

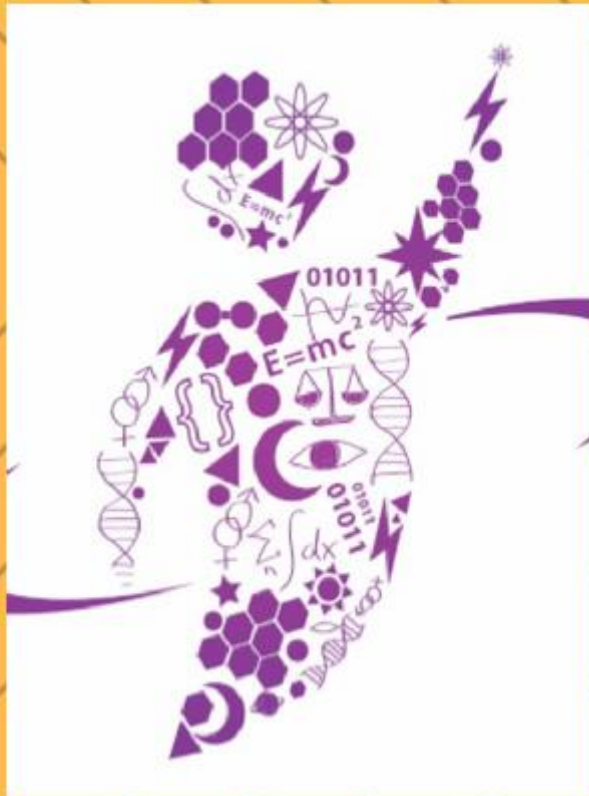
**PAKET 15**

# PELATIHAN ONLINE

**2019**

**SMP  
BIOLOGI**

po.alcindonesia.co.id



**WWW.ALCINDONESIA.CO.ID**

**@ALCINDONESIA**

**085223273373**

## SISTEM REPRODUKSI, GENETIKA, DAN BIOTEKNOLOGI

### DAFTAR ISI

Sistem reproduksi pada manusia  
Sistem reproduksi pada hewan  
Kelainan dan gangguan sistem reproduksi manusia  
Konsep dan prinsip genetika  
Penyakit genetik  
Konsep dan penerapan bioteknologi

### Sistem Reproduksi pada Manusia

- **Sistem reproduksi** adalah sistem pada manusia yang bertujuan untuk melanjutkan dan mempertahankan jenis (menghasilkan individu baru/keturunan). Sistem ini melibatkan berbagai organ reproduksi
- Organ reproduksi pria:
  - Luar
    - **Penis** merupakan alat kopulasi untuk memasukkan sperma ke alat kelamin wanita. Penis terdiri atas tiga rongga jaringan spons: dua **korpus kavernosa** dan satu **korpus spongiosum** yang melingkupi uretra. Jaringan spons ini jika terisi oleh darah menyebabkan ereksi. Pada ujung penis terdapat lapisan kulit (**preputium**) yang dapat dibuang saat sirkumsisi (sunat).
    - **Skrotum** merupakan kantung berisi testis. Antara skrotum kanan dan kiri dibatasi sekat jaringan ikat dan otot polos. **Otot dartos** berfungsi untuk mengerutkan/mengendurkan skrotum. **Otot kremaster** berfungsi untuk mengatur suhu lingkungan agar sesuai untuk spermatogenesis.
  - Dalam
    - **Testis** yang terletak di dalam skrotum berfungsi untuk menghasilkan sperma melalui proses spermatogenesis. Testis terdiri atas tubulus-tubulus (**tubulus seminiferus**) tempat dihasilkannya sperma. Di antara tubulus tersebut, terdapat **sel Leydig** yang menghasilkan hormon testosteron dan **sel Sertoli** yang menutrisi sperma.
    - **Epididimis** yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan dan pematangan (**spermiasi**) sperma.

- **Vas deferens** yang berfungsi sebagai saluran bagi sperma dari epididymis menuju kantung semen.
- **Duktus ejakulatorius** yang berfungsi menghubungkan kantung semen dengan uretra.
- **Uretra**
- **Kelenjar asesoris** yang bertugas menghasilkan sekret sehingga dihasilkan semen (mencakup sperma + sekret kelenjar). Kelenjar tersebut meliputi:
  - **Vesikula seminalis** atau kantung semen, menghasilkan sekret kaya zat makanan untuk nutrisi sperma
  - **Kelenjar prostat** yang menghasilkan sekret yang mengandung kolesterol, garam, fosfolipid
  - **Kelenjar bulbouretra (Cowper)** yang menghasilkan sekret basa (alkali).

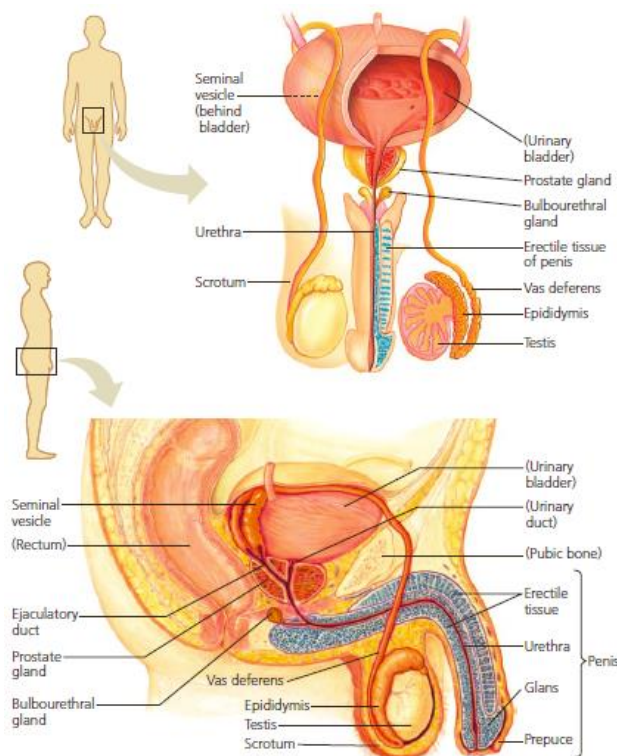


Figure 1. Organ reproduksi pria.

- Organ reproduksi wanita:
  - Luar

- **Vulva** yaitu celah terluar organ kelamin wanita yang terdiri atas **mons pubis**. Mons pubis kaya jaringan lemak yang terdapat lipatan di bawahnya. Lipatan yang besar dan berjumlah sepasang disebut **labium mayor**, sementara lipatan di dalamnya yang lebih kecil dan berjumlah sepasang juga disebut **labium minor**
  - **Klitoris** merupakan tonjolan kecil/organ erektile yang dibentuk oleh gabungan labium mayor dan labium minor. Klitoris banyak mengandung pembuluh darah dan saraf, serta kaya jaringan erektile (korpus kavernosa)
  - **Himen** (selaput dara) merupakan selaput mukosa yang kaya pembuluh darah.
- Dalam
- **Ovarium** yang banyak mengandung folikel-folikel berisi sel telur. Ketika sel telur menjadi matang, beberapa akan bergerak keluar dari folikel (**ovulasi**) untuk ditangkap **fimbriae** pada ujung oviduk.
  - **Oviduk (tuba Fallopii)** yaitu saluran yang menghubungkan ovarium dengan uterus. Di dalam saluran terdapat silia-silia yang berfungsi menggerakkan sel telur yang terovulasi.
  - **Uterus (rahim)** yang berfungsi sebagai tempat perkembangan zigot apabila sel telur terfertilisasi. Sel telur terfertilisasi akan tertanam di dinding rahim (**endometrium**). Secara periodik, dinding endometrium akan menebal dan meluruh disertai keluarnya darah, peristiwa yang dikenal sebagai **menstruasi**. Bagian ini terhubung dengan oviduk dan leher rahim (**serviks**).
  - **Vagina** yang merupakan saluran akhir dari organ reproduksi dalam wanita. Di dalamnya terdapat **kelenjar Bartholin** yang menyekresikan lendir.



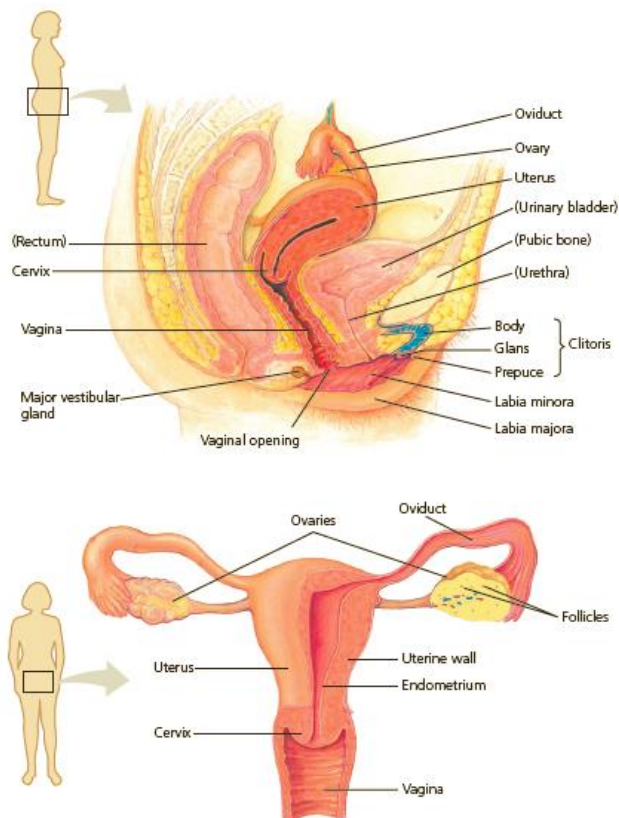


Figure 2. Organ reproduksi wanita.

