

## PEWARISAN SIFAT

Setiap sel organisme memiliki materi genetik yang akan menentukan sifat dan ciri makhluk hidup tersebut. Materi genetik tersebut berupa *kromosom* yang tersusun atas *gen*.

Gen merupakan pembawa sifat yang menentukan dan mengatur perkembangan, metabolisme tubuh, dan menyampaikan informasi genetik dari suatu generasi ke generasi berikutnya.

Ilmu yang mempelajari penurunan sifat organisme kepada turunannya disebut genetika. Gregor Johann Mendel (1822-1884) dijuluki sebagai *Bapak Genetika*.



Penelitian mengenai pola-pola pewarisan sifat dalam persilangan telah berlangsung lama. Biarawan Austria bernama Gregor Johann Mendel (1822-1884) telah berhasil menanamkan prinsip-prinsip dasar tentang persilangan. Prinsip-prinsip tersebut kemudian dikenal dengan *Hukum Mendel*. Berkat Jasanya maka Mendel dikenal sebagai *Bapak Genetika*. Beruntung dalam eksperimennya Mendel menggunakan tanaman ercis atau kapri (*Pisum sativum*) untuk disilangkan.



Hal ini disebabkan karena tanaman kapri merupakan galur murni (sifat tidak berubah-ubah), mampu melakukan pembuahan sendiri, mampu melakukan penyerbukan silang, mudah dibudidayakan, cepat menghasilkan keturunan, serta memiliki sifat-sifat yang kontras seperti: bentuk biji (bulat-kerut), warna biji dan polong (kekuningan-hijau), tinggi batang (tinggi-pendek), warna bunga (ungu-putih), bentuk polong (rata-berlekuk-lekuk) dan tumbuh polong (dekat poros batang-ujung batang).

Sifat kontras yang dimiliki oleh tanaman ercis menjadi menarik karena menjadi bahasan utama dalam persilangan. Persilangan antara dua individu sejenis yang didasarkan pada sifat kontras induknya dapat dibedakan atas *persilangan monohibrid* (persilangan dengan satu sifat beda) ataupun *persilangan dihibrid*.

### A. Kromosom

Pengertian Kromosom; suatu struktur benang-benang di dalam inti sel yang membawa sifat-sifat menurun / pembawa informasi genetik kepada keturunannya.

Berdasarkan fungsinya, kromosom dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

#### 1. Kromosom Tubuh (Autosom)

yaitu kromosom yang menentukan ciri-ciri tubuh.

#### 2. Kromosom Kelamin (Gonosom)

yaitu kromosom yang menentukan jenis kelamin pada individu jantan atau betina atau pada manusia pria atau wanita.

Macam-macam jenis kromosom, yaitu:

#### a. Kromosom homolog

Kromosom homolog adalah kromosom yang berpasang-pasangan, selalu mempunyai bentuk, panjang, letak sentromer, dan struktur yang sama atau hampir sama

Sentromer adalah kepala atau pusat kromosom, letaknya ada yang di tengah, ujung, dan sepertiga panjang kromosom. Pada tubuh manusia terdapat 46 kromosom, terdiri atas 23 kromosom berpasangan (homolog).

Setiap pasang kromosom homolog adalah satu macam, sehingga kromosom sel tubuh manusia terdiri atas 23 macam.

#### b. Kromosom diploid (2n)

Ploid adalah jumlah perangkat kromosom, jadi kromosom diploid adalah dua perangkat kromosom. Kromosom diploid terjadi karena kromosom selalu berpasangan (homolog), maka di dalam setiap inti sel tubuh terdapat dua set atau dua perangkat kromosom (diploid).

#### c. Kromosom haploid (n)

Haploid adalah kromosom yang tidak memiliki pasangan atau hanya memiliki seperangkat kromosom. Pada waktu pembentukan sel kelamin, sel induk kelamin membelah secara meiosis sehingga sel kelamin mengandung kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induknya. Jadi, kromosom sel kelamin manusia tetap mengandung 23 kromosom tetapi tidak berpasangan.

Sebuah kromosom terdiri atas dua bagian, yaitu bagian kepala kromosom yang disebut sentromer dan bagian badan kromosom yang disebut lengan kromosom.

Sentromer berbentuk bulat dan merupakan pusat kromosom. Sentromer merupakan bagian kromosom yang membagi kromosom menjadi dua bagian. Sentromer tidak mengandung gen.

Pada umumnya, kromosom memiliki dua lengan, Kedua lengan kromosom dapat berbentuk simetris atau asimetris. Ada kromosom yang kedua lengannya terentang pada satu garis lurus, tetapi ada juga kromosom yang kedua lengannya membentuk sudut. Adanya perbedaan struktur dan bentuk lengan kromosom menyebabkan kromosom memiliki bentuk yang beragam.

