

BAB VIII PEWARISAN SIFAT (GENETIKA)

A. KOMPETENSI DASAR

Setelah selesai membahas bab ini diharapkan mahasiswa untuk dapat memahami manfaat genetika, hukum-hukum dasar genetika dan mekanisme pewarisan sifat.

B. STANDAR KOMPETENSI

1. Mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan arti dan pengertian genetika.
2. Mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan beberapa hukum dasar genetika..
3. Mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan cara mempelajari genetika
4. Mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan pengertian gen, kromosom, RNA dan DNA.
5. Mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan persilangan monohybrid dan dihibrid
6. Mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan beberapa manfaat mempelajari genetika.

C. URAIAN MATERI

1. Pengertian Genetika

Genetika berasal dari kata genos (latin) artinya suku bangsa atau asal usul. Gen = genom (Yunani) artinya jadi atau menjadi. Dalam arti bebasnya, ilmu yang mempelajari seluk beluk tentang turun menurunnya sifat-sifat induk (parental) kepada keturunannya.

Ilmu ini mempelajari tentang gen dan variasinya, termasuk pendukungnya berupa organel-organel sel yang lain. Bagaimana gen-gen diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya akan dibahas pada halaman 61 tentang pewarisan sifat. Genetika tidak cocok bila diterjemahkan dengan ilmu kekebalan, karena sebagaimana tampak pada generasi selanjutnya, tidak semua sifat itu muncul dan selalu dipertahankan (bersifat baku), melainkan selalu mengalami perubahan berangsur-angsur atau mendadak. Diketahui bahwa seluruh makhluk hidup yang ada di permukaan bumi ini mengalami evolusi, termasuk manusia. Evolusi ini terjadi karena perubahan bahan sifat keturunan dan dilaksanakan oleh seleksi alam.

Mengapa genetika menjadi bagian menarik dan penting bagi kehidupan ini, terutama bagi mereka yang bekerja di bidang biologi. Alasan yang penting dan mendasar yang dapat dikemukakan antara lain : karena bahan dasar genetika (gen) mengendalikan fungsi dari sel, menentukan pembawaan dan penampakan luar dari suatu organisme, serta merupakan perantara pada setiap generasi dari setiap species. Mempelajari dan mengetahui bagaimana proses-

proses tersebut berlangsung adalah sangat penting untuk mengerti kehidupan di dunia ini.

Perkembangan genetika pada tahun-tahun terakhir sangat pesat dan menantang para ahli genetika dan biologi. Diperkirakan bahwa penemuan-penemuan baru di bidang genetika terjadi setiap kurang dari lima tahun. Setiap penemuan baru inovasi dari penemuan sebelumnya dan menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut. Dengan mempelajari dan mengerti konsep-konsep dasar genetika mungkin kita dapat mengikuti dan bahkan melibatkan diri dalam perkembangan ini.

2. Manfaat Mempelajari Genetika

Perkembangan mutakhir dalam bidang genetika selalu diinformasikan melalui hampir semua masmedia. Luasnya jangkauan permasyarakatan kemajuan dalam bidang genetika, karena genetika merupakan suatu ilmu yang bagian-bagiannya dalam banyak hal mempunyai potensi menyentuh kehidupan masyarakat secara langsung, dari sumbangannya dalam memecahkan berbagai masalah kesehatan seperti kanker, sampai kemungkinan mewujudkan suatu dunia baru yang berani seperti bayi tabung atau bahkan sampai mempengaruhi evolusi masa depan spesies manusia.

Karena dampak potensial studi genetika sangat besar, sehingga setiap tamatan SLTP dianjurkan untuk memahami prinsip-prinsip dasar genetika. Di negara-negara yang telah maju, dirasakan bahwa genetika sudah mencakup bidang ilmu yang terlalu luas, sehingga timbul cabang genetika seperti : genetika sel (sitogenetika), genetika manusia, genetika mikrobial, genetika molekuler, genetika biokimia, eugenetika (yaitu genetika yang membahas usaha-usaha untuk mendapatkan keturunan yang lebih baik pada manusia), dan lain-lain.