- Di dalam testis, terjadi proses pembentukan sperma yang dikenal sebagai **spermatogenesis**.
  - Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus, tempat beradanya sel germinal/epitel benih (**spermatogonium**) Spermatogonium terus-menerus mengalami **mitosis** (pembelahan sel menghasilkan dua anakan sel dengan jumlah kromosom sama) sepanjang hayat. Spermatogonium merupakan sel dengan sepasang set kromosom, satu set dari ayah dan satu set dari ibu (**diploid, 2n**), dengan jumlah kopi masing-masing set berjumlah satu kopi (1c).
  - Spermatogonium yang membelah menghasilkan **spermatisit primer** yang juga bersifat diploid (2n), namun sepasang set kromosom yang dimilikinya telah tereplikasi menjadi dua kopi (2c). Spermatisit primer kemudian mengalami pembelahan secara **meiosis I**, yaitu pembelahan sel yang memisahkan pasangan **kromosom homolog** (antara set kromosom ayah dan ibu) sehingga menghasilkan dua anakan sel dengan jumlah kromosom

setengah dari kromosom induk (**haploid, n**). Anakan sel tersebut merupakan **spermatisit sekunder**, masing-masingnya masih memiliki dua kopi set kromosom ayah atau ibu ( $2c$ ).

- Spermatisit sekunder kemudian mengalami **meiosis II** yang memisahkan **kromatid saudara** sehingga menghasilkan **spermatid** yang bersifat haploid dengan satu kopi set kromosom ayah/ibu ( $n, c$ ).
- Spermatid kemudian mengalami pematangan di epididimis yang disebut **spermiasi**. Selama proses pematangan, sperma akan membentuk: (1) **kepala sperma** yang mengandung **akrosom**. Akrosom berisi enzim untuk meluruhkan dinding sel telur, seperti **hialuronidase** dan **proteinase**; (2) **leher sperma** yang kaya mitokondria sebagai sumber energi pergerakannya; (3) **ekor sperma** yang mengandung mikrotubulus sebagai alat gerak sperma.
- Pada akhir spermatogenesis, satu spermatogonium akan menghasilkan empat sperma fungsional.

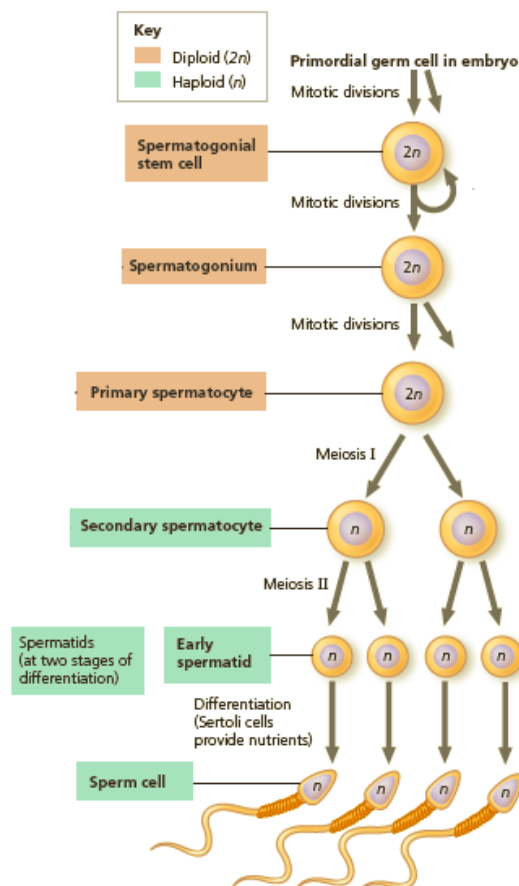


Figure 3. Spermatogenesis.

- Di dalam ovarium, terjadi pembentukan sel telur yang dinamakan proses **oogenesis** yang mencakup:

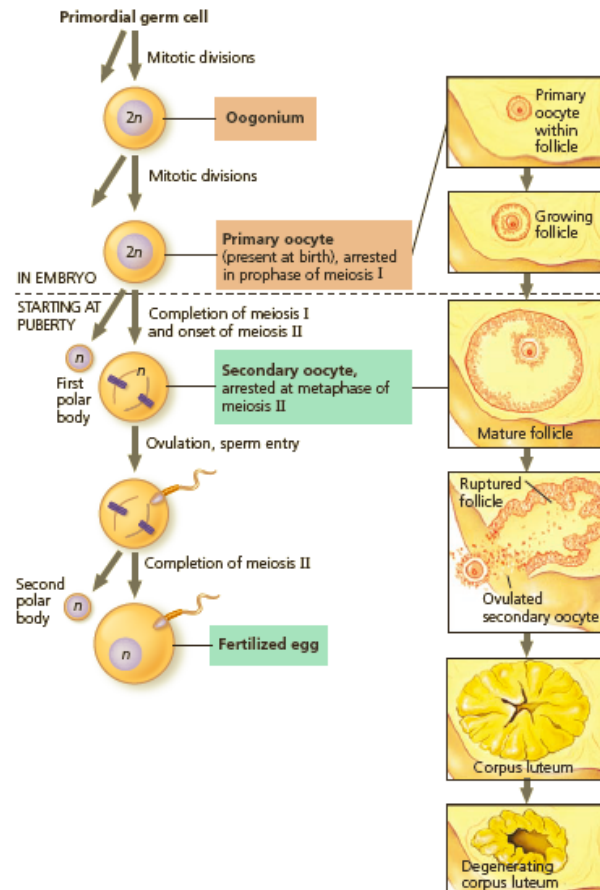


Figure 4. Oogenesis.

- Di dalam ovarium, banyak mengandung **oogonium** ( $2n$ ,  $1c$ ) yang terus membelah selama individu di dalam kandungan (mulai dari 5 bulan). Saat usia kandungan 6 bulan, oogonium akan membentuk **oosit primer** ( $2n$ ,  $2c$ ). Oosit primer akan tetap jumlahnya saat individu tersebut lahir (tidak bertambah jumlahnya) dan terhenti pada **profase I** (salah satu tahap dalam meiosis I).
- Ketika pubertas, satu oosit primer akan melanjutkan meiosis I menghasilkan satu **oosit sekunder** ( $n$ ,  $2c$ ) dan satu **badan polar (polosit)** ( $n$ ,  $2c$ ). Badan polar akan terdegenerasi, sementara oosit sekunder tertahan pada **metafase II** (salah satu tahap dalam meiosis II). Oosit sekunder adalah jenis sel telur yang diovulasikan setiap bulannya.
- Ketika bertemu sperma, meiosis II akan berlanjut sehingga satu oosit sekunder menghasilkan satu **ovum** ( $n$ ,  $c$ ) dan satu badan polar ( $n$ ,  $c$ ).

- Pada akhir oogenesis, satu oogonium akan menghasilkan satu ovum fungsional. Oleh karena jumlah oosit primer terbatas (tidak bertambah kembali jumlahnya saat individu lahir), ada suatu masa ketika jumlah oosit primer habis dan ovulasi tidak terjadi lagi, periode yang disebut sebagai **menopause**.
- Individu wanita yang telah mengalami pubertas akan mengalami siklus bulanan yang disebut **menstruasi**. Menstruasi terjadi ketika oosit sekunder yang diovulasikan tertanam di endometrium uterus, namun tidak dibuahi sperma, sehingga dinding endometrium meluruh beserta sel telur dan darah yang keluar melalui vagina. Siklus ini berlangsung kurang lebih 28-32 hari. Siklus menstruasi terbagi menjadi fase:
  - **Fase menstruasi** terjadi bila oosit sekunder tidak dibuahi sperma sehingga sel telur meluruh disertai dinding endometrium dan darah. Hari pertama terjadinya menstruasi merupakan penanda dimulainya siklus menstruasi.
  - **Fase preovulasi** dimana hipotalamus menyekresikan **GnRH** (*gonadotropin releasing hormone*) yang merangsang hipofisis anterior untuk menyekresi FSH. FSH merangsang pertumbuhan folikel ovarium dari folikel primer menjadi folikel de Graaf. Selama pertumbuhan folikel, folikel menyekresikan hormon estrogen.
  - **Fase ovulasi** dimulai sekitar hari ke-14 terhitung hari pertama menstruasi. Peningkatan hormon estrogen selama fase preovulasi menyebabkan penurunan sekresi FSH oleh hipofisis anterior (umpan balik negatif). Oleh karena itu, hipofisis anterior menyekresikan LH sehingga lonjakan LH memicu terjadinya **ovulasi**, yaitu pelepasan oosit sekunder dari folikel de Graaf.
  - **Fase pascaovulasi**. Sisa folikel yang ditinggalkan oosit sekunder kemudian berkembang menjadi **korpus luteum**. Korpus luteum menyekresikan **estrogen** (tidak sebanyak folikel de Graaf) dan **progesteron**. Progesteron berfungsi untuk mempersiapkan dinding uterus menerima ovum yang dibuahi. Apabila pada hari ke-26 sejak hari pertama menstruasi oosit sekunder tidak dibuahi, korpus luteum akan berubah menjadi **korpus albikan** yang terdegenerasi. Degenerasi ini menyebabkan penurunan estrogen dan progesteron, dan menandai dimulainya fase menstruasi.