Berdasarkan panjang lengan dan letak sentromernya, kromosom dibedakan menjadi empat, yaitu :

1. Metasentrik  
Adalah kromosom dengan letak sentromer berada tepat ditengah-tengah kromosom.
2. Submetasentrik  
Adalah kromosom dengan letak sentromer agak jauh dari ujung kromosom sehingga kromosom berbentuk seperti L.
3. Akrosentrik  
Adalah kromosom dengan letak sentromer mendekati ujung.
4. Telosentrik  
Adalah kromosom dengan letak sentromer di ujung kromosom sehingga kromosom hanya memiliki satu lengan.

Kromosom hewan lebih kecil daripada kromosom tumbuhan. Ukuran kromosom hewan sekitar 4-6 mikron, sedangkan ukuran kromosom tumbuhan dapat mencapai 50 mikron. Jumlah kromosom pada makhluk hidup berbeda-beda, Makin dekat kekerabatannya, makin berdekatan jumlah kromosomnya.

Makhluk Hidup	Jumlah Kromosom
Ikan mas	94 (47 pasang)
Burung merpati	80 (40 pasang)
Ayam	76 (38 pasang)
Kuda	64 (32 pasang)
Kapas	52 (26 pasang)
Kentang	48 (24 pasang)
padi	24 (12 pasang)
Katak	26 (13 pasang)
Kubis	18 (9 pasang)
bawang	16 (8 pasang)

## B. Gen

Istilah gen pertama kali dikemukakan oleh W. Johansen. Gen terdapat dalam kromosom. Pada tahun 1910, Thomas Hunt Morgan menyatakan bahwa gen menempati tempat tertentu dalam kromosom yang mengandung satuan informasi dan mengatur sifat-sifat menurun tertentu. Tempat suatu gen dalam kromosom disebut *lokus*. Sepasang gen yang terletak pada posisi yang sama pada pasangan kromosom homolog disebut *alel*.

*Gen* adalah bagian kromosom atau satu kesatuan kimia dalam kromosom yang mengendalikan ciri genetis suatu makhluk hidup. Gen bersifat menurun dari induk kepada anaknya.

Tokoh genetika / bapak genetika; Gregorius Johan Mendel (18 - 1884) dari Austria.

Dalam penelitiannya Mendel menggunakan Kacang Ercis karena

1. Memiliki pasangan sifat yang kontras.
2. Dapat melakukan penyerbukan sendiri.
3. Mudah dilakukan penyerbukan silang.
4. Mempunyai daur hidup yang relatif pendek / Cepat menghasilkan keturunan
5. Menghasilkan keturunan dalam jumlah banyak.

Dalam melakukan percobaan ini, Mendel mengemukakan beberapa kesimpulan yang kemudian disebut Hukum Mendel:

1. Setiap individu hasil persilangan mengandung gamet dari kedua induknya (bersifat diploid =2n), Contoh induk jantan berwarna merah (MM) dan betina putih (mm) maka keturunannya memiliki gen Mm.
2. Pada proses pembentukan gamet, gen berpisah secara acak (Hukum Segregasi secara bebas) atau dikenal sebagai Hukum Mendel I. Jadi Mm akan berpisah menjadi dua gamet, yaitu M dan m.
3. Pada proses pembuahan (fertilisasi) gamet akan bertemu secara acak pula (asortasi) atau dikenal sebagai Hukum Mendel II. Dalam kasus di atas gamet M dapat membuahi gamet lainnya, misalnya M atau dapat juga m.

### Istilah-istilah dalam penurunan sifat;

1. Parental (P) : Induk; Orang tua
2. Filial (F1) : Keturunan
3. Gamet : Sel Kelamin; ada dua macam yaitu: Sperma (pria/jantan) dan Ovum (wanita/betina)
4. Fenotip : Sifat yang tampak dan dapat diamati: bentuk, warna, ukuran, rasa, dll
5. Genotip : Susunan gen sehingga mempengaruhi fenotip; dilambangkan dengan huruf BB, Hh, BbKk, TtHhRr, dll
6. Gen : Substansi hereditas; sesuatu yang oleh Mendel disebut sebagai penyebab timbulnya karakter.
7. Alel : Pasangan gen dan terletak dalam lokus yang sama; atau merupakan anggota dari sepasang gen yang memperlihatkan pengaruh berlawanan.  
Misalnya:  
R = simbol untuk gen warna merah

r = simbol untuk gen warna putih  
T = simbol untuk gen batang tinggi  
t = simbol untuk gen batang pendek