Oleh karena itu manfaat yang telah dirasakan oleh manusia akibat kemajuan bidang genetika ini sangat besar sekali terutama dibidang pemuliaan tanaman, peternakan, perikanan dan bidang kedokteran.

3. Hukum-Hukum Dasar Genetika

Orang yang pertama mengadakan eksperimen tentang berbagai macam persilangan dengan menggunakan tanaman ercis (*Pisum sativum*) adalah Gregor Johan Mendel (1822-1884), seorang pastur dari Austria. Ia melakukan eksperimen pada tahun 1856 dan berakhir pada tahun 1868 terhadap kacang ercis. Ia memilih tanaman ini karena mempunyai beberapa sifat yang mudah diamati ;

- i. Mudah tumbuh dan siklus hidup yang tidak lama.
- ii. Dapat mengadakan penyerbukan sendiri dan dapat disilangkan.
- iii. Memiliki 7 sifat yang menyolok.
 1. mempunyai batang (tinggi/rendah)
 2. buah pada (sepanjang batang/di ujung batang)
 3. buah polong (penuh/berkeriput)

4. berwarna kuning/berwarna hijau pada polong
5. bulat/keriput pada biji.
6. berwarna kuning/berwarna hijau pada biji.
7. berwarna ungu/berwarna putih pada bunga.

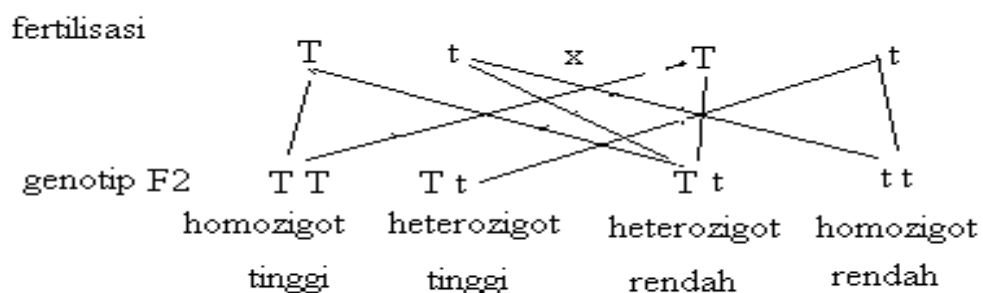
1. *Persilangan monohybrid*, Persilangan monohybrid adalah persilangan antara 2 individu yang mempunyai satu sifat beda. Misalnya tanaman ercis yang berbatang tinggi disilangkan dengan tanaman ercis yang berbatang rendah ($TT \times tt$). Ketika Mendel melakukan percobaan ini diperoleh pada hasil F1 (keturunan pertama) semuanya tinggi. Kemudian F1 dibiarkan menyerbuk sendiri maka dihasilkan F2 sebagai berikut. Dari 1064 tanaman yang dihasilkan terdapat 787 tanaman ercis berbatang tinggi dan 277 berbatang rendah. Perbandingan adalah 2.8 tinggi : 1 rendah atau dibulatkan menjadi 3 tinggi dan 1 rendah.

Skema persilangannya adalah:

Parental
 Fenotipe : tinggi x rendah
 Genotipe : $TT \quad tt$

Perbandingan gamet parental
 TT dan tt
 Gamet yang terbentuk hanya 2 macam
 Gamet parental T dan t
 Pembentukan gamet F1
 Tt dan Tt
 Gamet yang terbentuk
 $T \ t \ T \ t$

F1 (filial 1) = generasi pertama nya
 Adalah Tt (semuanya tinggi)

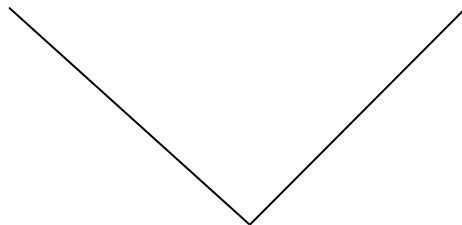


Dari hasil percobaan di atas, Mendel menarik kesimpulan bahwa pada waktu pembentukan gamet (serbuk sari dan sel telur) maka gen-gen yang menentukan suatu sifat mengadakan segregasi (pemisahan), sehingga setiap gamet hanya menerima sebuah gen saja. Oleh karena itu prinsip ini dirumuskan sebagai hukum Mendel I yang berbunyi : pada pembentukan gamet, gen yang merupakan pasangan akan disegregasikan ke dalam dua sel anak . Hukum Mendel I disebut juga , hukum pemisahan gen yang sealel (*The law of*

segregation of allelic genes) = hukum segregasi. Dengan ciri perbandingan pada F1 adalah 3 : 1.