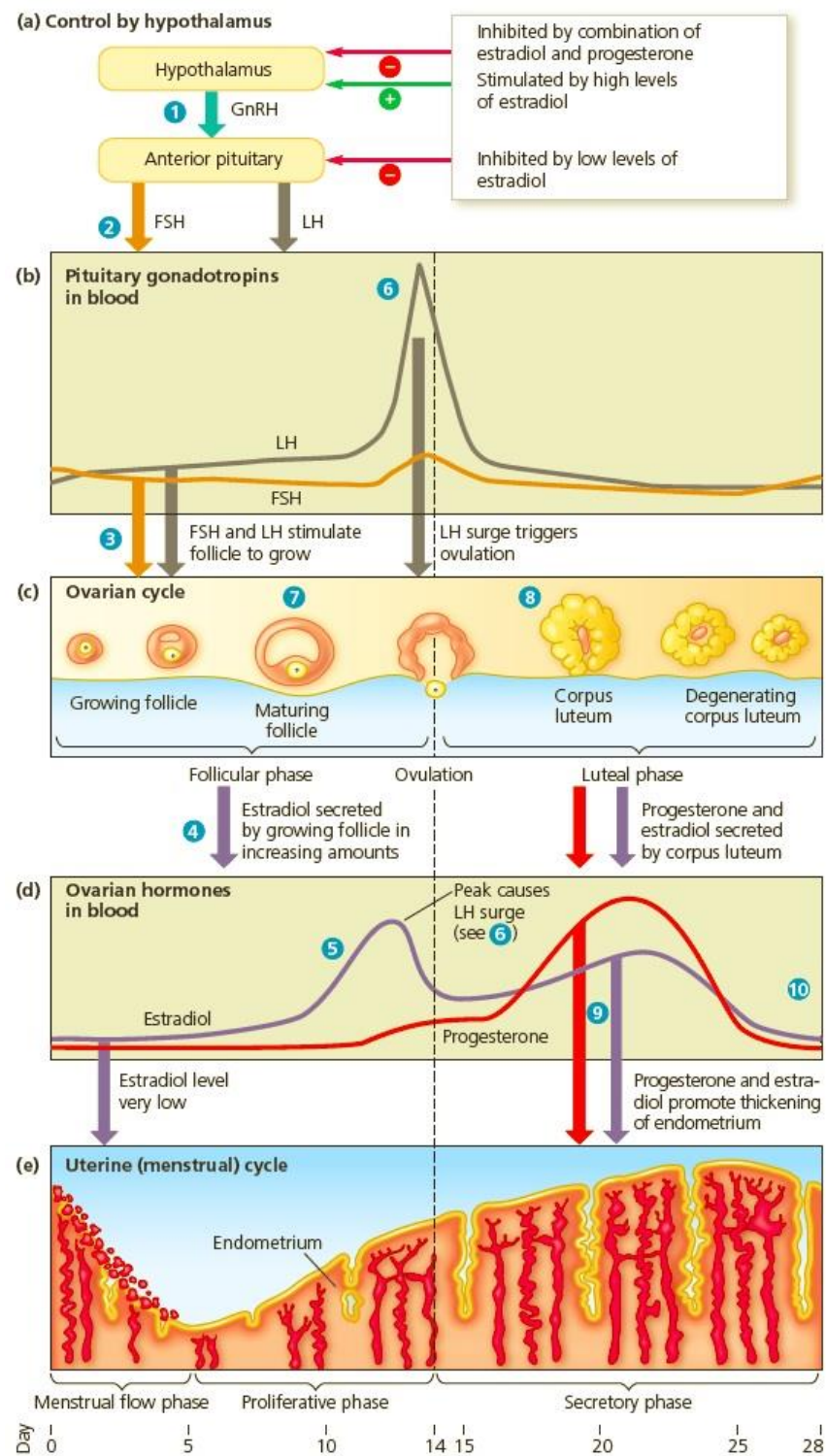


Figure 5. Siklus menstruasi.

- Apabila oosit sekunder bertemu sperma, terjadilah proses pembuahan (**fertilisasi**). Fertilisasi ini terjadi selama perjalanan oosit sekunder di tuba Fallopii. Oosit sekunder

memiliki sejumlah lapisan pelindung yang mencegah fertilisasi oosit sekunder oleh lebih dari satu sperma. Lapisan tersebut meliputi:

- **Korona radiata** yaitu lapisan terluar oosit sekunder. Lapisan ini terdiri atas hialuronid yang dihancurkan oleh enzim hialuronidase pada akrosom kepala sperma.
  - **Zona pelusida** setelah korona radiata. Lapisan ini terdiri atas glikoprotein yang dihancurkan enzim akrosin pada akrosom kepala sperma.
  - Oosit sekunder menyekresikan **fertilizin** yang berfungsi mempercepat sperma, menarik sperma (kemotaksis positif), dan mengumpulkan sperma di sekeliling oosit sekunder. Adapun sperma memiliki **antifertilizin** yang memungkinkan sperma menempel pada membran sel oosit sekunder.
- Setelah fertilisasi terjadi, terbentuklah zigot yang mengalami pembelahan membentuk morula. Morula berkembang menjadi blastula. Pada bagian luarnya, terdapat lapisan **trofoblas** yang memfasilitasi penempelan (**implantasi**) embrio ke dinding uterus.

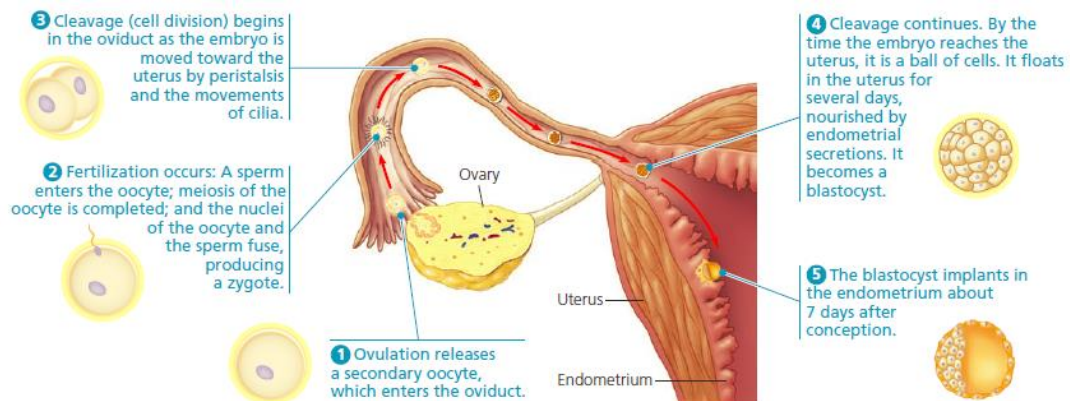


Figure 6. Perjalanan ovum terfertilisasi hingga ke uterus.

- Trofoblas dan sel-sel di sekitarnya membentuk **membran kehamilan** yang mencakup:
  - **Sakus vitelinus** (kantong telur) yang membentuk sel-sel darah dan pembuluh darah pertama embrio.
  - **Korion** yang merupakan membran terluar yang melingkupi embrio. Korion bersama dengan jaringan endometrium membentuk vili-vili yang secara kolektif disebut **plasenta**. Plasenta berfungsi menutrisi embrio.
  - **Amnion** merupakan membran langsung yang melingkupi embrio, berisi cairan amnion. Struktur ini melindungi embrio dari guncangan.

- **Alantois** berisi pembuluh darah yang menghubungkan ibu dengan janin. Pembuluh darah ini membawa nutrisi dan oksigen dari ibu ke janin, serta membawa karbon dioksida dan sisa metabolisme dari janin ke ibu.
- Setelah sekitar 9 bulan 10 hari, dimulailah proses **persalinan** (partus) ketika bayi mulai dilahirkan. Hormon yang berperan selama persalinan:
  - **Estrogen** yang dihasilkan plasenta, mendorong kontraksi uterus.
  - **Oksitosin** yang dihasilkan hipofisis anterior ibu, mendorong kontraksi uterus. Konsentrasi hormon ini terus meningkat selama persalinan (umpan balik positif).
  - **Prostaglandin** yang dihasilkan membran janin, meningkatkan intensitas kontraksi uterus.
  - **Relaksin** yang dihasilkan korpus luteum ovarium dan plasenta, berfungsi melunakkan serviks sehingga memudahkan persalinan.
- Setelah bayi lahir, bayi akan diberikan air susu ibu (ASI). Periode ini dinamakan **laktasi**. Selama kehamilan, kelenjar susu tumbuh dipengaruhi hormon **mammotropin** yang disekresi hipofisis ibu dan plasenta janin. Setelah bayi lahir, produksi ASI dirangsang oleh hormon **prolaktin** yang disekresi hipofisis ibu. Plasenta juga menyekresikan **somatammotropin korion** yang menunjang prolaktin.
- Pemberian ASI dari ibu ke bayi baru lahir memberikan sejumlah manfaat:
  - Bagi ibu: mengurangi berat badan selama kehamilan, kontrasepsi (mencegah kehamilan) alami, merangsang uterus kembali ke bentuk semula
  - Bagi bayi baru lahir: memperoleh nutrisi yang lengkap, memperoleh imunitas (melalui antibodi IgA), meningkatkan kecerdasan anak karena mengandung DHA (*docosahexanoic acid*) dan AA (*arachidonic acid*), ikatan emosional ibu-anak terbentuk.