8. Dominan : Sifat yang menutupi sifat lain yang sealel  
9. Resesif : Sifat yang tertutupi oleh sifat alel yang dominan, Sifat resesif akan muncul jika dalam keadaan homozigotik  
10. Homozigot : Susunan gen yang memiliki pasangan alel sama, misal: TT, BB, hh, BBKK, bbkk, dll  
11. Heterozigot : Susunan gen yang memiliki pasangan alel berbeda, misal: Tt, Bb, Hh, BbKk, AaBbCc, dll  
12. Intermediet : Merupakan sifat hasil perpaduan dari sifat kedua induk  
13. Lokus : Lokasi khusus gen dalam kromosom  
14. Hibrid : Hasil persilangan dua individu yang memiliki beda sifat, dibedakan atas:  
- Monohibrid (satu sifat beda)  
- Dihibrid (dua sifat beda)  
- Trihibrid (tiga sifat beda), dst  
15. Diploid : sebutan untuk seperangkat kromosom (dua set kode genetik/genom) yang terdapat dalam sel tubuh (2n) atau individu  
16. Haploid : separoh perangkat kromosom (satu set kode genetik) yang terdapat dalam sel gamet; Ketika terjadi proses fertilisasi akan terjadi penggabungan ke dua set genom dari kedua sel gamet (jantan dan betina) sehingga terbentuk sel yang diploid.

### C. Persilangan Dua Individu dengan satu sifat beda / Persilangan Monohibrid.

#### Ciri-ciri persilangan monohibrid:

Persilangan monohibrid adalah persilangan antara dua individu sejenis yang hanya memperhatikan satu sifat beda. Mendel yang telah melakukan percobaan persilangan monohibrid dengan memanfaatkan tanaman ercis, berhasil meletakkan pokok-pokok pikirannya diantaranya adalah:

- Sifat/karakter yang tampak pada setiap organisme baru ditentukan oleh sepasang gen yang dibawa oleh gamet induk
- Setiap pasang gen merupakan sifat/karakter alternatif sesamanya, misal bulat dengan kerut, tinggi dengan pendek
- Jika sepasang gen terdapat secara bersama-sama, maka sifat yang muncul sangat dipengaruhi oleh gen dominan
- Pada waktu proses pembentukan gamet, pasangan gen induk mengalami pemisahan secara bebas, dimana dalam setiap gamet berisi satu gen dari pasangan gen tersebut. Proses ini dikenal dengan *Hukum pemisahan/segregasi gen yang sealel atau Hukum Mendel I*

Didasarkan pada hasil persilangan seperti yang dilakukan Mendel, maka ciri-ciri persilangan monohibrid diantaranya adalah:

- Hanya memperhatikan pada satu sifat beda
- Fenotip ditentukan oleh sepasang gen
- Pada persilangan sesama individu galur murni dihasilkan fenotip F1 100% seragam.
- Setiap genotip dilambangkan dengan sepasang huruf yang sama
- F2 memiliki jumlah genotip maksimal 4 variasi

#### Persilangan monohibrida

Persilangan monohibrida yaitu; persilangan yang hanya memperhatikan satu sifat beda yang dimiliki suatu individu.

Persilangan monohibrida dibedakan;

- Persilangan monohibrida dominan
- Persilangan monohibrida intermediet.

##### 1. Persilangan monohibrida dominan

Persilangan Monohibrida Dominan yaitu; persilangan yang memperhatikan satu sifat beda dengan gen-gen dominan.

###### Contoh:

Mendel menyilangkan tanaman kacang ercis berbunga merah galur murni (MM) dengan kacang ercis berbunga putih galur murni (mm), dihasilkan keturunan pertama (Filial) F1 yang semua berwarna merah dengan genotipe Mm. Untuk memperoleh F2 maka Mendel menyilangkan sesama F1. Bagaimana sifat keturunan kedua (F2)? Untuk itu perhatikan diagram berikut.

P1 (Parental = induk)                      Genotipe : MM X mm  
Fenotipe : ( Merah )    ( Putih )  
Gamet : M dan M    m dan m

F1 (keturunan 1) Genotipe : Mm  
 Fenotipe : ( Merah )

F2 (F1 disilangkan sesamanya) Genotipe : Mm X Mm  
 Fenotipe : (Merah ) ( Merah )  
 Gamet : M dan m M dan m

F2:

Gamet	M	m
M	MM Merah	Mm Merah
m	Mm Merah	mm Putih

**Penjelasan:**

- o Pada F1 dihasilkan individu yang seluruhnya berbunga merah dan bergenotipe Mm karena adanya dominasi penuh dari sifatwarna merah terhadap putih.
- o Pada F2 dihasilkan individu-individu yang terdiri atas 3 macam genotip, yaitu MM, Mm, dan mm dengan perbandingan 25% :50% : 25% atau 1 : 2 : 1 dan dihasilkan dua macam fenotip, yaitu merah dan putih dengan perbandingan 75% : 25% atau 3 : 1.