2. *Persilangan dihibrida*. Dihibrida adalah persilangan antara 2 individu yang mempunyai 2 sifat beda, misalnya : sapi yang berwarna hitam dan tidak bertanduk dikawinkan dengan sapi berwarna merah dan bertanduk.

Fenotip : Hitam tak bertanduk Merah bertanduk
 Genotip BBPP bbpp.
 Gamet P BP bp



Generasi I
 | BpBp
 (hitam tak bertanduk)

gamet	BP	Bp	bP	bp
BP	BBPP 1	BBPp 2	BbPP 3	BbPp 4
Bp	BBPp 5	BBpp 6	BbPp 7	Bbpp 8
bP	BbPP 9	BbPp 10	bbPp 11	bbPp 12
Bp	BbPp 13	Bbpp 14	bbPp 15	Bbpp 16

Rasio genotip :

BBPP = 1 BBPp = 2,5 BbPP = 3,9
 BbPp = Bbpp = 6 Bbpp = 8,14
 4,7,10,13
 bbPp = 12,15 Bbpp = 16 bbPP = 11

Rasio fenotip :

Hitam tak bertanduk : 9 (1,2,3,4,5,7,9,10,13)
 Hitam bertanduk : 3 (6,8,14)
 Merah tak bertanduk : 3 (11,12,15)
 Merah bertanduk : 1 (16)

Dari hasil persilangan ini, Mendel berkesimpulan bahwa ketika pembentukan gamet, pasangan-pasangan alel berpadu secara bebas tidak saling mempengaruhi. Prinsip ini menyangkut 2 pasang alel atau lebih (dihibrid atau trihibrid) dan dikenal dengan hukum Mendel II yang berbunyi : bila dua individu berbeda satu sama lainnya dalam dua pasang sifat atau lebih, maka diturunkannya sifat yang sepasang tak bergantung dari pasangan sifat yang lain

hukum ini disebut dengan *The law of independent Assortment of genes* (Hukum perpaduan gen secara bebas).

4. Cara mempelajari penurunan sifat.

Berbagai metode yang telah digunakan oleh para ahli genetika untuk menelusuri berbagai sifat keturunan antara lain:

1. *Penyilangan eksperimental*, Metode ini banyak dilakukan untuk menemukan prinsip-prinsip dalam sifat keturunan, yaitu dengan cara menyilangkan organisme-organisme yang berbeda satu sama lain dan sifat-sifat menurun tertentu, yang diikuti tabulasi yang teliti dari keturunan yang dihasilkan, kemudian menganalisis hasilnya untuk mengetahui atau menentukan cara penurunan sifat tersebut. Ada 4 faktor utama yang harus diperhatikan dalam memilih organisme dalam penyilangan eksperimental yaitu :
 - a. siklus hidup yang pendek
 - b. jumlah keturunan yang besar
 - c. variasi dalam sifat yang menurun
 - d. kepraktisan dan ekonomis
2. *Analisis statistik*, Melalui penyilangan eksperimental kita mendapatkan hasil keturunan yang dapat kita pakai untuk menerapkan prinsip-prinsip analisis statistik, agar didapatkan gambaran mengenai mekanisme genetic yang berlaku. Metode ini dapat dilakukan dalam suatu studi apabila penyilangan eksperimental tidak dapat dilakukan.
3. *Silsilah keluarga*, Silsilah keluarga biasa dipakai untuk menyelidiki sifat genetik pada manusia dan hewan piaraan seperti anjing dan kuda. Jika seseorang mengidap cystic fibrosis, penyakit kerusakan pankreas dan selaput lendir saluran pencernaan, bias diselidiki apakah itu penyakit keturunan atau hanya kelainan patogenesis. Dengan cara menajaki riwayat hidup saudaranya, orang tuanya, kakek dan moyangnya dalam satu garis keturunan, apakah ada diantara mereka dahulu pernah terkena penyakit tersebut ? Beberapa penyakit tertentu seperti diabetes mellitus ada yang hereditas dan ada pula yang bukan. Dengan pemeriksaan silsilah keluarga ini dapatlah diantisipasi kemungkinan akan muncul.
4. *Sitologi*, Bidang genetika yang khusus mempelajari bahan sifat keturunan disebut sitogenetika. Ilmu ini mempelajari zat yang membina bahan genetik dengan mengamati sel yang menyimpannya, baik secara fisik maupun secara kimiawi.

