

Pembelajaran 6: Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup

Sumber: Modul PPG (Pendidikan Profesi Guru)

Modul 3, Kegiatan Belajar 3. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan

Penulis: Dr Martina Restuati, M. Si

A. Kompetensi

Setelah mempelajari materi Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan, kompetensi yang diharapkan dikuasai peserta adalah:

1. Memahami faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.
2. Memahami faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hewan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah melaksanakan pembelajaran, guru dapat menunjukkan beberapa indikator tentang Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan berikut ini.

1. Menjelaskan faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.
2. Menjelaskan faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.
3. Menjelaskan faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hewan.
4. Menjelaskan faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hewan.

C. Uraian Materi

1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan pada Tanaman

Sama halnya dengan semua organisme, pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan diatur oleh kombinasi faktor genetik dan pengaruh lingkungan. Hal ini berkenaan dengan karakteristik tumbuhan yaitu: 1) memiliki kemampuan merespon sejumlah sinyal dari lingkungan seperti fotoperiode, perubahan suhu, dan kelembaban; 2) memproduksi zat kimia pengatur tumbuh tumbuhan (hormon) sebagai mediator sinyal dari lingkungan; 3) memiliki kode gen enzim yang mengkatalis reaksi kimia untuk pertumbuhan dan perkembangan.

a) Faktor Dalam (Internal)

Faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan mencakup faktor genetik, epigenetik dan zat pengatur tumbuh.

1. Faktor genetik

Setiap tumbuhan terdiri dari miliaran sel. Dalam setiap sel terdapat satu set lengkap semua gen yang membentuk kode instruksi untuk suatu organisme. Kode gen tersebut berperan dalam menentukan fungsi dan sifat dari tumbuhan. Sebagai contoh, penemuan penting darai para ilmuwan tentang gen pada tumbuhan adalah gen yang terlibat dalam pembungaan pada tanaman.

Gen merupakan unit pewarisan sifat bagi organisme hidup. Bentuk fisiknya adalah urutan DNA penyandi protein, polipeptida atau seuntai DNA yang memiliki fungsi bagi organisme yang memilikinya. Pembahasan lebih dalam tentang gen akan Anda dapatkan pada modul 5. Gen merupakan faktor internal yang paling mendasar karena setiap makhluk hidup tentu saja memiliki gen yang berbeda. Sebagaimana telah Anda pelajari pada modul 1, keanekaragaman gen menghasilkan variasi seluruh sifat dari morfologi hingga seluruh proses fisiologi. Perbedaan variasi pengendali dasar sifat tumbuhan ini tentu mempengaruhi bagaimana pertumbuhan dan perkembangan suatu organisme.

2. Epigenetik

Penelitian pada sel menunjukkan, tidak hanya gen yang mempengaruhi ciri-ciri dan fungsi dari suatu organisme, tetapi juga “Epigenetik” atau faktor non-gen. Faktor-faktor epigenetik adalah suatu fitur dalam sel yang dapat diwariskan

ketika sel membelah tetapi mereka tidak merubah gen itu sendiri. Namun faktor epigenetik dapat memodifikasi perilaku gen. Faktor epigenetik memiliki peran penting dalam perkembangan tumbuhan. Epigenetik merupakan dasar untuk mengungkap seluk-beluk tentang bagaimana gen dan organisme bekerja. Faktor epigenetik yang dapat mempengaruhi perilaku gen meliputi: 1) Struktur kromatin “bagaimana posisi atau susunan DNA dalam kromatin”; 2) Metilasi DNA “mengubah gen off – on”; 3) Small RNA - terbuat dari DNA dan bisa mempengaruhi perilaku gen melalui berbagai cara.

3. Zat Pengatur Tumbuh (Hormon)

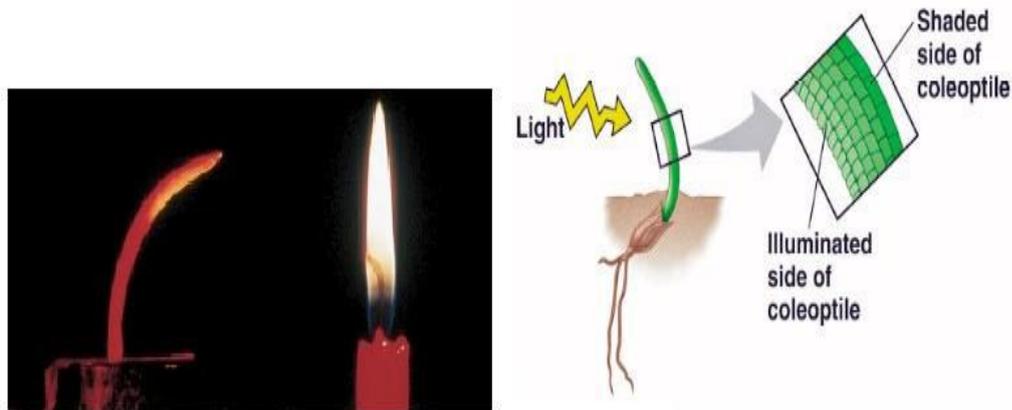
Telah Anda ketahui bahwa hormon merupakan zat kimia yang diproduksi oleh tumbuhan yang berperan dalam pola pertumbuhan dan pemeliharaan tumbuhan. Zat pengatur pertumbuhan mengendalikan kegiatan dengan mengirimkan sinyal kimia ke sel untuk melakukan sesuatu atau untuk tidak melakukan sesuatu, termasuk mengaktifkan gen yang mengkode enzim tertentu atau justru menghalangi transkripsi gen.