**2. Persilangan monohibrida intermediet**

Persilangan monohibrida intermediet yaitu; persilangan yang memperhatikan satu sifat beda dengan gen-gen intermediet.

Contoh;

Mendel juga menyilangkan tanaman **Antirinum majus** berbunga merah galur murni (MM) dengan bunga putih galur murni (mm) Ternyata seluruh keturunan pertama berbunga merah muda (Mm). Untuk memperoleh F2, maka Mendel menyilangkan sesama F1. Bagaimana sifat keturunan kedua ? Untuk itu perhatikan diagram berikut.

P1 (Parental = induk) Genotipe : MM X mm  
 Fenotipe : ( Merah ) ( Putih )  
 Gamet : M dan M m dan m  
 F1 (keturunan 1) Genotipe : Mm  
 Fenotipe : ( Merah Muda )

F2 (F1 disilangkan sesamanya) Genotipe : Mm X Mm  
 Fenotipe : (Merah Muda ) ( Merah Muda )  
 Gamet : M dan m M dan m

F2:

Gamet	M	m
M	MM Merah	Mm Merah Muda
m	Mm Merah Muda	mm Putih

**Penjelasan:**

- o Pada F1 dihasilkan individu yang seluruhnya merah muda (Mm).Warna merah muda ini disebut intermediet atau sifat antara kedua induk.
- o Pada F2 dihasilkan 3 macam genotipe, yaitu MM, Mm, dan mm dengan perbandingan 1 : 2 : 1 dan juga 3 macam fenotipe, yaitu merah : merah muda : putih dengan perbandingan 1 : 2 : 1.

**D. Persilangan Dihibrid**

Berbeda dengan persilangan monohibrid yang hanya memperhatikan satu sifat beda, maka persilangan dihibrid adalah persilangan antara dua individu sejenis dengan dua sifat beda.

Pada persilangan ini dinyatakan oleh Mendel bahwa gen-gen dari kedua induk akan mengelompok secara bebas. Pernyataan ini disebut dengan Hukum Mendel II (*Independent Assortment/asortasi bebas/berpasangan secara bebas*).

Mendel melakukan percobaan dengan menyilangkan tanaman ercis (*Pisum sativum*) dengan memperhatikan dua sifat beda yaitu tanaman ercis berbiji bulat berwarna kuning dan tanaman ercis berbiji kerut berwarna hijau.

Ciri-ciri persilangan Dhibrid:

1. Persilangan dengan memperhatikan dua sifat beda
2. Jumlah Gamet yang terbentuk pada setiap individu adalah 4 ( $2^n$ )
3. Fenotip individu ditentukan oleh 2 macam sifat genetik
4. Dijumpai maksimal 16 variasi genotip pada F2

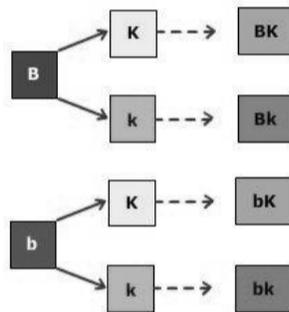
7 sifat kontras yang dimiliki ercis (*Pisum sativum*)

Sifat/karakteristik	Fenotip	
Bentuk biji	 Bulat	 Mengkerut
Warna biji	 Kuning	 Hijau
Bentuk polong	 Rata	 Berlekuk-lekuk
Warna polong	 Hijau	 Kuning
Warna bunga	 Ungu	 Putih
Posisi bunga & polong	 Axial (pada batang)	 Terminal (pada ujung)
Panjang batang	 Panjang	 Pendek

Macam-macam gamet pada persilangan dihibrid dapat ditentukan dengan menggunakan *Bracket system*.