Terdiri dari zat apakah kromosom itu, berapa jumlahnya pada setiap sel suatu spesies, zat-zat nutrisi apa yang diperlukan dari luar untuk pembiakan kromosom dsb.

Untuk bidang sitologi ini diperlukan peralatan yang canggih seperti mikroskop elektron, zat radio aktif, alat kultur jaringan, radio kromatografi serta perlengkapan tehnik mikroskop lainnya.

5. *Analisis Biokimia*, Dengan analisis biokimia dapat ditemukan susunan kimia dari kromosom serta gen yang terdapat pada kromosom. Misalnya mengapa reaksi fisiologis pada tubuh seorang albino berbeda dengan orang normal. Dengan analisis biokimia ini dapat diketahui bahwa pada orang albino tidak dijumpai suatu enzim yang memecah asam amino yang akan menghasilkan melanin yang membuat rambut hitam.

5. Materi Genetika

Dengan mikroskop berkemampuan perbesaran tinggi, yaitu mikroskop elektron maka bagian-bagian sel dapat tampak lebih jelas lagi. Kromosom tampak jelas pada inti sel waktu sel mengadakan pembelahan. Pengamatan pada salah satu fase pembelahan sel yaitu profase kromosom terdiri dari dua bagian yang sama dan terletak paralel satu sama lain. Bagian yang sama tersebut selanjutnya disebut dengan kromatid, yang dihubungkan satu sama lain oleh sentromer. Letak sentromer pada kromosom membagi kromosom menjadi dua lengan yang berbeda panjangnya.

Bila letak sentromer agak ke tengah, kromosom akan membentuk huruf V, dan bila letaknya lebih dekat pada salah satu ujung akan membentuk huruf J, dan bila letaknya dekat sekali dengan ujung, akan membentuk batang. Setiap jenis makhluk hidup cenderung memiliki jumlah kromosom yang sama dan tetap. Oleh karena kromosom itu berpasangan, maka dalam menyebut kromosom suatu jenis dipergunakan pula istilah pasang/pasangan. Manusia memiliki 46 kromosom (23 pasang), lalat buah (*Drosophila melanogaster*) mempunyai 8 kromosom (4 pasang), jagung mempunyai 20 kromosom (10 pasang).

Kromosom yang terdiri dari pasangan tadi disebut kromosom diploid ($2n$). kromosom diploid tersebut terdapat pada sel tubuh organisme. Pada sel kelamin (gamet) terdapat jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel tubuh atau disebut pula kromosom haploid (n). Sebagai contoh : lalat buah dengan kromosom 8 buah, dan pada gamet terdapat 4 kromosom.

Pada kromosom terdapat materi genetik yang disebut gen, yang mempunyai peran dalam penentuan sifat individu. Setiap gen mempunyai tempat (locus) tertentu pada kromosom homolog. Pada lalat buah misalnya terdapat sebuah gen yang berperan untuk membentuk sayap dan diketahui dan diketahui terletak sepertiga dari ujung sebuah kromosom dari kromosom nomor 2. karena berpasangan maka terdapat juga gen lain yang berperan untuk membentuk sayap pada tempat yang sama pada kromosom nomor 2. Kedua gen tersebut berperan sama, yaitu untuk membentuk sayap. Akan tetapi sifat sayap yang dibentuk dari kedua gen itu berbeda. Salah satu gen akan membentuk sayap normal dan gen lainnya akan membentuk sayap tak normal. selanjutnya gen yang membentuk sayap normal diberi simbol Vg , bersifat dominant terhadap gen resesif yang membentuk sayap tak normal,

yang diberi symbol vg. Gen Vg dan vg kita sebut alela, karena mempunyai tempat yang sama pada kromosom homolog.

