

A. Molekul yang Mendasari Pewarisan Sifat

Ayo, Kita Pelajari



- Materi genetik
- Struktur DNA dan RNA
- Peranan materi genetik dalam penentuan sifat



Istilah Penting

- DNA
- Gen
- RNA
- Alela
- Kromosom
- Kariotipe
- Dominan
- Resesif
- Genotipe
- Fenotipe
- Haploid
- Diploid

Mengapa Penting?



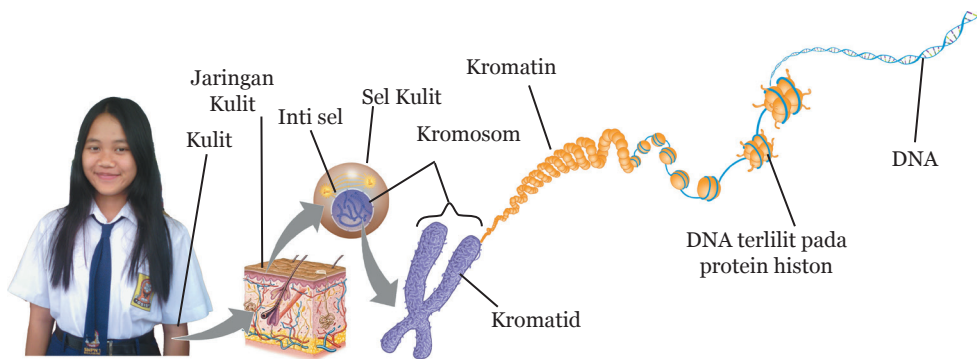
Untuk membantu kamu memahami cara penurunan sifat pada makhluk hidup dan pemanfaatannya untuk pemuliaan tanaman.

1. Materi Genetik

Materi genetik memegang peranan penting dalam proses pewarisan sifat. Warna kulit, bentuk rambut, bentuk hidung, atau bahkan beberapa jenis penyakit tertentu tidak serta-merta dimiliki oleh seseorang. Setiap ciri atau sifat yang ada pada setiap orang adalah warisan dari orang tua yang diwariskan melalui materi genetik. Ayah akan mewariskan materi genetiknya melalui sel sperma, sedangkan ibu akan mewariskan materi genetik melalui sel ovum. Materi genetik dari ayah dan ibu akan bergabung melalui proses fertilisasi. Oleh karena adanya penggabungan materi genetik inilah, pada dirimu muncul beberapa ciri yang mirip dengan ayah dan beberapa ciri yang mirip dengan ibu.

Apa sebenarnya materi genetik tersebut? Molekul yang berperan sebagai materi genetik adalah asam nukleat. Ada dua macam asam nukleat yang berperan sebagai materi genetik yaitu **DNA** (*deoxyribonucleic acid*) dan **RNA** (*ribonucleic acid*). Pada suatu untai DNA terdapat unit yang memengaruhi sifat atau yang menentukan ciri setiap makhluk hidup yang disebut **gen**. Tahukah kamu di manakah DNA berada? Perhatikan Gambar 3.2!

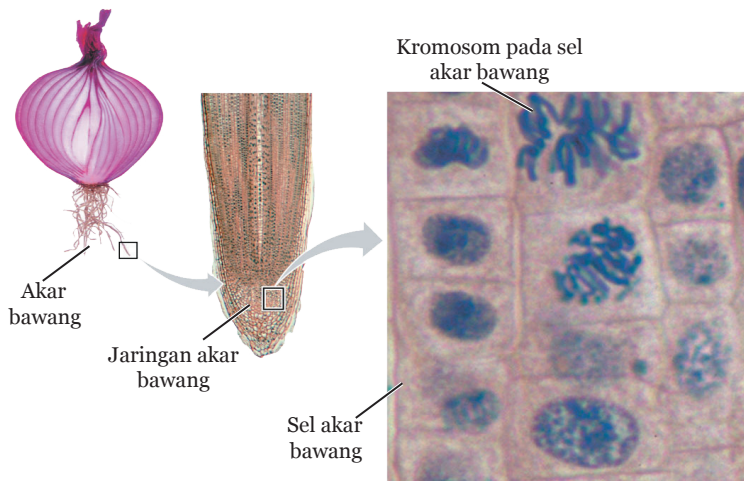




Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.2 Gambaran Untaian Molekul DNA pada Suatu Sel