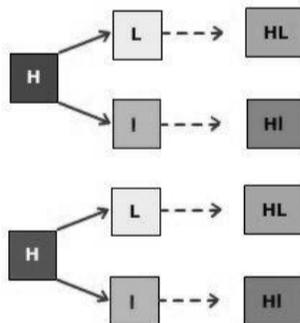
Contoh cara menentukan gamet pada persilangan

1. **Genotip BbKk**, maka gamet genotip tersebut adalah:



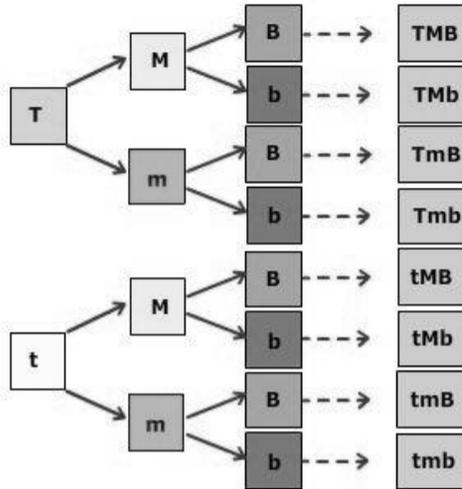
Macam gamet yang terbentuk pada genotip dengan 2 sifat beda adalah 4 macam yaitu: BK, Bk, bK, bk

2. **Genotip HHll** (berambut hitam-lurus), maka gamet genotip tersebut adalah:



Macam gamet yang terbentuk pada genotip dengan 2 sifat beda (HHll) adalah 2 macam (HL dan HI) namun jumlah gamet adalah tetap 4 ( $2^2$ ) yaitu: HL, HI, HL, HI

Contoh Genotip Trihibrid: TtMmBb



Jadi macam gamet yang diperoleh untuk genotip TtMmBB berjumlah 8 yaitu:

TMB, TMb, TmB, Tmb, tMB, tMb, tmB, dan tmb

Proses dan Hasil Persilangan Dihilbrid

Jumlah gamet yang dihasilkan pada suatu genotip dapat ditentukan dengan rumus  $2^n$ , n: jumlah sifat beda

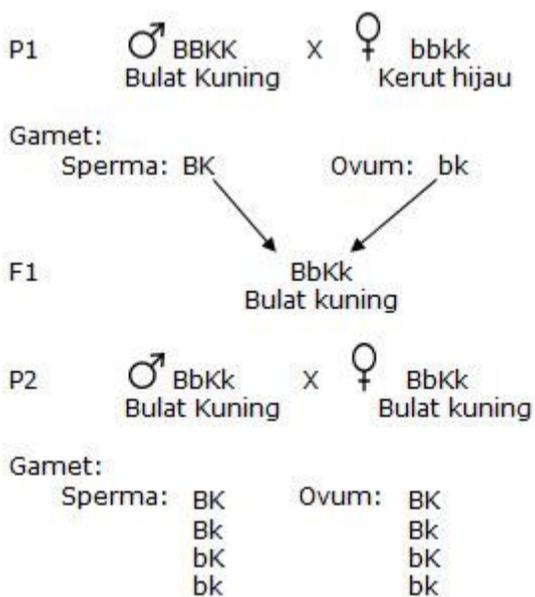
Sifat Beda	Gamet
1	$2^1$
2	$2^2$
3	$2^3$
N	$2^n$

Contoh:

- Jumlah gamet dari genotip BbKk (biji bentuk *bulat* – biji warna *Kuning*), memiliki 2 sifat beda/dihilbrid jadi  $n=2 \rightarrow 2^n = 2^2 = 4$ , yaitu: BK, Bk, bK, dan bk
- Jumlah gamet dari genotip LLHh (rambut lurus – warna hitam), memiliki 2 sifat beda/dihilbrid, jadi  $n=2 \rightarrow 2^n = 2^2 = 4$ , yaitu: LH, Lh, LH, dan Lh meskipun macam gametnya hanya 2 yaitu LH dan Lh
- Jumlah gamet dari genotip BbKkTt (berbiji bulat- warna kuning-batang tinggi), memiliki 3 sifat beda/trihilbrid,

Proses dan Hasil Persilangan Dihilbrid

Saat Mendel melakukan persilangan antara tanaman ercis berbiji bulat warna kuning (BBKK) dengan tanaman ercis berbiji kerut warna hijau (bbkk), ternyata semua keturunannya (F1) adalah tanaman ercis berbiji bulat warna kuning (BbKk). Ketika Mendel melanjutkan percobaanya dengan menyilangkan tanaman F1 dengan sesamanya diperoleh perbandingan fenotip sebagai berikut: 9/16 bulat kuning : 3/16 bulat hijau : 3/16 kerut kuning : 1/16 kerut hijau.