Analisis secara kimia dari sel menunjukkan bahwa dalam sel terdapat senyawa-senyawa organik seperti karbohidrat, lemak protein dan asam nukleat. Ada dua macam asam nukleat yaitu :

1. Asam Deoksiribonukleat (ADN)
2. Asam Ribonukleat (ARN)

Susunan kimia ADN terdiri dari : basa nitrogen, gula deoksiribosa dan fosfat. Basa nitrogen terdiri dari dua jenis : purin dan pirimidin. Purin terdiri dari dua macam yaitu Adenin dan Guanin. Pirimidin terdiri dari : Timin, Urasil dan Sitosin. Basa nitrogen yang terdapat dalam ADN terdiri dari Adenin, Sitosin, Timin dan Guanin. Sedangkan yang terdapat pada ARN adalah : Adenin, Guanin, Sitosin dan Urasil. Disini terdapat perbedaan kandungan basa nitrogen antara ADN dan ARN, yaitu pada ADN terdapat Timin sedangkan pada ARN tidak terdapat Timin melainkan Urasil.

Pada ADN setiap purin dan pirimidin terikat pada gula deoksiribosa pada sebuah fosfat. Unit ini disebut sebagai sebuah nukleotida. Nukleotida-nukleotida tersebut saling terikat satu sama lain membentuk sebuah rantai *polinukleotida*, dimana gula dari salah satu akan membentuk sebuah rantai.

Hubungan antara nukleotida pada rantai nukleotida mempunyai pola hubungan tertentu, karbon ke-3 (tanda 3') dari gula deoksiribosa salah satu nukleotida akan tertarik pada fosfat, yang selanjutnya akan terikat pada karbon ke-5 dari gula deoksiribosa pada nukleotida lainnya.

6. Mekanisme Penurunan Sifat.

Telah diketahui bahwa kromosom yang terdapat pada inti sel mengandung pembawa sifat yang disebut gen (istilah ini disebut faktor pada jaman Mendel). Untuk menjelaskan bagaimana mekanisme penurunan suatu sifat dari generasi ke generasi selanjutnya, maka perlu pengamatan tingkah laku kromosom pada waktu pembelahan sel (mitosis dan meiosis) dan peristiwa pembuahan.

Mitosis, Seperti telah diketahui bahwa makhluk hidup dalam kehidupannya mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan berarti ada penambahan sel-sel tubuh, sehingga makhluk hidup akan bertambah jumlah selnya, atau sel-sel itu bertambah dengan membelah diri. Sel-sel membelah selain untuk menambah jumlah sel sewaktu tubuh mengalami pertumbuhan, juga untuk mengganti sel-sel yang telah tua, rusak dan kadaluwarsa. Sel-sel anak yang dihasilkan dari pembelahan sel ini mempunyai susunan dan fungsi yang sama dengan sel induk.

Pembelahan sel terdiri dari dua bagian, yaitu mitosis dan meiosis. Mitosis disebut juga sebagai pembelahan inti, dapat dikatakan sebagai jalan atau cara dimana materi genetika yang terdapat pada kromosom, dibagikan sama kepada dua inti sel anak. Sitokenesis adalah pembelahan sitoplasma sel induk dan

memisahkan inti anak menjadi sel yang terpisah. Mitosis selalu diikuti dengan sitokenesis.

Mitosis merupakan suatu proses kontinyu yang dapat dibagi menjadi 4 fase utama ; profase, metafase, anafase, dan telofase, dimana setiap fase mempunyai bentuk dan tingkah laku kromosom yang khusus.