DNA terletak di dalam inti sel. Namun, adapula DNA yang tidak terdapat di dalam inti sel. DNA merupakan untaian yang sangat panjang. DNA melilit pada protein yang disebut protein **histon**. Seluruh untaian DNA tersebut dikenal dengan **kromosom**. Pada saat sel akan membelah, kromosom memadat sehingga lebih mudah diamati. Oleh karena itu, kita dapat melihat struktur kromosom pada saat sel akan membelah. Sebagai contoh kamu dapat melihat kromosom dengan jelas pada sel akar bawang merah pada Gambar 3.3.

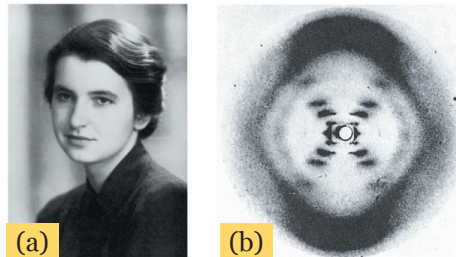


Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.3 Kromosom dapat Terlihat pada Sel-sel Akar Bawang yang Mengalami Pembelahan

2. Struktur DNA dan RNA

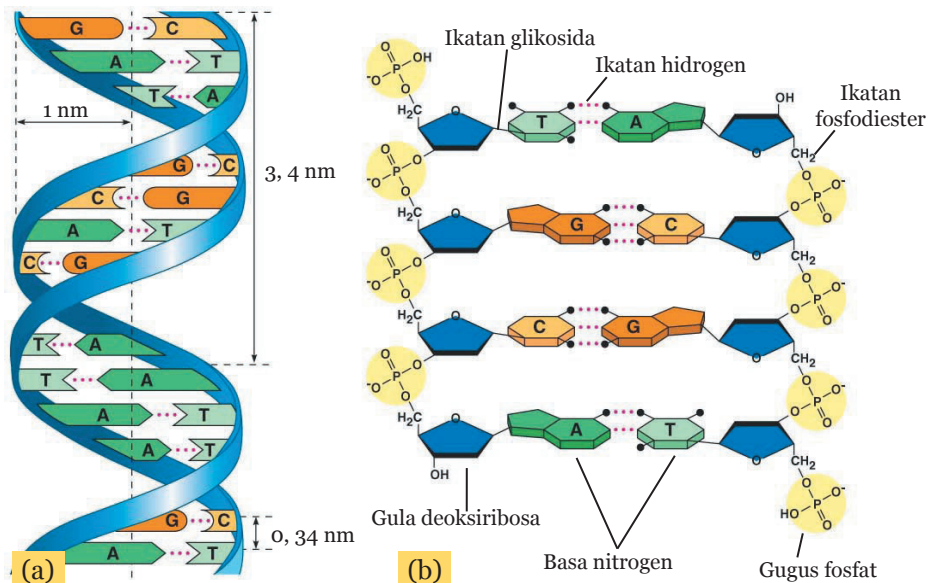
Penemuan struktur DNA tak lepas dari penelitian dari Maurice Wilkins dan Rosalind Franklin yang menggunakan teknik kristalografi (difraksi) sinar-X untuk mempelajari struktur DNA pada tahun 1950 hingga 1953.



Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 3.4. (a) Rosalind Franklin, (b) Foto DNA dari Hasil Difraksi Sinar-X.

Berdasarkan penelitian Rosalind Franklin, pada tahun 1953, Frances Crick dan James Watson mengemukakan bahwa DNA memiliki struktur seperti suatu untai ganda yang membentuk heliks atau bentuk ulir. Perhatikan Gambar 3.5!



Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 3.5 Struktur Molekul DNA (a) Struktur Heliks, (b) Struktur Kimia Parsial DNA

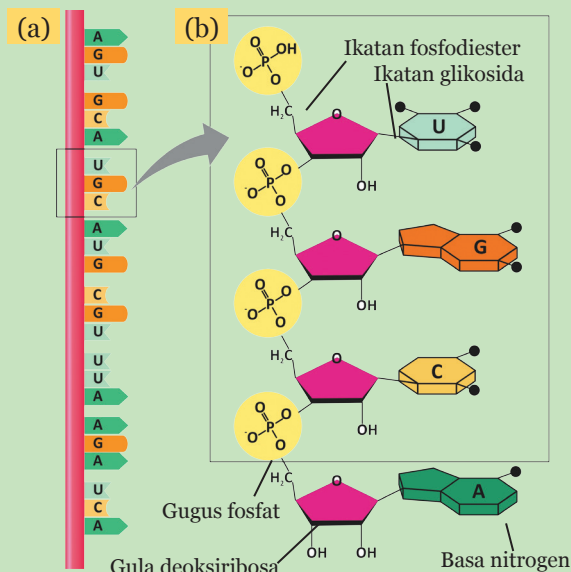


Asam nukleat baik DNA maupun RNA terdiri dari subunit **nukleotida**. Masing-masing nukleotida tersusun atas gugus fosfat, gula, dan basa nitrogen. Pada DNA, gulanya berupa gula deoksiribosa, sedangkan pada RNA gulanya adalah gula ribosa. Nukleotida ini dapat dibagi menjadi struktur yang lebih kecil disebut **nukleosida**. Satu unit nukleosida tersusun atas gula dan basa nitrogen (tanpa gugus fosfat). Ada empat senyawa **basa nitrogen** yang menyusun DNA yaitu **adenin** (A) yang selalu berpasangan dengan **timin** (T), serta **guanin** (G) yang selalu berpasangan dengan **sitosin** (C). Basa nitrogen adenin dan guanin dikelompokkan dalam **basa purin**, sedangkan timin dan sitosin dikelompokkan dalam **basa pirimidin**. Pada RNA tidak terdapat basa nitrogen timin (T). Basa nitrogen timin ini pada RNA digantikan oleh basa nitrogen **urasil** (U). Tahukah kamu, struktur heliks DNA terbentuk karena adanya beberapa jenis ikatan kimia. Antara untai DNA diikat oleh ikatan hidrogen. Antara basa nitrogen dan gula diikat oleh ikatan glikosida, sedangkan antar nukleotida dihubungkan dengan ikatan fosfodiester.



Ayo, Kita Cari Tahu

Perhatikan struktur RNA pada Gambar 3.6!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.6 (a) Struktur Untai Tunggal Molekul RNA, (b) Struktur Kimia RNA



Bersama kelompokmu, coba kamu bandingkan struktur DNA pada Gambar 3.5 dengan struktur RNA pada Gambar 3.6. Selain memiliki struktur yang berbeda, DNA dan RNA memiliki perbedaan komponen penyusun, fungsi, dan jumlah. Bersama kelompokmu, coba kamu cari tahu apa saja perbedaan DNA dan RNA!



Tahukah Kamu?

Cabang ilmu biologi yang mempelajari materi genetik terkait dengan struktur, ekspresi, perubahan, keberadaannya dalam populasi, serta proses rekayasanya disebut **Genetika**.

3. Peranan Materi Genetik dalam Penentuan Sifat

Setelah memahami struktur DNA, tentu kamu ingin mempelajari lebih lanjut tentang bagaimana salah satu peran materi genetik yang terkait penentuan sifat bukan? Untuk lebih memahami pengaruh materi genetik terhadap ciri setiap makhluk hidup, ayo kita lakukan Aktivitas 3.1 berikut!



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 3.1 Mengidentifikasi Sifat-sifat Anggota Keluarga

Apa yang akan kamu lakukan?

Pada kegiatan ini, kamu akan mengidentifikasi ciri apa saja yang ada pada anggota keluargamu. Masing-masing ciri tersebut dikode oleh suatu gen yang terkandung dalam DNA.

Apa yang kamu perlukan ?

Foto anggota keluarga lengkap (ayah, ibu, kakak atau adik, kamu)



Apa yang harus kamu lakukan?