F2

♀ \ ♂	BK	Bk	bK	bk
BK	BBKK 1 Bulat Kuning	BBKk 2 Bulat Kuning	BbKK 3 Bulat Kuning	BbKk 4 Bulat Kuning
Bk	BBKk 5 Bulat Kuning	BBkk 6 Bulat Hijau	BbKk 7 Bulat Kuning	Bbkk 8 Bulat Hijau
bK	BbKK 9 Bulat Kuning	BbKk 10 Bulat Kuning	bbKK 11 kerut Kuning	bbKk 12 kerut Kuning
bk	BbKk 13 Bulat Kuning	Bbkk 14 Bulat hijau	bbKk 15 kerut Kuning	bbkk 16 kerut Hijau

Dari hasil Persilangan sesama F1 (bulat kuning heterozigotik/BbKk) pada tanaman ercis F2 diperoleh 16 variasi genotip. Perbandingan Fenotip:

9 bulat kuning : 3 bulat hijau : 3 kerut kuning : 1 kerut hijau  
jadi  $n=3 \rightarrow 2^n = 2^3 = 8$  yaitu: BKT, BkT, BkT, Bkt, bKT, bKt, bKt, dan bkt

### E. Hereditas pada manusia

Hereditas pada manusia mempelajari mengenai macam penurunan sifat/kelainan pada manusia. Penurunan sifat pada manusia dibedakan menjadi dua, yaitu sifat yang terpaut koromosom tubuh (**autosomal**), dan sifat yang terpaut kromosom sex (**gonosomal**). Sifat yang autosomal manifestasinya dapat muncul baik pada anak laki-laki maupun perempuan. Sedangkan sifat yang gonosomal manifestasinya dipengaruhi oleh jenis kelamin, bisa hanya muncul pada anak laki-laki saja atau perempuan saja.

#### Sifat/Cacat Menurun Autosomal

Beberapa sifat/cacat menurun yang terpaut pada kromosom tubuh (autosom) adalah sebagai berikut.

#### 1. Albinisme



Banyak kasus albinisme pada berbagai hewan dan manusia

Albinisme merupakan cacat menurun dimana seseorang tidak mempunyai tirosin yang akan diubah menjadi pigmen melanin. Akibatnya alis, rambut, dan kulit tampak putih (albino), dan matanya peka terhadap cahaya. Gen penyebab albino bersifat resesif, sedangkan alel dominannya mengendalikan sifat normal. Seorang anak albino lahir dari pasangan suami isteri yang masing-masing membawa gen albino (carrier)

P : Aa x Aa  
F : AA : normal  
2Aa : normal (carrier)  
aa : albino

#### 2. Idiot/Imbisil

Cacat menurun ini disebabkan karena seseorang tidak punya enzim yang mengubah fenilalanin menjadi tirosin. Akibatnya terjadi penimbunan fenilalanin dalam darah dan diubah menjadi asam fenilpiruvat. Tingginya kadar fenilpiruvat menghambat perkembangan dan fungsi otak. Kelainan ini sering disebut **phenilketouria (PKU)** karena banyaknya kandungan residu fenilpiruvat yang terdapat pada urine.

Anak yang idiot/imbisil memiliki ciri sebagai berikut:

- IQ rendah
- gerakan lambat
- rambut sering kekurangan pigmen
- dalam urine dijumpai residu fenilpiruvat

Seorang anak idiot dilahirkan dari pasangan suami isteri yang keduanya membawa gen resesif.

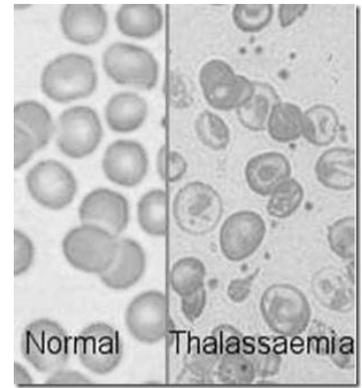
P : li x li  
F : ll : normal  
2li : normal (carrier)  
ii : idiot

### 3. Thalassemia

Thalassemia merupakan kelainan dimana sel darah merah seseorang berbentuk tidak beraturan, kadar Hb sedikit sehingga penderita sering kekurangan oksigen (hipoksemia). Cacat ini disebabkan oleh gen dominan.

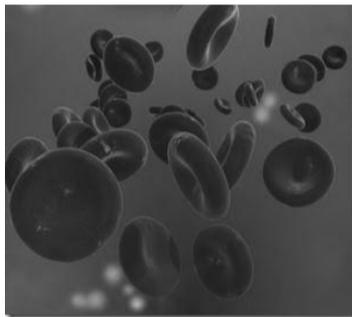
Ada dua jenis thalassemia, yaitu thalassemia mayor (ThTh) dan thalassemia minor (Thth). Sel darah merah penderita thalassemia mayor semua berbentuk tidak beraturan dan umumnya lethal. Sedangkan pada penderita thalassemia minor sebagian sel darah merahnya berbentuk tak beraturan. Penderita bisa bertahan hidup dengan melakukan transfusi reguler.