### **Sistem Reproduksi pada Hewan**

Sistem reproduksi vertebrata:

- Fertilisasi pada hewan dapat terjadi secara **eksternal** (pembuahan di luar tubuh dengan melepaskan sel telur serta sperma ke lingkungan) atau **internal** (di dalam tubuh melalui kopulasi/memasukkan sperma ke organ kelamin wanita). Contoh

fertilisasi eksternal dilakukan oleh ikan dan amfibi, sementara fertilisasi internal oleh reptil, burung, dan mamalia.

- Tiga cara perkembangan embrio dan kelahiran:
  - **Ovipar** dimana embrio berkembang dalam telur bercangkang. Embrio mendapat makanan dari telur. Ovipar terjadi pada burung dan beberapa reptil.
  - **Vivipar** dimana embrio berkembang dan memperoleh makanan dari uterus. Contohnya adalah hewan mamalia (menyusui) seperti tikus dan kelinci.
  - **Ovovivipar** dimana embrio berkembang dalam telur namun telur tersimpan dalam induk betina. Embrio memperoleh makanan dari telur, setelah telur pecah, individu keluar dari induk betina. Contohnya beberapa reptil (kadal) dan ikan hiu.
- **Sistem reproduksi ikan** merupakan hewan yang bertelur (ovipar) dan baik jantan serta betina tidak memiliki alat kelamin luar. Ikan betina mengeluarkan telur ke lingkungan dari ovarium → oviduk → kloaka. Ikan jantan mengeluarkan sperma ke lingkungan dari testis → saluran urogenital → kloaka. Sperma dan ovum bertemu di lingkungan (fertilisasi eksternal).
- **Sistem reproduksi amfibi** merupakan hewan yang bertelur (ovipar) dan melangsungkan fertilisasi eksternal. Pada awalnya, katak jantan menempel di tubuh katak betina (**ampleksus**). Rangsangan ini menyebabkan katak betina melepaskan telur ke lingkungan melalui ovarium → oviduk → kloaka. Setelah telur keluar, katak jantan segera mengeluarkan sperma untuk membuahi telur melalui testis → vas deferens → kloaka.
- **Sistem reproduksi reptil** merupakan hewan yang umumnya bertelur (ovipar) dan melangsungkan fertilisasi internal. Reptil betina mengeluarkan telur dari ovarium → oviduk → kloaka. Reptil jantan mempunyai **hemipenis** yaitu struktur seperti penis yang berjumlah dua, dihubungkan oleh satu testis. Hemipenis berfungsi memasukkan sperma ke saluran kelamin betina dan fertilisasi terjadi di oviduk. Telur yang terfertilisasi akan segera dilingkupi cangkang.
- **Sistem reproduksi burung** merupakan hewan yang bertelur (ovipar) dan melangsungkan fertilisasi internal. Walaupun demikian, burung tidak memiliki alat kelamin luar. Burung betina hanya memiliki satu ovarium fungsional (kiri), ovarium

kanan tidak berkembang (rudimenter). Burung betina mengeluarkan telur dari ovarium → oviduk → kloaka. Burung jantan mengeluarkan sperma yang memfertilisasi telur dari testis → vas deferens → kloaka. Fertilisasi terjadi di oviduk dan segera setelah fertilisasi, telur dilingkupi cangkang yang tersusun atas kalsium (zat kapur). Telur perlu dierami induk agar dapat tumbuh dan menetas menjadi individu baru.

- **Sistem reproduksi mamalia** merupakan hewan yang beranak (vivipar), kecuali platipus yang ovipar dan melangsungkan fertilisasi internal. Organ dan mode pembuahan pada mamalia menyerupai manusia.

Sistem reproduksi invertebrata, dilakukan secara seksual dan aseksual. Beberapa mode reproduksi yang unik pada invertebrata:

- **Fragmentasi** misalnya pada *Planaria*. Fragmentasi merupakan pemutusan bagian tubuh yang masing-masing berkembang menjadi individu baru.
- **Pertunasan (*budding*)** yaitu pembentukan tunas yang nantinya lepas menjadi individu baru. Mode ini ditemukan pada hewan contohnya *Hydra* dan parasit seperti cacing pita.
- **Partenogenesis** yaitu dihasilkannya keturunan langsung dari telur yang dikeluarkan betina tanpa proses pembuahan, contohnya kutu daun (aphid).
- **Reproduksi seksual pada cacing tanah**. Cacing tanah bersifat **hermafrodit** (memiliki organ kelamin jantan dan betina pada satu tubuh), namun tidak dapat memfertilisasi diri sendiri. Hal ini dikarenakan pematangan sperma dan ovum pada satu individu cacing tanah tidak terjadi bersamaan, sehingga diperlukan dua individu agar fertilisasi terjadi.

### **Kelainan dan Gangguan Sistem Reproduksi Manusia**

- Kelainan pada wanita:
  - Gangguan menstruasi yang bersifat multifaktorial (genetik, hormonal, dan lingkungan). Terdapat dua jenis: (1) **amenore primer** yaitu tidak terjadi menstruasi hingga usia 17 tahun; (2) **amenore sekunder** yaitu tidak menstruasi selama 3-6 bulan setelah satu siklus menstruasi terjadi.



- Kanker genitalia misalnya **kanker vagina**, **kanker serviks**, dan **kanker ovarium**. Kanker bersifat multifaktorial dan meningkat risikonya akibat infeksi virus misalnya *human papilloma virus* (HPV).
- **Endometriosis** yaitu tumbuhnya jaringan endometrium di luar uterus. Gejala yang umum adalah nyeri sekitar perut, menstruasi yang sakit. Penanganan dengan obat, bedah laser, atau laparoskopi.
- **Infeksi vagina** oleh bakteri, jamur, atau protozoa.
- Kelainan pada pria:
  - **Hipogonadisme** yaitu penurunan fungsi testis misal akibat gangguan hormon androgen dan testosteron. Hal ini menyebabkan impotensi, infertilitas. Terapi dengan penyuntikan hormon yang kurang.
  - **Kriptorkidisme** yaitu kegagalan testis untuk turun ke skrotum saat lahir (tertahan di rongga perut). Penanganan dengan pemberian hormon hCG untuk merangsang testosteron, atau pembedahan bila gagal.
  - **Uretritis** yaitu radang uretra oleh mikroorganisme misalnya *Chlamydia trachomatis*, *Ureaplasma urealyticum*.
  - **Prostatitis** yaitu radang kelenjar prostat, misalnya akibat *Escherichia coli*.
  - **Kanker prostat** yaitu proliferasi sel yang berlebihan pada kelenjar prostat.
  - **Epididimitis** yaitu radang epididimis misal karena *E. coli* atau *Chlamydia*.
  - **Orkitis** yaitu radang testis akibat infeksi virus parotitis. Kelainan ini dapat menyebabkan kemandulan pada pria.

## Konsep dan Prinsip Genetika

Substansi genetika:

- Salah satu ciri makhluk hidup adalah memiliki materi genetik berupa DNA atau RNA. Berikut adalah perbandingan keduanya:

Parameter	DNA	RNA
Komponen gula	Deoksiribosa	Ribosa
Basa nitrogen purin	Adenin, guanin	Adenin, guanin
Basa nitrogen pirimidin	Timin, sitosin	Urasil, sitosin
Bentuk	<i>Double helix</i> (untai ganda, berpilin)	Untai tunggal, tidak berpilin
Letak	Nukleus, kloroplas, mitokondria	Sitoplasma, nukleus, kloroplas, mitokondria
Kadar dalam sel	Tetap	Tidak tetap