1. Buatlah kelompok dengan anggota empat orang.
2. Perhatikanlah foto anggota keluargamu masing-masing.
3. Tulislah pada tabel yang disediakan ciri apa saja yang dapat kamu temukan pada anggota keluargamu.
4. Kamu boleh bertanya kepada orang tuamu untuk melengkapi data yang kamu perlukan.
5. Selanjutnya kamu dapat bertanya kepada anggota dalam kelompokmu mengenai ciri keluarganya sesuai dengan pertanyaan yang tersedia

Tabel 3.1 Ciri Tubuh Anggota Keluarga

No	Ciri	Ayah	Ibu	Kamu	Adik	Kakak
1	Warna Kulit					
2	Bentuk wajah					
3	Ukuran mata					
4	Postur tubuh					
5	Perlekatan cuping telinga					
6	Warna iris mata					
7	Ketebalan alis					
8	Bentuk hidung					
9	Bentuk rambut					
10	Kemampuan menyatukan lidah (membentuk huruf O)					
11	Lekukan pada pipi saat senyum					
12	Kebiasaan penggunaan tangan					
13	Bintik-bintik pada muka					
14	Jenis ibu jari					



Kamu dapat mengisi tabel di atas dengan menggunakan ciri berikut.

Tabel 3.2 Keterangan Ciri Tubuh Anggota Keluarga

No	Ciri	Keterangan Pilihan
1	Warna Kulit	Kuning langsung, putih, sawo matang, hitam
2	Bentuk wajah	Bulat, lonjong
3	Ukuran mata	Bulat, sipit
4	Postur tubuh	Tinggi, gemuk, pendek, kurus
5	Perlekatan cuping telinga	Melekat, terpisah
6	Warna iris mata	Coklat, hitam, biru, hijau, kuning
7	Ketebalan alis	Tebal, tipis
8	Bentuk hidung	Mancung, pesek (tidak mancung)
9	Bentuk rambut	Lurus, bergelombang/ikal, keriting
10	Kemampuan menyatukan lidah (membentuk huruf O)	Bisa, tidak bisa
11	Ada tidaknya lekukan pada pipi saat senyum	Ada, tidak ada
12	Kebiasaan penggunaan tangan	Kanan, kiri (kidal)
13	Bintik-bintik pada muka	Ada, Tidak
14	Jenis ibu jari	Lurus, bengkok

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Apa saja ciri dari ayah yang muncul padamu?
2. Apa saja ciri dari ibu yang muncul padamu?
3. Adakah sifat pada dirimu yang merupakan gabungan dari kedua orang tuamu? Kalau ada, sebutkan!
4. Adakah teman sekelasmu yang jenis cuping kedua orang tuanya melekat? Apa jenis cuping telinga temanmu, kakak temanmu, atau adik temanmu?
5. Adakah teman sekelasmu yang jenis cuping kedua orang tuanya terpisah? Apa jenis cuping telinga temanmu, kakak temanmu, atau adik temanmu?
6. Adakah teman sekelasmu yang ayahnya memiliki cuping telinga melekat sedangkan ibu memiliki cuping telinga yang terpisah atau sebaliknya? Apa jenis cuping telinga temanmu, kakak temanmu, atau adik temanmu?

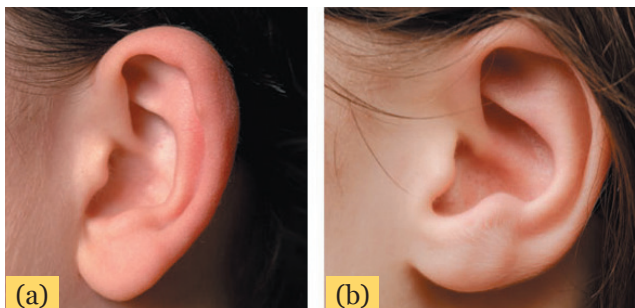


7. Adakah teman sekelasmu yang ayahnya memiliki rambut yang keriting sedangkan ibu memiliki rambut yang lurus atau sebaliknya? Apa bentuk rambut temanmu?
8. Coba diskusikan dengan teman sebangkumu, mengapa pada beberapa bagian tubuhmu memiliki ciri mirip ayah dan pada beberapa bagian yang lain mirip ciri dari ibu?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan Aktivitas 3.1, tentu kamu akan semakin memahami bahwa ciri dari orang tua diturunkan pada anaknya. Kamu juga dapat melihat bahwa jika orang tua memiliki jenis cuping telinga yang melekat, maka semua anaknya juga memiliki jenis cuping telinga yang melekat. Jika salah satu dari orang tua memiliki jenis cuping telinga yang terpisah, maka semua anaknya memiliki jenis cuping telinga yang terpisah, tetapi ada juga kejadian salah satu anaknya memiliki jenis cuping telinga yang melekat. Agar kamu dapat memahami bagaimana sebenarnya bentuk jenis cuping telinga melekat dan jenis cuping telinga yang terpisah perhatikan Gambar 3.7.



Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 3.7 Tipe Perlekatan Cuping Telinga (a) Terpisah (Memiliki *Gen GG* atau *Gg*), (b) Melekat (Memiliki *Gen gg*)

Berdasarkan Gambar 3.7, kamu juga dapat melihat bahwa ketika ada ciri jenis cuping terpisah, maka hampir semua anaknya memiliki jenis cuping yang terpisah, sedangkan yang memiliki sifat cuping melekat hanya sedikit. Dalam pewarisan sifat dikenal istilah **sifat dominan** dan **sifat resesif**. Sebagai contoh, karakter jenis cuping yang terpisah

dapat dikatakan mampu menutupi atau mengalahkan ciri jenis cuping telinga melekat. Karakter yang mampu mengalahkan atau menutupi karakter yang lain disebut **sifat dominan**. Karakteristik yang kalah (dalam fenomena ini karakter cuping melekat) disebut **sifat resesif**.

Gen bertanggung jawab atas sifat suatu organisme. Gen dapat dilambangkan dengan huruf tertentu. **Gen dominan** dapat ditulis dengan huruf kapital, sedangkan **gen resesif** ditulis dengan huruf biasa (kecil). Karakter cuping yang terpisah dikode oleh *gen G* (dominan) sedangkan karakter cuping yang melekat dikode oleh *gen g* (resesif). Variasi atau bentuk alternatif dari suatu gen (dalam hal ini yaitu *gen G* dan *gen g*) disebut **alela**.

Kamu tentunya dapat melihat secara langsung ciri atau sifat yang ada pada tubuhmu atau temanmu yang merupakan perwujudan dari gen bukan? Sifat-sifat atau ciri yang dapat diamati seperti bentuk rambut, warna kulit, dan jenis cuping telinga disebut **fenotipe**. Fenotipe merupakan perwujudan “ekspresi” dari gen. Akan tetapi, perlu kamu ketahui bahwa tidak semua fenotipe dapat dengan mudah diamati secara langsung menggunakan mata. Ayo, coba sebutkan fenotipe apa saja yang sulit diamati oleh mata!

Selain morfologi makhluk hidup yang dapat diamati, fisiologi dan tingkah laku juga merupakan fenotipe. Setiap fenotipe dikendalikan oleh genotipe. **Genotipe** adalah keseluruhan informasi genetik dari suatu individu. Tentu kamu tahu bahwa manusia berdasarkan jenis kelaminnya dibedakan menjadi jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Ayo, kita pikirkan, apakah ada gen atau kromosom yang berperan dalam menentukan jenis kelamin tersebut? Untuk menjawabnya ayo, kita lakukan Aktivitas 3.2.

