Berikut struktur RNA :



(a) struktur molekul RNA, (b) struktur kimia RNA

Materi genetik dapat diturunkan dari orangtua pada anak, contohnya jika orang tua memiliki cuping telinga melekat, maka semua anaknya memiliki cuping telinga melekat. Jika salah satu dari orangtua memiliki cuping telinga terpisah maka semua anaknya memiliki jenis cuping telinga terpisah, namun bisa juga salah satu anaknya memiliki cuping telinga melekat.

Berikut bentuk cuping telinga melekat dan cuping telinga terpisah



(a) cuping telinga terpisah (memiliki gen *GG* atau *Gg*), (b) cuping telinga melekat (memiliki gen *gg*)

Dalam pewarisan sifat ada **sifat dominan dan resesif**. Contohnya karakter cuping terpisah mampu menutupi atau mengalahkan karakter cuping telinga melekat. Karakter yang mampu mengalahkan atau menutupi karakter yang lain disebut sifat dominan. Karakteristik yang ditutupi (cuping melekat) disebut sifat resesif.

Gen dominan ditulis dengan huruf kapital, gen resesif ditulis dengan huruf kecil.

Karakter cuping terpisah dikode oleh gen *G* (dominan), karakter cuping melekat dikode oleh gen *g* (resesif). Variasi atau bentuk alternatif dari gen - gen disebut alel.

Sifat atau karakter yang terlihat oleh mata seperti bentuk rambut, warna kulit, dan jenis cuping telinga disebut fenotip. **Fenotip merupakan** perwujudan "ekspresi" dari gen. Susunan informasi genetik (gen) dari individu yang mengkode karakter - karakter fisik

disebut genotip. Susunan kromosom pada sel-sel disebut kariotipe.

Berikut susunan kromosom sel tubuh :



(a) susunan kromosom sel tubuh pada perempuan (XX), (b) susunan kromosom sel tubuh pada laki - laki (XY)

Berikut susunan kromosom sel kelamin :



(a) susunan kromosom sel kelamin pada perempuan (X), (b) susunan kromosom sel kelamin pada laki - laki (Y)

Jumlah kromosom sel tubuh ada 23 pasang, karena diploid ($2n$), jumlah kromosomnya $23 \times 2 = 46$ kromosom. Kromosom nomor 1 sampai 22 disebut autosom (kromosom tubuh), kromosom nomor 23 disebut gonosom (kromosom kelamin). Gonosom inilah yang membedakan antara laki-laki atau perempuan.

Laki - laki diberi simbol ♂ (jantan pada hewan dan tumbuhan), perempuan diberi simbol ♀ (betina pada hewan dan tumbuhan). Gonosom laki - laki ditulis XY dan untuk perempuan ditulis XX. Kariotipe laki - laki ditulis dengan rumus $22AA + XY$, perempuan ditulis dengan rumus $22AA + XX$.

Kariotipe sel kelamin jantan (sperma) yaitu $22A + X$ atau $22A + Y$, kariotipe sel kelamin betina (ovum) yaitu $22A + X$. Berikut diagram kromosom perkawinan laki - laki dengan perempuan :



Gen pada kromosom Y berperan penting menentukan jenis kelamin manusia. Pada ovum hanya terdapat autosom dan kromosom X saja. Jadi, ketika ovum yang mengandung kromosom X bertemu dengan sperma yang mengandung kromosom X maka menghasilkan anak (keturunan) dengan jenis kelamin perempuan (XX).

Jika ovum mengandung kromosom X bertemu dengan sperma mengandung kromosom kelamin Y maka menghasilkan anak (keturunan) dengan jenis kelamin laki - laki (XY). Keturunan dalam proses pewarisan sifat disebut filial (F), orangtua atau induk disebut parental (P).

2. Hukum Pewarisan Sifat

Teori pewarisan sifat pertamkali diteliti oleh **Gregor Mendel** (Pendeta dan ahli Botani Austria) dengan menggunakan kacang kapri (ercis) sebagai obyek penelitian, karena ercis memiliki pasangan sifat yang kontras, dapat melakukan penyerbukan sendiri, mudah dilakukan penyerbukan silang, daur hidup relatif pendek dan menghasilkan banyak keturunan.

Kemudian teorinya disebut Hukum Mendel. Atas jasanya dalam pewarisan sifat, beliau dijuluki Bapak Genetika. Berikut variasi tanaman ercis :



Mendel melakukan dua jenis persilangan, pertama Mendel menyilangkan ercis dengan satu sifat beda yang disebut persilangan monohibrid dan menyilangkan ercis dengan dua sifat beda yang disebut persilangan dihibrid.