- DNA makhluk hidup terletak dalam inti sel, dikemas oleh **protein histon** membentuk **benang kromatin**. Benang kromatin ini dapat memadat sehingga membentuk **kromatid**.
- Pada individu diploid (misalnya manusia), satu kromatid memiliki pasangan (satu dari ayah, satu dari ibu) sehingga secara kolektif disebut sebagai **kromosom**.
  - Pada bagian tengah kromosom, terdapat struktur yang sangat padat, letaknya relatif di tengah, disebut sebagai **sentromer** yang berfungsi sebagai pelekatan mikrotubulus yang menarik kromosom menuju kutub sel yang berlawanan selama pembelahan sel.
  - Pada bagian ujung kromosom, terdapat struktur **telomer** yang terdiri atas ulangan basa nitrogen DNA, berfungsi untuk melindungi kromosom dari pemendekan yang terus terjadi setiap pembelahan sel.
- Tipe-tipe kromosom berdasarkan letak sentromer:
  - **Kromosom metasentrik** dimana sentromer tepat terletak di tengah kromosom.
  - **Kromosom submetasentrik** dimana sentromer hampir terletak di tengah kromosom.
  - **Kromosom akrosentrik** dimana sentromer terletak di antara tengah dan ujung kromosom.
  - **Kromosom telosentrik** dimana sentromer terletak di ujung kromosom.
- Manusia memiliki 23 pasang kromosom yang terdiri atas 22 pasang kromosom tubuh (**autosom**) dan 1 pasang kromosom seks (**gonosom**). Kromosom seks wanita adalah XX dan pria adalah XY. Secara kolektif, seluruh kromosom yang dimiliki sel disebut sebagai **genom** dan tampilannya disebut sebagai **kariotipe**.
  - Pada individu wanita, walaupun memiliki dua kromosom X, salah satunya memadat sehingga terinaktivasi, disebut sebagai **badan Barr**.
- Di dalam DNA kromosom, sebagian segmennya membawa informasi yang disebut **gen**. Gen merupakan unit instruksi untuk menghasilkan/memengaruhi sifat hereditas tertentu. Variasi di dalam gen disebut sebagai **alel** dan terletak di **lokus** kromosom tertentu. Pada manusia, oleh karena bersifat diploid, satu gen tertentu akan membawa dua alel.

- Sebagai contoh, gen yang mengatur pembentukan faktor pembekuan darah terdiri atas variasi (alel) normal (*wild type*) dan alel mutan. Gen pembentuk faktor pembekuan darah ini terletak di lokus tertentu dalam kromosom seks (kromosom X) manusia.
- Alel dalam suatu gen dapat bersifat **dominan** atau **resesif**. Alel dominan jika efek alel tersebut menutupi alel resesif. Misalnya, alel *wild type* untuk faktor pembekuan darah bersifat dominan terhadap alel mutannya sehingga apabila suatu individu memiliki kedua alel ini, individu tersebut tetap akan menghasilkan faktor pembekuan darah.
  - Alel dominan dinotasikan dengan huruf besar, sementara alel resesif dinotasikan dengan huruf kecil. Misalnya, alel *wild type* faktor pembekuan darah dinotasikan dengan  $X^H$  sementara alel mutannya dinotasikan dengan  $X^h$ .
- Oleh karena satu gen membawa dua alel pada individu diploid, individu tersebut dapat memiliki gen yang **homozigot dominan** (apabila kedua alel yang dibawanya dalam satu gen adalah sama-sama alel dominan), **heterozigot** (apabila alel yang dibawanya dalam satu gen: 1 alel dominan + 1 alel resesif), atau **homozigot resesif** (apabila kedua alel yang dibawanya dalam satu gen adalah sama-sama alel dominan). Susunan alel dalam satu gen dinamakan sebagai **genotip**, sementara ekspresi/tampilan yang muncul akibat susunan gen yang dimilikinya tersebut disebut sebagai **fenotip**.
  - Misalnya, individu yang membawa dua alel dominan untuk faktor pembekuan darah disebut sebagai homozigot dominan untuk gen faktor pembekuan darah, memiliki genotip  $X^H X^H$ . Individu yang membawa satu alel dominan dan satu alel resesif dikatakan sebagai heterozigot untuk gen faktor pembekuan darah, memiliki genotip  $X^H X^h$ . Individu yang membawa dua alel resesif dikatakan sebagai homozigot resesif, memiliki genotip  $X^h X^h$ .
  - Baik individu bergenotip  $X^H X^H$  dan  $X^H X^h$  menghasilkan faktor pembekuan darah sehingga keduanya memiliki fenotip “normal”. Adapun individu bergenotip  $X^h X^h$  gagal membentuk faktor pembekuan

darah sehingga memiliki fenotip darah susah membeku, atau dikenal sebagai “**hemofilia**”.

- Pada manusia, DNA adalah materi genetik utama yang mengatur seluruh kegiatan sel. DNA yang dimiliki manusia dapat mengalami:
  - **Replikasi** yaitu penggandaan satu untai DNA menjadi dua untai anakan yang identik. Replikasi ini terjadi selama pembelahan sel untuk menghasilkan dua anakan sel dengan DNA yang identik.
    - Replikasi DNA bersifat **semikonservatif**. Oleh karena DNA merupakan untai heliks ganda, masing-masing untai berperan sebagai **untai cetakan**. Dengan bantuan enzim **DNA polimerase**, nukleotida-nukleotida DNA (penyusun DNA) akan berpasangan dengan untai cetakan sehingga dihasilkan dua untai ganda DNA yang identik. Dalam satu untai ganda, terdapat untai induk dan untai baru yang ditambahkan selama replikasi.
    - Proses replikasi mencakup **insiasi** (pembukaan untai ganda DNA dengan enzim **helikase** dan penempelan DNA polimerase), **elongasi** (pembentukan untai DNA anakan), dan **terminasi** (pelepasan enzim DNA polimerase sehingga dihasilkan dua untai ganda DNA identik).
  - **Transkripsi** yaitu penyalinan informasi yang dibawa DNA menjadi RNA. Pada transkripsi, salah satu untai DNA berperan sebagai cetakan. Dengan bantuan enzim **RNA polimerase**, nukleotida-nukleotida RNA berpasangan dengan untai cetakan DNA sehingga dihasilkan untai RNA tunggal. Adapun untai DNA yang memiliki urutan yang sama dengan RNA disebut sebagai untai **sense** dan pasangan DNA yang komplementer dengan **sense** disebut sebagai **antisense**. Terdapat tiga jenis RNA yang dihasilkan melalui transkripsi:
    - **Messenger RNA (mRNA)** yaitu RNA yang membawa informasi yang bila diterjemahkan akan membentuk urutan polipeptida tertentu. Setiap tiga basa (satu **kodon**) bila diterjemahkan akan menghasilkan satu asam amino, melalui proses yang disebut **translasi**. Proses translasi melibatkan mRNA, tRNA, dan rRNA

- **Transfer RNA (tRNA)** yang berperan sebagai pembawa asam amino dalam proses translasi mRNA menjadi urutan polipeptida (protein). Pada tRNA terdapat tiga basa (satu **antikodon**) yang akan berpasangan dengan kodon mRNA.
- **Ribosomal RNA (rRNA)** yang berperan menyusun ribosom yang berfungsi dalam sintesis protein.

Pola-pola hereditas:

- Pola penurunan sifat pada individu mengikuti **hukum Mendel**
  - **Hukum I Mendel (hukum segregasi)** menyatakan bahwa waktu pembentukan gamet, terjadi pemisahan (segregasi) alel-alel dalam suatu gen dari diploid ( $2n$ ) menjadi haploid ( $n$ ).
    - Penerapan hukum ini dapat dilihat dari **persilangan monohibrid** (persilangan dua individu yang melibatkan satu gen). Misalnya golongan darah rhesus, alel  $Rh^+$  (menimbulkan golongan darah rhesus positif) dominan terhadap alel  $Rh^-$ . Perkawinan antara dua individu yang heterozigot ( $Rh^+Rh^-$ ) menghasilkan keturunan sebagai berikut.

	$Rh^+$	$Rh^-$
$Rh^+$	$Rh^+Rh^+$	$Rh^+Rh^-$
$Rh^-$	$Rh^+Rh^-$	$Rh^-Rh^-$

Dihasilkan keturunan dengan genotip  $Rh^+Rh^+ : Rh^+Rh^- : Rh^-Rh^- = 1 : 2 : 1$ , dengan fenotip rhesus positif : rhesus negatif =  $(1 + 2) : 1 = 3 : 1$ .

- **Fact:** ibu dengan golongan darah rhesus negatif yang menikah dengan ayah rhesus positif apabila menghasilkan keturunan dengan golongan darah rhesus positif akan membentuk antibodi terhadap antigen rhesus dalam tubuhnya. Apabila ibu tersebut mengandung anak kedua yang bergolongan darah rhesus positif lagi, antibodi dari ibu akan menyerang sel darah janin yang dikandungnya sehingga menyebabkan anemia berat pada janin (*eritroblastosis fetalis*).
- **Hukum II Mendel (hukum penggabungan bebas)** menyatakan bahwa waktu pembentukan gamet, alel-alel dari gen yang berbeda kromosom yang



telah tersegregasi akan bergabung secara bebas membentuk genotip-genotip dengan kombinasi alel berbeda.

- Penerapan hukum ini dapat dilihat dari **persilangan dihibrid** (persilangan dua individu yang melibatkan dua gen berbeda kromosom). Misalnya sifat warna biji kuning (K) dominan terhadap hijau (k), sementara tekstur biji bulat (B) dominan terhadap keriput (b). Kedua gen terletak pada kromosom berbeda. Dua tanaman yang heterozigot untuk kedua gen (BbKk) disilangkan satu sama lain. Menurut hukum ini, saat pembentukan gamet, alel-alel dalam gen yang berbeda kromosom akan terpisah (B dan b, K dan k) dan bergabung membentuk kombinasi yang bebas. Kombinasi tersebut meliputi BK, Bk, bK, dan bk. Persilangan antara keduanya sebagai berikut.