Penderita thalassemia mayor lahir dari perkawinan antar penderita thalassemia minor.



P : Thth x Thth  
 F : ThTh : thalassemia mayor  
     2Thth : thalassemia minor  
     thth : normal

### 4. Golongan Darah



Ada banyak klasifikasi golongan darah, diantaranya adalah golongan ABO, Rhesus, dan MN. Dua yang pertama memiliki nilai medis, sedang yang terakhir tidak. Ketiga golongan tersebut ditemukan oleh K. Landsteiner.

#### Golongan ABO

Golongan ini membagi golongan darah menjadi empat, yaitu A, B, AB, dan O, didasarkan pada adanya jenis antigen tertentu pada sel darah yang disebut isoaglutinogen. Susunan genotif dan kemungkinan gamet yang dibentuk dapat dilihat pada tabel berikut.

Golongan	Genotif	Gamet
A	IAIA / IAIO	IA, IO
B	IBIB / IBIO	IB, IO
AB	IAIB	IA, IB
O	IOIO	IO

Golongan darah ABO dikendalikan oleh alela ganda IA, IB, dan IO. IA dan IB kodominan, dan keduanya dominan terhadap IO.

Contoh: perkawinan antara pria golongan A heterozigot dengan wanita B heterozigot.

P : IAIO x IBIO  
 G : IA, IO IB, IO  
 F : IAIB : golongan AB  
     IAIO : golongan A  
     IBIO : golongan B  
     IOIO : golongan O

#### Golongan Rhesus

Golongan ini dinamakan berdasar nama kera dari India, Macacus rhesus, yang dulu sering digunakan untuk mengetes darah orang.

Golongan darah ini ada dua yaitu Rhesus + dan Rhesus -. Susunan genotif dan kemungkinan gamet dapat dilihat pada tabel berikut.

Golongan	Genotif	Gamet
Rhesus +	RhRh / Rhrh	Rh, h
Rhesus -	rhrh	rh

Golongan Rhesus ini memiliki arti penting pada perkawinan. Bila seorang pria Rhesus + menikah dengan wanita Rhesus -, kemungkinan anaknya menderita eritroblastosis fetalis (penyakit kuning bayi).

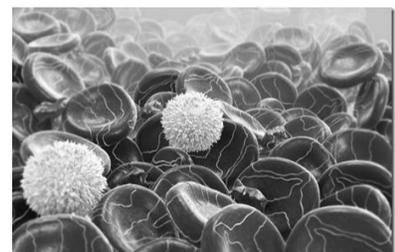
Contoh: perkawinan antara pria Rh + dengan wanita Rh -

P : pria Rhesus + x wanita Rhesus -  
     RhRh            rhrh  
 G : Rh             rh  
 F : Rhrh Rhesus + (eritroblastosis fetalis)

Kasus eritroblastosis: perhatikan bahwa eritrosit anak golongan Rh+ digumpalkan oleh antibodi ibu (warna putih) yang bergolongan Rh- ketika dalam kandungan

#### Golongan MN

Golongan ini tidak memiliki nilai medis karena hanya dijumpai antigen penentu golongan dalam eritrosit dan tidak dijumpai antibodi dalam plasma.



Golongan ini dikendalikan oleh gen IM dan IN kodominan satu sama lain. Susunan genotif dan kemungkinan gamet dapat dilihat pada tabel berikut.

Golongan	Genotif	Gamet
MM	$I^M I^M$	$I^M$
NN	$I^N I^N$	$I^N$
MN	$I^M I^N$	$I^M, I^N$

Contoh: perkawinan antara pria golongan M (homozigot) dengan wanita golongan N (homozigot)

P : pria golongan M x wanita golongan N

IMIM ININ

G : IM IN

F : IMIN : golongan MN

### Sifat/Cacat Menurun Gonosomal

Sifat yang diturunkan terpaut kromosom sex (gonosom) dibedakan menjadi dua, yaitu terpaut kromosom X dan terpaut kromosom Y. Gen yang terpaut kromosom X dapat diturunkan pada anak perempuan dan anak laki-laki, tetapi fenotif yang muncul bergantung pada susunan genotifnya. Sedangkan gen yang terpaut kromosom Y hanya diturunkan pada anak laki-laki.

#### 1. Cacat menurun yang terpaut kromosom X

Dua contoh cacat menurun yang terpaut kromosom X adalah hemofili dan butawarna.