Pada kebanyakan kasus, hormon tumbuhan memiliki efek pada tumbuhan tergantung pada lokasi dan konsentrasi relatif hormon terhadap hormon lain dalam jaringan. Hormon tumbuhan bekerja dalam hubungannya dengan satu sama lain, dan memiliki efek yang saling mempengaruhi. Hormon juga bekerja karena ada pengaruh lingkungan (Taiz & Zeiger, 2006). Hormon tumbuhan, seperti halnya pada hewan, bekerja dalam konsentrasi yang sangat kecil. Akan tetapi tidak seperti hormon hewan yang bekerja sangat spesifik, satu jenis hormon tumbuhan dapat menghasilkan efek yang berbeda. Hormon-hormon tumbuhan yang telah dikenal pada saat ini meliputi auksin, giberelin, sitokinin, asam absisat, kalin, etilen, dan asam traumalin.

1. Auksin

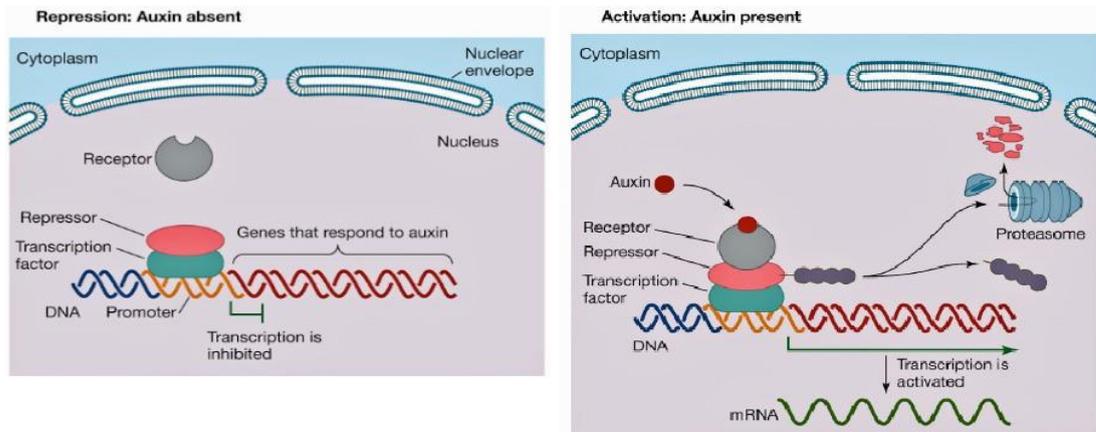
Hormon ini ditemukan pada titik tumbuh batang dan selubung daun pertama tanaman monokotil yang disebut koleoptil, ujung akar, serta jaringan yang masih bersifat meristematis. Konsep sinyal kimia pada tumbuhan dikemukakan pada tahun 1880 oleh Charles Darwin dan putranya Francis yang melihat fenomena fototropisme pada rumput. Tunas tumbuhan yang bersifat fototropis positif, ketika kecambah diterangi dari samping, tunas akan membelok ke arah cahaya. Menariknya, dalam penelitian mereka menemukan, jika koleoptil dari kecambah

gandum dihapus, tumbuhan tidak lagi melengkung menuju cahaya. Mereka melakukan sejumlah eksperimen dan menemukan bahwa suatu bahan kimia yang terletak di koleoptil berpindah ke daerah elongasi dan terjadi perbedaan pemanjangan dengan sel yang jauh dari sumber cahaya (Gambar 81).



Gambar 81. Pembengkokan arah pertumbuhan menuju cahaya (fototropisme) dipengaruhi oleh auksin. (sumber: Taiz & Zeiger, 2006)

Ditinjau secara kimia, auksin adalah asam indolasetat (IAA), yang disintesis dari indole atau triptofan, meskipun ada sejumlah auksin sintetik. Auksin memicu pertumbuhan pada konsentrasi 10^{-3} hingga 10^{-8} molar (Taiz & Zeiger, 2006). Gen-gen yang mengontrol aktifitas sel secara normal dikontrol oleh auksin (Gambar 90). Auksin berikatan dengan represor, yang mengaktifkan ubiquitin dan membentuk kompleks auksin-represor, selanjutnya kompleks dibawa ke proteasome dan mengalami degradasi. Setelah represor dihapus, terbentuk gen transkripsi untuk aktifitas tertentu sesuai yang diharapkan.