	BK	Bk	bK	bk
BK	BBKK	BBKk	BbKK	BbKk
Bk	BBKk	BBkk	BbKk	Bbkk
bK	BbKK	BbKk	bbKK	bbKk
bk	BbKk	Bbkk	bbKk	bbkk

Perbandingan fenotip yang dihasilkan adalah bulat kuning (B.K.) : bulat hijau (B.kk) : keriput kuning (bbK.) : keriput hijau (bbkk) = 9 : 3 : 3 : 1. (. menandakan alelnya bisa apa saja, B atau b, K atau k).

- Ada beberapa istilah persilangan khusus:
  - **Silang uji (testcross)** yaitu persilangan individu yang tidak diketahui genotipnya dengan individu yang bergenotip homozigot resesif. Misalnya dalam kasus warna bunga merah dominan terhadap putih (alel A dominan terhadap a), dijumpai bunga warna merah yang tidak diketahui genotipnya. Genotip bunga tersebut bisa saja AA atau Aa. Untuk mengetahuinya, dapat dilakukan silang uji dengan bunga putih (genotip aa). Bila genotip bunga merah induk adalah AA (AA disilangkan dengan aa), keturunan yang dihasilkan akan semuanya berwarna merah (genotip Aa). Namun, bila genotip bunga merah induk adalah Aa (Aa disilangkan dengan aa), keturunan yang dihasilkan tentu ada yang berwarna merah atau putih.
  - **Backcross** yaitu persilangan individu anakan keturunan pertama (F<sub>1</sub>, filial pertama) dengan induknya yang homozigot dominan.

- **Persilangan resiprok** yaitu persilangan individu antara sifat yang dipertukarkan jenis kelaminnya. Misalnya dalam persilangan bunga jantan berwarna merah dan bunga betina berwarna putih, persilangan resiproknya adalah bunga jantan berwarna putih dan bunga betina berwarna merah.
- Dalam kenyataannya, penurunan sifat-sifat individu tidak sepenuhnya mengikuti hukum Mendel. Hal ini dapat terjadi karena adanya **interaksi alel** dalam satu gen atau **interaksi genetik** antargen. Namun, jika diperhatikan, perbandingan individu yang dihasilkan merupakan variasi dari perbandingan dari penurunan sifat menurut hukum Mendel. Oleh sebab itu, penurunan sifat tersebut dikatakan sebagai **penyimpangan semu hukum Mendel**.
- Contoh interaksi alel:
  - **Dominansi tidak sempurna** dimana alel di dalam suatu gen tidak ada yang dominan. Misalnya gen warna bunga dengan alel A menyebabkan warna merah dan alel a menyebabkan warna putih. Dalam kasus ini, genotip Aa tidak menimbulkan warna merah, namun warna merah muda.
  - **Kodominan** dimana kedua alel di dalam suatu gen sama-sama ditampilkan dalam fenotipnya, namun produk kedua alel tidak saling berinteraksi. Misalnya gen golongan darah sistem MN. Alel M dan N bersifat kodominan sehingga apabila genotip individu adalah MM, fenotipnya adalah golongan darah M. Bila genotipnya adalah MN, fenotipnya adalah golongan darah MN (ditampilkan keduanya, kedua alel tidak bercampur, dan tidak ada satu alel yang menutupi alel lain). Bila genotipnya adalah NN, fenotipnya golongan darah N.
  - **Alel ganda** dimana terdapat lebih dari dua variasi alel dalam satu gen, namun tetap individu diploid hanya dapat membawa dua alel dari sekian banyak variasi yang ada. Contohnya dapat dilihat dari sistem golongan darah ABO. Terdapat tiga variasi alel dalam gen ini:  $I^A$  yang menyebabkan golongan darah A,  $I^B$  yang menyebabkan golongan darah B, dan  $I^O$  yang menyebabkan golongan darah O, namun satu individu hanya dapat membawa dua alel saja.  $I^A$  dan  $I^B$  bersifat kodominan, namun keduanya dominan terhadap  $I^O$  ( $I^A = I^B > I^O$ ). Oleh karena itu, genotip  $I^A I^B$  akan menyebabkan golongan darah AB, genotip  $I^A I^A$  dan  $I^A I^O$  menyebabkan golongan darah A, genotip  $I^B I^B$  dan  $I^B I^O$

menyebabkan golongan darah B, dan genotip  $I^O I^O$  menyebabkan golongan darah O.

- **Alel letal** adalah alel yang menyebabkan kematian bagi individu yang memilikinya. Alel ini dapat bersifat dominan (dalam keadaan homozigot dominan mati) atau resesif (dalam keadaan homozigot resesif mati). Misalnya alel G menghasilkan klorofil fungsional sementara alel g nonfungsional (albino), persilangan antara individu  $Gg \times Gg$  menghasilkan individu bergenotip  $GG : Gg : gg = 1 : 2 : 1$ . Namun, karena individu  $gg$  tidak menghasilkan klorofil fungsional (albino), tumbuhan ini akan mati sehingga perbandingannya menjadi  $GG : Gg = 1 : 2$ .
- Contoh interaksi genetik:
  - **Atavisme** yaitu munculnya sifat sebagai interaksi beberapa gen. Contohnya dapat dilihat pada jengger ayam. Terdapat empat variasi jengger: walnut, rose, pea, dan single. Ada dua gen yang mengatur jengger ayam, gen R dan P. Apabila ayam membawa alel dominan untuk gen R dan P, maka fenotip yang dihasilkan adalah walnut. Apabila ayam membawa alel dominan untuk gen R saja, fenotipnya adalah rose. Apabila ayam membawa alel dominan untuk gen P saja, fenotipnya adalah pea. Apabila ayam tidak membawa alel dominan untuk kedua gen ( $rrpp$ ), fenotipnya adalah single. Terlihat bahwa produk gen R dan P berinteraksi membentuk fenotip jengger ayam yang berbeda-beda.
  - **Poligen** yaitu interaksi beberapa gen yang mengatur sifat yang sama, misalnya tinggi tanaman atau warna kulit manusia. Pada kasus warna kulit manusia, satu alel dominan menyumbangkan pigmen melanin fungsional sehingga semakin banyak alel dominan yang dimiliki, semakin gelap kulitnya.

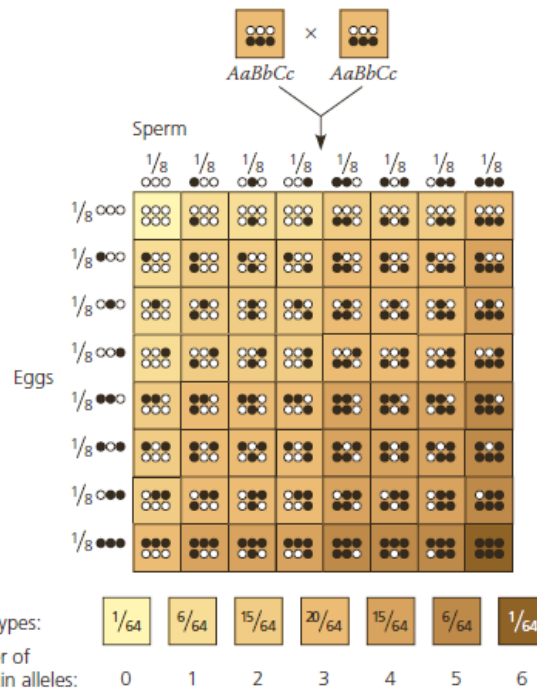


Figure 7. Poligen pada sifat warna kulit.

- **Kriptomeri** adalah sifat gen dominan yang tersembunyi bila gen dominan itu berdiri sendiri. Misalnya bunga *Linaria maroccana* yang memiliki dua gen (A dan B). Apabila alel dominan hanya ada pada gen A (genotip A.bb), maka sifat yang muncul adalah warna merah. Apabila alel dominan hanya pada gen B (genotip aaB.), maka sifat yang muncul adalah warna putih, demikian halnya pada individu bergenotip aabb. Apabila alel dominan untuk gen A dan B sama-sama dimiliki tumbuhan, maka sifat yang tersembunyi (warna ungu) akan muncul. Dari fenomena ini, terlihat bahwa produk alel dominan untuk gen A dan B berinteraksi membentuk fenotip baru (warna ungu).
- **Epistasis** yaitu gen yang sifatnya mempengaruhi (menutupi) gen lain. Misalnya pada anjing Labrador, terdapat dua gen: B dan E. Gen B dalam keadaan dominan (B.) menimbulkan fenotip rambut hitam, sementara dalam keadaan resesif (bb) menyebabkan rambut coklat. Alel dominan E menyebabkan pigmen coklat/hitam yang dihasilkan gen B tersimpan di rambut anjing. Adapun gen E dalam keadaan resesif (ee) menyebabkan pigmen tidak tersimpan di rambut anjing sehingga warna rambut menjadi kuning (tidak berpigmen). Dalam hal ini terlihat bahwa gen E menutupi efek gen B. Gen E

dikatakan bersifat epistasis terhadap gen B (gen B tertutupi efeknya, **hipostasis** terhadap gen E).