Persilangan Monohibrid : penelitian pertama, Mendel menyilangkan ercis berbunga ungu dengan ercis berbunga putih. Hasilnya, seluruh keturunan pertama berbunga ungu. Kemudian keturunan tersebut disilangkan dengan sesamanya diperoleh keturunan kedua yaitu 3 berbunga ungu dan 1 berbunga putih. Berikut bagan persilangan monohibrid :



Gen terdapat pada untai DNA; saat sel akan membelah, DNA menggulung atau memadat membentuk kromosom. Bunga berwarna ungu (UU) dominan daripada bunga berwarna putih (uu). Bunga berwarna ungu memiliki zat warna ungu (antosianin).

Antosianin dikode oleh gen U yang terdapat dalam kromosom. Dalam sel tubuh (somatik) kromosom berpasangan (diploid), sehingga genotipnya UU. Bunga berwarna putih tidak memiliki antosianin karena tidak memiliki gen U, sehingga genotipnya uu.

Pada benang sari bunga ungu terdapat kromosom diploid yaitu genotip UU. Ketika akan membentuk serbuk sari (bakal sel sperma), sel-sel benang sari membelah secara meiosis menyebabkan semua kromosom termasuk kromosom gen U memisah, kemudian terbentuk sperma dengan kromosom yang mengandung gen U.

Pada putik bunga putih terdapat kromosom yang diploid, namun tidak memiliki gen U atau genotipnya uu. Ketika akan membentuk ovum, sel-sel putik membelah secara meiosis, hingga terbentuk ovum yang bergenotip u. Ketika sperma bergenotip U bertemu dengan

ovum bergenotip u akan terbentuk zigot yang bergenotip Uu.

Artinya, zigot memiliki kromosom yang salah satunya mengandung gen U atau gen antosianin, sehingga bunga yang bergenotip Uu berwarna ungu. Berikut pemisahan gen saat pembentukan gamet :



Ketika bunga bergenotip Uu disilangkan dengan sesamanya, maka dihasilkan sperma yang bergenotip U dan sperma yang bergenotip u; Begitu pula dengan ovum, akan dihasilkan ovum bergenotip U dan ovum bergenotip u. Jika sperma bergenotip U bertemu dengan ovum bergenotip U atau u akan terbentuk bunga berwarna ungu.

Jika sperma bergenotip u bertemu dengan ovum bergenotip u, maka dihasilkan bunga berwarna putih bergenotip uu (tidak ada gen antosianin). Individu yang memiliki sifat yang dikontrol oleh dua gen (sepasang) identik (sama) disebut homozigot.

Sifat yang bergenotip UU disebut homozigot dominan, sifat yang bergenotip uu disebut homozigot resesif. Individu yang memiliki sifat yang dikontrol oleh dua gen (sepasang) tidak identik (berlainan) disebut heterozigot, yaitu individu yang bergenotip Uu.

Berdasar penelitian yang telah dilakukan, Mendel menyatakan hukum yang berbunyi “pada waktu pembentukan gamet terjadi pemisahan alternatif gen atau variasi gen yang disebut alel bebas”. Hukum ini disebut hukum I Mendel atau Hukum Pemisahan Bebas (segregasi) Mendel.

Untuk memudahkan menentukan kombinasi gen dari suatu persilangan, dapat menggunakan Tabel Punnet (Punnet Square). Berikut cara penggunaan Tabel Punnet :

1). Buat tabel kosong seperti berikut :



2). Jika gen induk jantan adalah UU, gen induk betina adalah uu, maka berdasarkan hukum I Mendel, gen akan terpisah secara bebas saat pembentukan gamet. Gen UU terpisah menjadi U dan U, gen uu terpisah menjadi u dan u :



3). Isilah baris pertama tabel dengan gen induk jantan dan kolom pertama dengan gen induk betina. Setiap kolom diisi dengan huruf yang mewakili sifat gen induk, biasanya

ditulis dengan huruf latin dalam bentuk kapital atau huruf kecil :



4). Silangkan setiap gen pada tabel, tulislah pasangan gen pada kolom yang sesuai. Gen hasil persilangan merupakan gen yang muncul pada keturunan yang dihasilkan :



Hasilnya yaitu perbandingan F2 bunga ungu : bunga putih = 3 : 1

Persilangan Dihybrid : Mendel menyilangkan dua ercis yang memiliki dua sifat berbeda yaitu berbiji bulat berwarna kuning dengan ercis berbiji kisut berwarna hijau. Berdasarkan pengamatan sebelumnya, Mendel menetapkan genotip untuk berbiji bulat berwarna kuning dengan BBKK (dominan) dan ercis berbiji kisut berwarna hijau dengan bbkk (resesif).