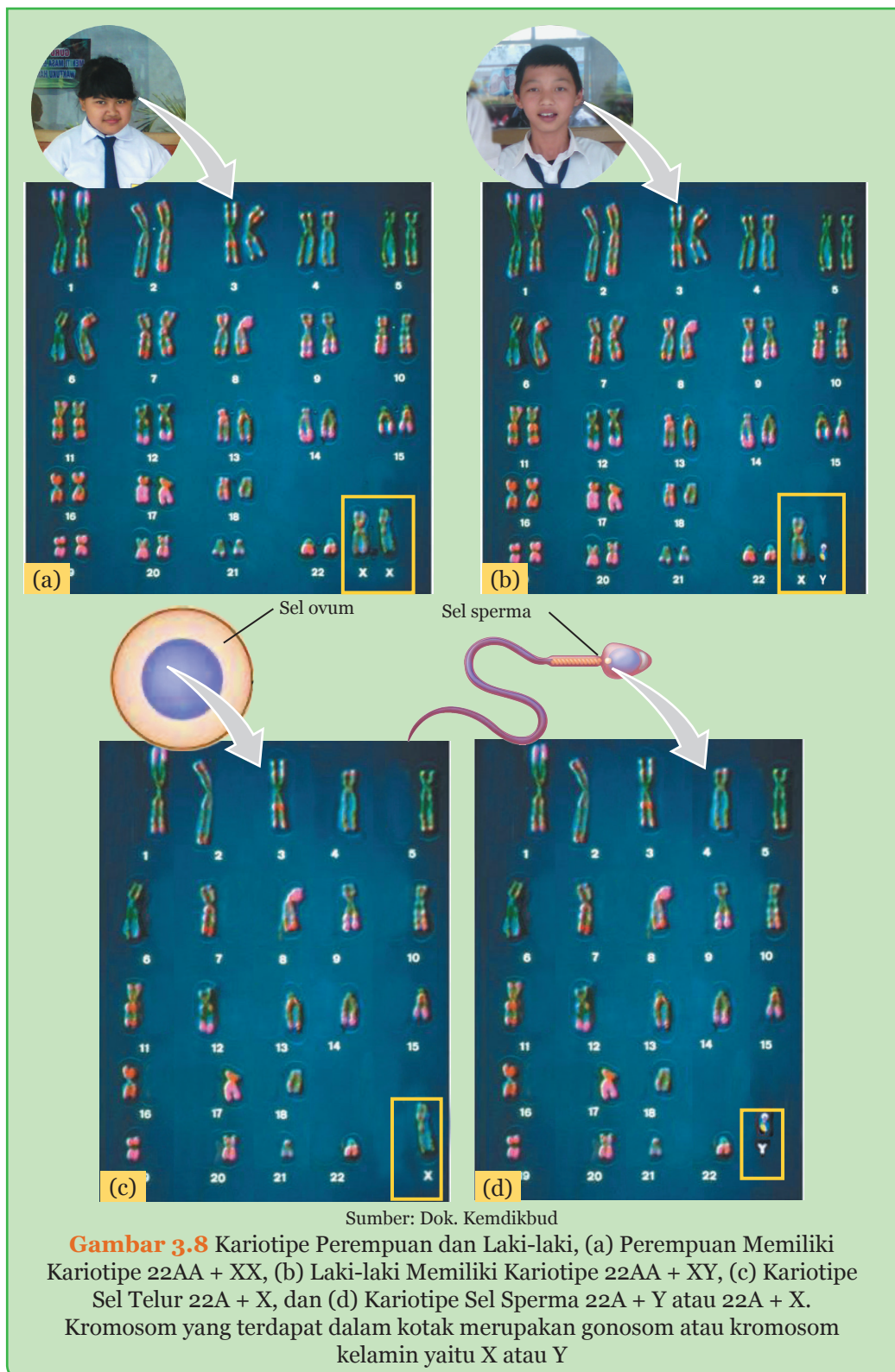


Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 3.2 Mengidentifikasi Kromosom Laki-Laki dan Perempuan

Perhatikanlah Gambar 3.8! Gambar 3.8 menunjukkan foto dari kromosom-kromosom yang menyusun sel-sel tubuh (sel somatik) manusia dan kromosom pada sel kelamin (sel gamet). Susunan kromosom pada sel-sel yang sudah diurutkan berdasarkan ukuran dan bentuknya tersebut disebut dengan **kariotipe**.





Dari kariotipe tersebut coba jawablah pertanyaan berikut.