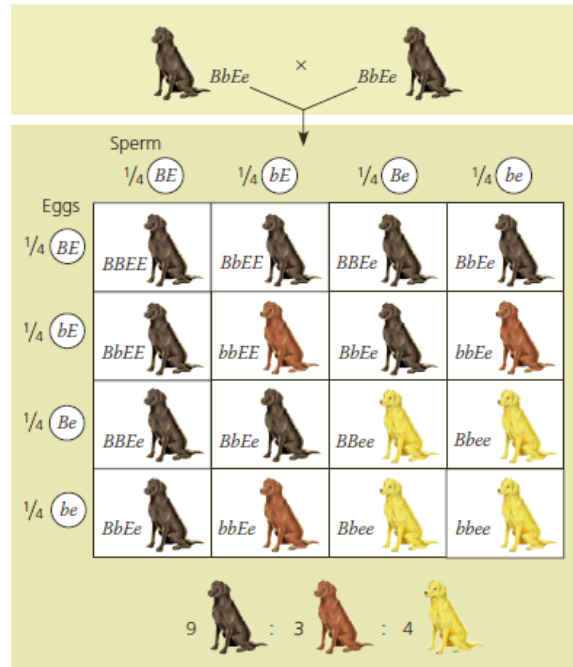


Figure 8. Epistasis pada warna rambut anjing Labrador.

- Contoh anjing Labrador tersebut adalah **epistasis resesif** dimana keadaan homozigot resesif pada suatu gen tertentu (gen E) menyebabkan fenotip anjing menjadi tertentu (kuning), terlepas dari produk yang dihasilkan gen B. Persilangan ini menghasilkan fenotip rambut hitam : coklat : kuning = 9 : 3 : 4
- Contoh epistasis lain:
  - **Epistasis dominan** dimana kehadiran setidaknya satu alel dominan pada suatu gen tertentu menyebabkan fenotip tertentu. Perbandingan yang dihasilkan 12 : 3 : 1
  - **Epistasis gen resesif rangkap (komplemen)** dimana keadaan homozigot resesif pada salah satu gen saja sudah menyebabkan fenotip tertentu. Perbandingannya 9 : 7.
  - **Epistasis gen dominan rangkap** dimana kehadiran setidaknya satu alel dominan pada salah satu gen sudah menyebabkan fenotip tertentu. Perbandingannya 15 : 1.



- Selain gen yang terpisah kromosom, ada kalanya dua gen yang berbeda terletak (terpaut) pada kromosom yang sama. Hal ini menyebabkan kedua gen tersebut diturunkan secara berpasangan. Misalnya pada suatu kromosom mengandung dua gen A dan B. Satu kromatid membawa alel A dan b, sementara satu kromatid lainnya membawa alel a dan B. Oleh karena itu, saat pembentukan gamet, ada gamet membawa kromatid dengan kombinasi alel Ab, ada yang membawa kromatid dengan kombinasi aB.
  - Namun, ada kalanya terjadi **pindah silang**, yaitu pertukaran segmen kromosom yang terjadi pada **profase I** di **meiosis I**. Pindah silang memungkinkan ada gamet yang membawa kombinasi alel AB dan ab. Peristiwa ini dinamakan **rekombinasi genetik**. Semakin jauh letak dua gen dalam suatu kromosom, semakin besar kemungkinannya terjadi pindah silang.
- Ada kalanya gen yang dibawa individu walaupun terpaut pada kromosom tubuh (autosom), ekspresinya dipengaruhi jenis kelamin, misalnya kebutakan. Fenotip botak diatur gen B. Alel B menyebabkan kebutakan dan alel b tidak botak. Namun, dominansi keduanya berbeda pada laki-laki dan perempuan. Pada laki-laki, alel B dominan terhadap b, sementara pada perempuan, alel b dominan terhadap B. Dengan demikian, frekuensi individu botak berbeda pada laki-laki dan perempuan.
- Penentuan jenis kelamin pada individu dipengaruhi kromosom seks (gonosom) karena membawa gen yang menentukan jenis kelamin:
  - Manusia laki-laki memiliki kromosom seks XY, sementara perempuan XX
  - Serangga (misal belalang) jantan kromosom seksnya adalah XO (hanya ada 1 kromosom X), sementara betina XX (2 kromosom X)
  - Unggas (misal ayam) jantan kromosom seksnya adalah ZZ, sementara betina ZW
  - Lebah madu jantan bersifat haploid, sementara betinanya diploid

### Penyakit Genetik

Penyakit akibat kelainan struktur alel (mutasi):

Autosomal Dominan	Autosomal Resesif	Terpaut X Resesif
Akondroplasia Brakidaktili <i>Huntington's disease</i>	Albino Anemia sel sabit Fibrosis sistik	Hemofilia Buta warna Distrofi otot

Polidaktili Ginjal polikistik dewasa Sindrom Marfan	Fenilketonuria Talasemia Galaktosemia	Ichtyosis Sindrom <i>fragile X</i>
---	---	---------------------------------------

Penyakit akibat kelainan struktur kromosom:

- **Sindrom cri du chat** (*cat cry*) akibat delesi (hilangnya sebagian) kromosom 5.
- **Chronic myelogenous leukemia (CML)** akibat translokasi (pertukaran segmen) kromosom 9 dan 22.

Penyakit akibat kelainan jumlah kromosom:

- **Sindrom Down** akibat trisomi (adanya tiga kromosom, alih-alih dua) kromosom 21.
- **Sindrom Klinefelter** akibat kelebihan satu kromosom X pada pria (genotip XXY).
- **Sindrom Turner** akibat kekurangan satu kromosom X pada wanita (genotip XO).
- **Sindrom Patau** akibat trisomi kromosom 13.
- **Sindrom Edward** akibat trisomi kromosom 18.

### Konsep dan Penerapan Bioteknologi

- **Bioteknologi** adalah pemanfaatan potensi organisme atau prinsip-prinsip kerekayasaan pada organisme untuk menghasilkan produk/jasa bagi kepentingan hidup manusia. Bioteknologi merupakan penerapan biologi yang melibatkan berbagai multidisiplin ilmu, seperti mikrobiologi, biologi sel, genetika, dan biokimia.
- Bioteknologi secara umum terbagi menjadi dua:
  - **Bioteknologi konvensional** yang memanfaatkan mikroba, proses biokimia, dan proses genetik alami (mutasi dan rekombinasi genetik), *tanpa* adanya manipulasi pada makhluk hidup, contohnya:
    - Makanan
      - Tempe dari jamur *Rhizopus oryzae*
      - Kecap dari jamur *Aspergillus wenti*
      - Oncom dari jamur *Neurospora sitophila*
      - Nata de coco dari bakteri *Acetobacter xylinum*
      - Keju dan yoghurt dari bakteri *Streptococcus lactis*
      - Tape dari khamir (ragi) *Saccharomyces cereviceae*
    - Pertanian

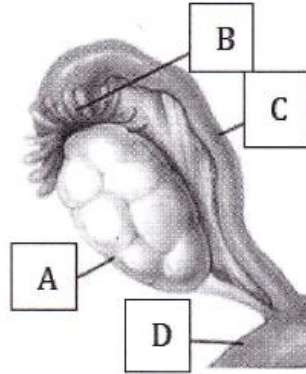
- Hidroponik yang tidak menggunakan tanah sebagai media tanam
- Tanaman *mustard* yang sengaja diseleksi manusia sehingga menghasilkan kembang kol, brokoli, kubis, dan lainnya.
- Peternakan
  - Seleksi sapi yang menghasilkan susu berkrim banyak (sapi Jersey)
  - Domba ankon yang merupakan hasil mutasi alami
- Kesehatan
  - Vaksin dari toksin mikroba yang dilemahkan
  - Antibiotik yang diambil (diisolasi) dari jamur penghasilnya, misalnya penisilin dari jamur *Penicillium notatum*.
- **Bioteknologi modern** yang melakukan manipulasi terhadap makhluk hidup. Kloning, penciptaan DNA rekombinan melalui penggabungan segmen DNA dengan **enzim restriksi** (pemotong) dan **enzim ligase** (penyambung), hibridoma sel merupakan contoh bioteknologi modern.
- Beberapa teknik bioteknologi:
  - **Protein sel tunggal** yaitu makanan kaya protein yang berasal dari mikroorganisme, contohnya *Spirulina*, jamur *Fusarium graminearum* (mikoprotein).
  - Pemanfaatan bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt) yang menghasilkan toksin yang dapat digunakan untuk membasmi hama tanaman
  - Pemanfaatan *Thiobacillus ferrooxidans* yang memisahkan logam dari bijihnya
  - Kloning tumbuhan dengan teknik kultur jaringan yang memanfaatkan sifat sel tumbuhan yang mampu menghasilkan satu individu utuh (**totipotensi**)
  - Kloning hewan (misal domba Dolly) dengan menggantikan inti sel telur dengan inti sel tubuh sehingga dihasilkan organisme yang identik.
  - Rekayasa genetika dengan memotong **plasmid** (DNA sirkuler pendek) bakteri dengan enzim restriksi, disisipkan dengan segmen DNA yang membawa gen tertentu, disambung kembali dengan enzim ligase, dan plasmid rekombinan tersebut dimasukkan kembali ke bakteri agar produk gen yang disisipkan

tersebut dapat dihasilkan oleh bakteri (misalnya hormon insulin). Dalam hal ini, bakteri yang disisipkan plasmid rekombinan disebut **vektor**.