##### a. Hemofili



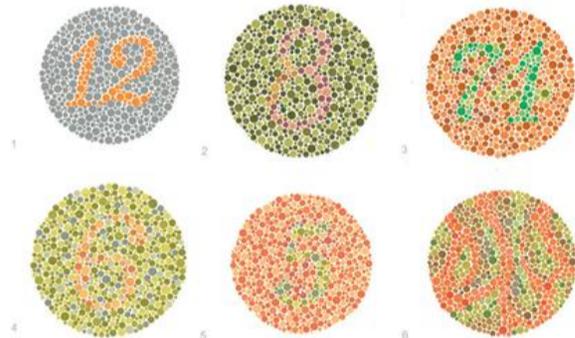
Ratu Victoria dari Kerajaan Inggris

Hemofili merupakan suatu kelainan dimana darah seseorang sulit untuk membeku. Penyakit ini disebabkan gen resesif h, sedangkan sifat normal dikendalikan oleh gen H. Seorang wanita normal memiliki dua gen H pada masing-masing kromosom X. Bila salah satu kromosom X terdapat gen h, wanita ini termasuk wanita normal tetapi membawa sifat hemofili (carrier). Bila pada kedua kromosom X terdapat gen h wanita tersebut menderita hemofili dan umumnya lethal. Pria menderita hemofili bila pada kromosom X-nya terdapat gen h, dan normal bila terdapat gen H. Seorang anak laki-laki hemofili dapat lahir dari ibu carrier.

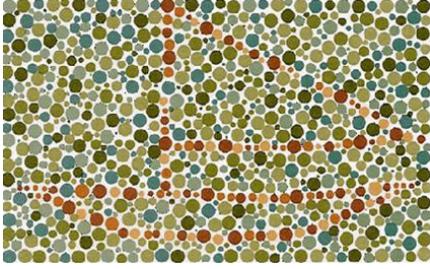


Menurut sejarah, wanita pertama carrier hemofili adalah Ratu Victoria. Disebut pertama karena silsilah di atas Ratu Victoria tidak diketahui. Pangeran Andrew mewarisi gen ini dari ibunya dan meninggal saat kecelakaan dengan luka yang tidak seberapa parah.

#### 2. Butawarna (colorblind)



Angka berapa ya?



Gambar apa nih?

Butawarna merupakan cacat menurun dimana seseorang tidak bisa membedakan warna. Umumnya tidak bisa membedakan warna merah dan hijau (dikromatis). Sedangkan pada butawarna total orang tidak bisa melihat warna. Kelainan ini juga disebabkan gen resesif c, sedangkan sifat normal dikendalikan gen dominan C. Anak perempuan buta warna dapat dilahirkan dari pria butawarna yang menikah dengan wanita carrier.

P : pria butawarna x wanita carrier  
 $X^cY$   $X^CX^c$   
 G :  $X^c, Y$   $X^C, X^c$   
 F :  $X^CX^c$  : wanita normal carrier  
 $X^cX^c$  : wanita butawarna  
 $X^cY$  : pria normal  
 $X^cY$  : pria butawarna

## 2. Cacat menurun yang terpaut kromosom Y

Gen-gen yang terpaut pada kromosom Y hanya diwariskan pada anak laki-laki, oleh karena itu sering disebut sebagai **gen holandrik**.

Contoh dari cacat yang terpaut kromosom Y adalah: hypertrichosis, hystrixgraviour, dan webbedtoes. Ketiganya disebabkan oleh gen resesif.

### Hypertrichosis

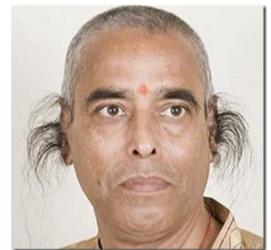
Seorang pria dengan hypertrichosis

Gen ht yang terdapat pada kromosom Y menyebabkan tumbuhnya rambut di tepi daun telinga. Kelainan seperti ini banyak dijumpai pada para pria Pakistan.

P :  $XY^{ht}$  x  $XX$

F :  $XY^{ht}$  : laki-laki hypertrichosis

$XY^{ht}$  : laki-laki hypertrichosis



### Hystrixgraviour

Kelainan ini disebabkan oleh gen hg yang menyebabkan tumbuhnya rambut panjang dan kaku di seluruh tubuh (penyakit bulu landak). Sifat normal dikendalikan gen Hg.

### Webbedtoes

Merupakan kelainan dimana pada jari terutama kaki tumbuh selaput seperti kaki katak. Penyebabnya adalah gen wt, sedangkan sifat normal dikendalikan gen Wt.