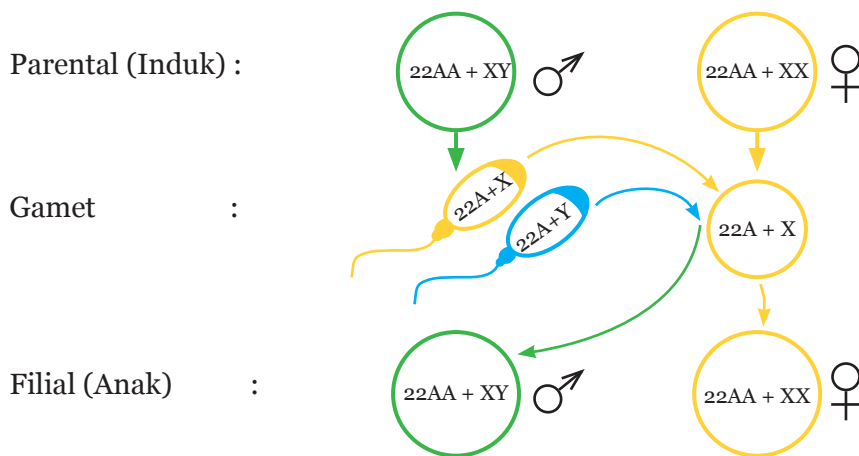
1. Berapakah jumlah kromosom penyusun sel tubuh manusia?
2. Apakah kromosom-kromosom tersebut berpasangan?
3. Adakah perbedaan kromosom penyusun tubuh perempuan dan laki-laki? Kalau ada, apa perbedaannya? Untuk mempermudah menjawab pertanyaan ini, perhatikan kromosom yang terdapat di dalam kotak!
4. Berapa jumlah kromosom pada sel sperma?
5. Apakah kromosom sel sperma dan sel ovum dalam keadaan berpasangan?

Susunan kromosom pada sel penyusun tubuh berbeda dengan susunan kromosom pada sel kelamin (sel telur atau ovum dan sel sperma). Kromosom pada sel tubuh susunannya berpasangan (Gambar 3.8a dan 3.8b). Keadaan kromosom yang berpasangan disebut dengan **diploid** (di = dua), sedangkan susunan kromosom pada sel kelamin tidak berpasangan dan disebut dalam keadaan **haploid** (Gambar 3.8c dan 3.8d). Keadaan diploid ditulis dengan simbol $2n$ dan keadaan haploid ditulis dengan simbol n , sehingga kromosom sel kelamin jumlahnya setengah dari kromosom sel tubuh.

Jumlah kromosom sel tubuh manusia sebanyak 23 pasang. Pada keadaan diploid atau $2n$, jumlah kromosomnya $23 \times 2 = 46$ buah kromosom. Kromosom nomor 1 sampai nomor 22 disebut **autosom** (kromosom tubuh), sedangkan kromosom nomor 23 disebut **gonosom** (kromosom kelamin). Kromosom nomor 23 (gonosom) inilah yang membedakan kamu laki-laki atau perempuan. Pada biologi, laki-laki diberi simbol ♂ (atau jantan pada hewan dan tumbuhan), dan perempuan diberi simbol ♀ (atau betina pada hewan dan tumbuhan).

Penulisan kromosom kelamin atau gonosom laki-laki ditulis dengan pasangan huruf XY dan untuk perempuan ditulis dengan pasangan huruf XX. Kariotipe atau susunan kromosom laki-laki dapat ditulis dengan rumus $22AA + XY$ dan untuk perempuan ditulis dengan rumus $22AA + XX$. Pada sel kelamin, kromosom tidak dalam keadaan berpasangan (haploid), sehingga kariotipe sel kelamin jantan (sel sperma) adalah $22A + X$ atau $22A + Y$, sedangkan kariotipe sel kelamin betina (sel ovum) yaitu $22A + X$. Perhatikan Gambar 3.9!





Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 3.9 Diagram Kromosom Perkawinan Laki-Laki dengan Perempuan

Masih ingatkah kamu bahwa sel-sel sperma ada yang mengandung kromosom kelamin Y dan ada yang mengandung kromosom kelamin X? Gen-gen pada kromosom kelamin Y memiliki peranan penting dalam menentukan jenis kelamin pada manusia. Pada sel ovum hanya terdapat autosom dan kromosom kelamin X saja. Jadi, ketika sel telur yang mengandung kromosom kelamin X bertemu dengan sel sperma yang mengandung kromosom kelamin X maka akan menghasilkan anak (keturunan) dengan jenis kelamin perempuan (XX). Jika sel telur yang mengandung kromosom kelamin X bertemu dengan sel sperma yang mengandung kromosom kelamin Y maka akan menghasilkan anak (keturunan) dengan jenis kelamin laki-laki (XY). Keturunan dalam proses pewarisan sifat dapat disebut dengan **filial** (F), sedangkan orang tua atau induk disebut dengan **parental** (P).