- Rekayasa genetika dapat dimanfaatkan untuk membuat **organisme transgenik**, yaitu organisme yang dimodifikasi gennya. Misalnya pemanfaatan *Agrobacterium tumefaciens* yang plasmidnya (plasmid Ti) dapat menyisip sendiri ke kromosom sel tumbuhan. Bakteri ini dapat digunakan untuk memunculkan sifat penundaan pematangan buah, resistensi tanaman terhadap pestisida, serta tumor *crown gall*.
- Terapi gen manusia untuk menggantikan alel yang “cacat” di dalam sel tubuh dengan alel normal yang dibawa oleh suatu vektor, misalnya virus.
- **Antibodi monoklonal** yaitu pembentukan antibodi secara massal dengan teknik **hibridoma**, yaitu menggabungkan sel penghasil antibodi (limfosit B) dengan sel kanker. Oleh karena sel kanker membelah dengan cepat, limfosit B akan turut membelah dengan cepat sehingga menghasilkan antibodi dalam jumlah banyak dan cepat.

**SOAL**

1. Bagian yang berperan sebagai tempat fertilisasi pada gambar berikut adalah ...



2. Epididimis merupakan bagian organ reproduksi pria yang berfungsi sebagai ...
- A. Tempat pembentukan sperma
  - B. Tempat penambahan sekresi oleh kelenjar aksesori
  - C. Tempat pematangan sperma
  - D. Tempat pengeluaran sperma
3. Individu yang bergenotip AaBbCcDdee menghasilkan gamet sebanyak ... jenis.
- A. 2
  - B. 4
  - C. 8
  - D. 16
4. Misalnya rambut keriting dominan terhadap rambut lurus. Bila ayah berambut lurus menikah dengan ibu berambut keriting yang memiliki orang tua berambut lurus, kemungkinan perbandingan anak berambut keriting dan lurus berurutan adalah ...
- A. 3 : 1
  - B. 2 : 1
  - C. 1 : 2
  - D. 1 : 1
5. Bakteri yang digunakan untuk membasmi hama tanaman adalah ...
- A. *Bacillus thuringiensis*
  - B. *Bacillus israelensis*
  - C. *Agrobacterium tumefaciens*
  - D. *Rhizobacterium* sp.



6. Virus yang dapat menginfeksi bakteri dikenal dengan nama ...
- A. Vektor
  - B. Plasmid
  - C. Kosmid
  - D. Phage
7. Tempe merupakan produk hasil bioteknologi konvensional menggunakan organisme ...
- A. *Aspergillus flavus*
  - B. *Aspergillus wenti*
  - C. *Rhizopus oryzae*
  - D. *Neurospora sitophila*
8. Berikut adalah beberapa produk hasil bioteknologi.
- (1) Tempe
  - (2) Oncom
  - (3) Vaksin
  - (4) Insulin
  - (5) Domba *dolly*
- Berikut yang merupakan produk bioteknologi modern adalah ...
- A. 1 dan 2
  - B. 3 dan 4
  - C. 4 dan 5
  - D. 3 dan 5
9. Perkawinan antara ayah bergolongan darah A dan ibu bergolongan darah B memiliki anak-anak yang memiliki kemungkinan golongan darah ...
- A. AB dan O
  - B. A, B, AB, dan O
  - C. A dan B
  - D. A, B, dan AB
10. Gen autosomal adalah ...
- A. Gen penentu jenis kelamin terletak pada kromosom seks
  - B. Gen tersebut terletak pada kromosom tubuh
  - C. Gen tersebut terletak pada kromosom seks
  - D. Gen penentu jenis kelamin terletak pada kromosom tubuh

11. Wanita dewasa umumnya mengalami menstruasi secara periodik yang ditandai keluarnya darah dari vagina (menstruasi). Namun, saat wanita menginjak usia tua, proses ini akan berhenti. Hal itu disebut sebagai ...
- A. Amenarche
  - B. Menarche
  - C. Menopause
  - D. Menorrhagia
12. Wanita tua tidak lagi mengalami menstruasi dikarenakan ...
- A. Tidak ada sperma membuahi ovum
  - B. Cadangan folikel dalam ovarium telah habis
  - C. Tuba Fallopii telah menutup
  - D. Endometrium tidak dapat lagi diimplantasi
13. Berikut adalah bagian dari organ reproduksi wanita.
- (1) Uterus
  - (2) Ovarium
  - (3) Serviks
  - (4) Vagina
  - (5) Vulva
- Bagian yang termasuk organ reproduksi dalam wanita adalah ...
- A. 1, 2, dan 3
  - B. 3, 4, dan 5
  - C. 4 dan 5
  - D. 5
14. Beberapa hewan seperti *Hydra* bereproduksi dengan cara ...
- A. Partenogenesis
  - B. Fragmentasi
  - C. Hermafrodit
  - D. Pertunasan (*budding*)
15. Bagian yang berperan sebagai sumber nutrisi dan oksigen embrio disebut ...
- A. Amnion
  - B. Alantois
  - C. Plasenta

- D. Korda umbilikalis
16. Saat ovulasi, sel gamet wanita berada dalam bentuk ...
- A. Oogonium
  - B. Oosit primer
  - C. Oosit sekunder
  - D. Ovum
17. Hewan berikut ini yang melakukan fertilisasi internal adalah ...
- A. Singa
  - B. Lalat
  - C. Ikan
  - D. Katak
18. Kelainan berikut ini yang diturunkan secara terpaut X resesif adalah ...
- A. Akondroplasia
  - B. Thalasemia
  - C. Buta warna
  - D. Anemia sel sabit
19. Organ reproduksi pria yang berfungsi dalam kopulasi adalah ...
- A. Vas deferens
  - B. Epididimis
  - C. Penis
  - D. Testis
20. Misalnya alel warna biji kuning (K) dominan terhadap hijau (k), sementara alel bentuk biji bulat (B) dominan terhadap biji keriput (b). Tanaman berbiji kuning bulat yang tidak diketahui genotipnya dilakukan silang uji. Hasilnya keturunannya ada yang berbiji kuning bulat, hijau bulat, hijau keriput, dan kuning keriput. Dengan demikian, genotip induk yang dilakukan silang uji adalah ...
- A. BBKK
  - B. Bbkk
  - C. BbKk
  - D. bbkk

Pertanyaan nomor 21-30 dijawab dengan ketentuan berikut.

- Jawaban A jika pernyataan nomor 1, 2, dan 3 benar
  - Jawaban B jika pernyataan nomor 1 dan 2 benar
  - Jawaban C jika pernyataan nomor 2 dan 3 benar
  - Jawaban D jika pernyataan nomor 3 saja yang benar
21. Proses spermatogenesis yang tidak ditemukan pada oogenesis adalah ...
- (1) Terjadi mitosis dan meiosis
  - (2) Terjadi seumur hidup setelah pubertas
  - (3) Satu siklus menghasilkan empat gamet haploid
22. Penyakit berikut yang diturunkan akibat kelainan jumlah kromosom adalah ...
- (1) Talasemia
  - (2) Anemia sel sabit
  - (3) Sindrom Down
23. Golongan darah berikut yang tidak mungkin dimiliki anak hasil perkawinan ayah bergolongan darah AB dan ibu bergolongan darah O adalah ... (asumsikan tidak ada kelainan)
- (1) O
  - (2) AB
  - (3) B
24. Produk berikut yang merupakan hasil bioteknologi konvensional adalah ...
- (1) Domba Dolly
  - (2) Vaksin
  - (3) Antibiotik
25. Kelainan berikut yang diturunkan secara autosomal dominan adalah ...
- (1) *Huntington's disease*
  - (2) Brakidaktili
  - (3) Akondroplasia
26. Hewan berikut yang melangsungkan fertilisasi eksternal adalah ...
- (1) Ikan
  - (2) Katak
  - (3) Buaya

27. Misalnya alel warna biji kuning (K) dominan terhadap hijau (k), sementara alel bentuk biji bulat (B) dominan terhadap biji keriput (b). Kemungkinan fenotip individu yang dihasilkan dari silang uji tanaman berbiji bulat kuning homozigot adalah ...
- (1) Tanaman berbiji bulat hijau
  - (2) Tanaman berbiji keriput kuning
  - (3) Tanaman berbiji bulat kuning
28. Kelainan genetik pada manusia dapat disebabkan oleh ...
- (1) Mutasi
  - (2) Perubahan jumlah kromosom
  - (3) Perubahan struktur kromosom
29. Berikut ini yang merupakan organ reproduksi dalam wanita adalah ...
- (1) Vulva
  - (2) Uterus
  - (3) Oviduk
30. Lonjakan hormon berikut yang dihasilkan ovarium ...
- (1) Estrogen
  - (2) Progesteron
  - (3) LH

\*\*\*