Berdasarkan hukum I Mendel atau hukum segregasi, setiap gen dapat berpisah secara bebas dan menghasilkan gamet (sperma dan ovum) dengan gen BK dan bk. Keturunan pertama (F1) semua bergenotip BbKk sehingga semua ercis berbiji bulat berwarna kuning.

Kemudian persilangan kedua (P2) antarsesama keturunan pertama (BbKk \times BbKk). Jika gamet dari induk adalah BbKk maka kemungkinan gamet yang muncul adalah BK, Bk, bK, dan bk. Sifat biji bulat berwarna kuning merupakan sifat dominan, sehingga setiap genotip BBKK, BBKk, BbKK, BbKk adalah berbiji bulat berwarna kuning.

Berikut bagan persilangan dihibrid :



Berdasarkan hasil persilangan diperoleh ercis berbiji bulat berwarna kuning (BBKK, BBKk, BbKK, BbKk) sebanyak 12, berbiji bulat berwarna hijau (BBkk dan Bbkk) sebanyak 3, berbiji kisut berwarna kuning (bbKK dan bbKk) sebanyak 3, dan berbiji kisut berwarna hijau (bbkk) sebanyak 1.

Sehingga diperoleh perbandingan fenotip bulat kuning : kisut kuning : bulat hijau : kisut hijau sebesar 9:3:3:1. Berdasarkan hasil fenotip pada F2, Mendel menyimpulkan bahwa faktor yang menentukan sifat beda diwariskan secara bebas satu sama lain dan disebut Hukum Pilihan bebas Mendel atau Hukum II Mendel.

3. Pewarisan Sifat pada Manusia

Warna kulit : Warna kulit dikode oleh gen A, B, C yang mengkode pembentukan pigmen kulit yaitu melanin sehingga kulitnya gelap. Variasi atau alternatif gen lain pada kulit (alela) yaitu gen a, b, c. Orang yang memiliki gen AABBCc kulitnya sangat gelap, gen aabbcc kulitnya sangat terang.

Orang yang memiliki gen AaBbCc kulitnya berwarna sawo matang (antara sangat gelap dan sangat cerah). Fenotip warna kulit dipengaruhi oleh gen, faktor lingkungan dan faktor lain seperti paparan sinar matahari. Berikut model pewarisan sifat warna kulit :



Bentuk tumbuhnya rambut pada dahi : tumbuh melingkar biasa (melengkung) dan tumbuh seperti huruf "V" (widow's peak). Tumbuhnya rambut seperti huruf "V" dikontrol oleh gen W, bersifat dominan, sehingga autosomnya WW atau Ww, sedangkan orang yang pertumbuhan rambutnya melengkung memiliki gen ww. Berikut contohnya :



Tipe perlekatan cuping telinga : ada 2 yaitu melekat dan terpisah, tipe perlekatan cuping telinga terpisah dikontrol oleh gen G, cuping telinga melekat oleh gen g. Orang yang memiliki gen GG atau Gg tipe perlekatan cuping telinganya terpisah, yang memiliki gen gg tipe perlekatan cuping teinganya melekat.

Bentuk rambut : dikode oleh gen C mengkode rambut keriting, gen s mengkode rambut lurus, merupakan kasus dominansi tidak sempurna. Artinya, jika orang memiliki gen C dan s, rambutnya merupakan campuran keduanya (berombak). Orang berambut keriting genotipnya CC, orang berambut berombak genotipnya Cs dan berambut lurus genotipnya ss.

4. Kelainan Sifat pada Manusia yang diturunkan

Albino : orang yang seluruh tubuhnya putih, termasuk rambutnya merupakan penderita penyakit albino. Albino merupakan kelainan yang disebabkan tidak adanya zat warna (pigmen) melanin, penderita mengalami fotofobia (takut cahaya). Pigmen melanin berfungsi melindungi kulit dari sinar ultraviolet.

Tidak adanya pigmen membuat penderita rentan terserang kanker kulit dan kulit mudah melepuh akibat sinar matahari. Gen penyebab albino bersifat resesif (a), genotipnya aa,

orang normal genotipnya AA, carrier atau pembawa genotipnya Aa.

Buta warna : adalah kelainan yang tidak dapat membedakan beberapa warna dengan baik antara merah, oranye, biru, dan hijau; disebabkan gen pada kromosom kelamin X. Perempuan penderita buta warna jika kedua kromosom X mengandung gen buta warna ($X^{cb}X^{cb}$).