- 1. Profase,** Pada awal profase, kromosom secara bertahap tampak sebagai benang yang panjang tersebar tak teratur pada inti sel. Selama fase berlangsung, benang tadi memendek dan menebal dan kromosom tampak terdiri dari dua benang yang disebut kromatid. Kedua kromatid diikat satu sama lain oleh sebuah sentromer. Pada akhir profase, anak inti (nucleus) secara bertahap tidak tampak dan akhirnya akan hilang. Setelah itu selaput inti hilang dan merupakan tanda bahwa profase telah berakhir.
- 2. Metafase.** Metafase dimulai dengan tampaknya gelendong (spindle) yang tersusun sebagai benang gelendong (spindle fiber), yang terbentuk menghubungkan kedua kutub ini,. Saelama metafase, kromosom masing-masing terdiri dari dua kromatid, tersusun sedemikian rupa sehingga setiap sentromer terletak pada bidang equator melekat pada benang gelendong. Beberapa benang gelendong terentang dari kutub ke kutub tanpa membawa kromosom melekat padanya. Bila semua kromosom telah bergerak ke bidang equator, sel-sel telah mencapai fase metafase penuh. Sekarang kedua kromatid siap untuk berpisah.
- 3. Anafase,** Selama anafase, kromatid dari setiap kromosom saling memisahkan diri dan membentuk kromosom anak. Kemudian sentromer membelah dan kedua kromosom anak akan saling berpisah yang kemudian menuju ke kutub yang berlawanan. Tampak disini bahwa benang gelendong seolah-olah menarik kromosom anak pada bagian sentromernya, menuju kutub. Pada akhir anafase, dua perangkat kromosom anak telah terpisah dan bergerak ke kutub yang berlawanan.
- 4. Telofase,** Selama telofase, pemisahan dua perangkat kromosom selesai dengan munculnya kembali selaput ini. Demikian pula anak inti terbentuk kembali. Pada fase ini kromosom mulai tidak tampak memanjang dan berubah menjadi benang tipis lagi. Bila proses ini selesai dan kromosom sekeliling menghilang, berarti mitosis telah selesai dan dua anak inti memasuki interfase, yang kemudian akan mengalami mitosis lagi pada suatu saat.

Lamanya mitosis sangatlah beranekaragam, tergantung jaringan dan jenis mahluk hidup. Akan tetapi secara umum diketahui bahwa profase merupakan fase yang terlama, sedangkan anafase merupakan fase yang terpendek. Penelitian pada ujung akar bawang merah menunjukkan waktu yang relatif berbeda-beda dari setiap fase. Profase berlangsung antara 1 sampai 2 jam, metafase 5 sampai 15 menit, anafase 2 sampai 10 menit dan telofase antara 10 sampai 15 menit.

Fase interfase merupakan fase diantara 2 mitosis yang sering disebut dengan fase istirahat. Pada fase ini kegiatan sel sangat aktif. Interfase dapat dibagi menjadi 3 periode yaitu periode G1, periode S dan periode G2 (G = gap) yang semuanya berlangsung dalam siklus mitosis membentuk daur sel. Periode G1 berlangsung setelah mitosis dan merupakan waktu untuk tumbuhnya materi sitoplasma. Periode S (sintesis) berlangsung setelah periode G1. setelah periode S, materi genetik (DNA) mengalami duplikasi. Periode selanjutnya adalah periode G2 dimana bagian-bagian yang terlibat pada mitosis seperti benang gelendong terbentuk.

b. Meiosis, Meiosis berlangsung pada sel-sel diploid ($2n$) yang akan menghasilkan sel-sel haploid (n), apakah itu gamet atau spora. Fase ini merupakan mekanisme dimana jumlah kromosom ($2n$) berkurang menjadi setengahnya sewaktu pembentukan gamet atau spora. Mengetahui tingkah laku kromosom selama meiosis sangatlah penting untuk mengetahui mekanisme pewarisan sifat.

Meiosis terdiri dari dua tingkat : meiosis I dan meiosis II dimana masing-masing tingkatan mengikuti fase-fase yang sama yaitu profase, metafase, anafase dan telofase.

c. Gametogenesis dan Fertilisasi, Pembentukan gamet pada hewan dan tumbuhan pada dasarnya sama yaitu melibatkan pembelahan mitosis dan meiosis. (bahasan materinya dapat anda ulangi kembali pada bab II halaman 14-16. Materi kuliah seri I. untuk mengetahui, bagaimana materi genetika itu diwariskan kepada anak generasi berikutnya melalui sel-sel gamet.