Jika salah satu kromosom X yang mengandung gen buta warna ($X^{cb}X$) maka menjadi carrier tanpa menjadi penderita. Pada laki-laki, jika kromosom X mengandung gen buta warna maka akan menderita buta warna ($X^{cb}Y$), tidak ada pembawa. Berikut contoh tes buta warna :



Hemofilia : adalah kelainan dimana darah sulit menggumpal saat terjadi luka yang disebabkan tidak dihasilkannya faktor penggumpalan darah. Saat penderita mengalami luka disertai pecahnya pembuluh darah, maka darah akan terus mengalir dan sulit membeku mengakibatkan kekurangan darah hingga kematian.

Gen hemofili terdapat pada kromosom X, ditandai dengan X^h . Jika wanita memiliki salah satu kromosom X yang mengandung gen hemofili (X^hX) maka akan menjadi pembawa kelainan hemofili; jika kromosom X mengandung gen X^hX^h akan langsung meninggal (letal) saat dilahirkan. Laki-laki penderita hemofili yaitu memiliki kromosom X yang mengandung gen X^hY .

Kanker : adalah penyakit yang ditandai dengan sel yang terus menerus membelah. Pembelahan normal merupakan proses yang disusun dan dilakukan secara hati-hati, dikontrol oleh gen. Kanker merupakan perkembangan dari sel tumor, yaitu sel yang terus membelah diluar kendali, terjadi akibat mutasi atau kerusakan gen pengontrol pembelahan sel.

Mutasi dapat disebabkan oleh sinar X, sinar UV, sinar gamma, zat kimia berbahaya, atau infeksi virus. Mutasi pada satu gen saja sebenarnya tidak cukup menghasilkan sel tumor, karena tubuh memiliki mekanisme perbaikan gen yang rusak.

Jika banyak mutasi, maka mutasi terakumulasi menjadi banyak dan menyebabkan gen pengontrol pembelahan rusak sehingga sel-sel membelah tanpa henti. Jika tidak segera diatasi maka sel-sel tumor terus berkembang dan menyebar ke seluruh tubuh membentuk kanker seperti kanker kulit, kanker rahim, kanker payudara, dan sebagainya.

5. Penerapan Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Makhluk Hidup

Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Tumbuhan : Pemanfaatan genetika di bidang pertanian yaitu menyiapkan bibit unggul melalui pembuatan varietas hibrida. Varietas hibrida adalah jenis tumbuhan yang merupakan keturunan dari persilangan antara dua atau lebih jenis tumbuhan dengan karakteristik gen yang berbeda.

Padi hibrida menghasilkan beras 30% lebih banyak dibanding padi umumnya, lebih tahan lahan kering, lebih pulen, lebih wangi dan lebih cepat dipanen. Contoh padi hibrida Arize, Intani, PPH, Bernas Prima dan IPB 4S. Padi IPB 4S merupakan varietas padi yang dikembangkan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) dalam rangka membantu pemerintah mencegah krisis pangan.

Padi IPB 4S dapat dipanen setelah ± 112 hari setelah penanaman, memiliki tekstur pulen, tahan hama tungro dan menghasilkan hasil panen sekitar 10,5 ton/Ha.

Jagung hibrida seperti Hibrida C 1, Hibrida CP 1 dan CPI 2, Hibrida IPB 4, Hibrida Pioneer 2, Malin, Metro, dan Varietas Bima. Jagung Bima-14 Batara merupakan jagung hibrida unggul yang dapat dipanen sekitar ± 95 hari setelah penanaman, tingginya ± 199 cm, perakarannya kuat, tahan penyakit bulai, karat, dan bercak daun.

Selain itu, memiliki ketahanan yang lama sehingga dapat digunakan sebagai pakan ternak sapi dan domba. Bentuk bijinya seperti mutiara, berwarna kuning sehingga baik digunakan sebagai pakan ayam dan mampu menghasilkan hasil panen sebesar 12,9 ton/ha. Berikut contoh jagung Bima-14 Batara :



Pewarisan Sifat dalam Pemuliaan Hewan : untuk menghasilkan hewan ternak berkualitas tinggi, misalnya unggas mampu menghasilkan banyak telur atau sapi dengan kualitas susu dan daging yang baik. Ayam potong (broiler) merupakan hasil persilangan beberapa jenis ayam, dikelompokkan berdasar asal daerahnya: Amerika, Mediterania, Inggris, dan Asia.

Contoh ayam broiler dari Asia yaitu Brahma (India); Cornish (Inggris) memiliki tubuh pendek, menghasilkan banyak daging; Plymouth Rock (Amerika), memiliki bulu putih keabuan, tubuh besar, daging lezat, menghasilkan telur dengan baik, dihasilkan dari persilangan ayam Dominique dengan Black Cochin. Berikut contoh ayam Plymouth Rock putih :



Demikian ringkasan materi bab Perwarisan Sifat pada Makhluk Hidup semoga bermanfaat dan bisa menambah referensi kamu.