Gambar 82. Mekanisme auksin mempengaruhi gen (sumber: Taiz & Zeiger, 2006)

Auksin berperan dalam berbagai macam kegiatan tumbuhan diantaranya adalah:

1. Auksin memicu pemanjangan dan pembesaran sel.

Auksin berperan dalam mengaktifasi enzim yang melonggarkan ikatan serabut selulosa dinding sel sehingga sel dapat memanjang.

2. Dominansi apikal

Auksin diproduksi pada tunas apikal cenderung menghambat aktivasi tunas pada batang yang lebih rendah. Hal ini dikenal sebagai dominansi apikal. Auksin merangsang sintesis strigolaktone, hormon yang menekan pertumbuhan tunas lateral. Efek ini berkurang sesuai dengan jarak sel dari tunas pucuk.

3. Auksin terlibat dalam respon tropisme.

Fototropisme dan geotropisme, mempengaruhi hasil dari perpanjangan yang tidak sama yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi auksin dalam pemanjangan sel.

4. Auksin merangsang pertumbuhan sekunder.

Auksin menstimulasi sel kambium untuk membelah dan xilem sekunder agar terdiferensiasi. Selain itu penutupan luka jaringan diketahui dipicu oleh auksin ketika ada bagian ikatan pembuluh yang rusak.

5. Pembentukan akar adventif dan lateral

Auksin merangsang pembentukan akar yang tumbuh dari batang atau daun pada banyak spesies.

2. Giberelin

Giberelin pertama kali ditemukan di Jepang pada 1930 dari kajian terhadap tanaman padi yang sakit. Padi yang terserang jamur *Gibberella fujikuroi* tersebut tumbuh terlalu tinggi. Para ilmuwan Jepang mengisolasi zat dari biakan jamur tersebut. Zat ini dinamakan giberelin. Bentuk-bentuk giberelin diantaranya adalah GA3, GA1, GA4, GA5, GA19, GA20, GA37, dan GA38. Giberelin diproduksi oleh jamur dan tumbuhan tinggi. Giberelin disintesis di hampir semua bagian tanaman, seperti biji, daunmuda, dan akar.

Giberelin seperti halnya auksin memegang peranan penting dalam pertumbuhan batang menjadi terlalu panjang. Sebaris jagung kerdil dapat dibuat supaya tumbuh seperti jagung biasa dengan memberinya giberelin berkali-kali. Anehnya, pertumbuhan jagung biasa tidak dapat ditingkatkan dengan giberelin. Giberelin memiliki beberapa peranan, antara lain:

1. Memacu perpanjangan secara abnormal batang utuh.
2. Perkecambahan biji dan mobilisasi cadangan makanan dari endosperma untuk pertumbuhan embrio.
3. Perkembangan bunga dan buah.
4. Menghilangkan sifat kerdil secara genetik pada tumbuhan.
5. Merangsang pembelahan dan pemanjangan sel

3. Sitokinin

Sitokinin merupakan hormon tumbuh yang terdapat pada tubuh tumbuhan. Sitokinin dibentuk pada sistem perakaran. Kinetin merupakan sitokinin sintetik yang pertama ditemukan oleh Carlos Miller pada ikan kering. Setelah itu ditemukan senyawa sitokinin yang lain dalam endosperma cair jagung, yaitu zeatin. Sitokinin sintetik lainnya adalah BAP (6-benzilaminopurin) dan 2-ip.

Fungsi sitokinin adalah sebagai berikut:

1. Merangsang proses pembelahan sel.
2. Menunda pengguguran daun, bunga, dan buah.
3. Mempengaruhi pertumbuhan tunas dan akar.
4. Meningkatkan daya resistensi terhadap pengaruh yang merugikan, seperti suhu yang rendah, infeksi virus, pembunuh gulma dan radiasi.
5. Menghambat menguningnya daun dengan jalan membuat kandungan protein dan klorofil yang seimbang dalam daun (senescens).

4. Gas etilen

Tumbuh-tumbuhan menghasilkan gas etilen untuk merespons terhadap adanya stres (tekanan), seperti kekeringan, kebanjiran, tekanan kimia, luka dan infeksi. Etilen juga dihasilkan pada saat pemasakan buah atau untuk merespons terhadap peningkatan kadar auksin yang terlalu tinggi. Secara komersial, etilen dimanfaatkan untuk mempercepat pematangan buah.

Gas etilen juga menyebabkan pertumbuhan batang menjadi tebal dan kokoh. Di samping itu, bersama hormon lain akan menimbulkan reaksi yang karakteristik. Bersama auksin, gas etilen dapat memacu perbungaan mangga dan nanas. Bersama giberelin, gas etilen dapat mengatur perbandingan bunga jantan dan bunga betina pada tumbuhan berumah satu.

5. Asam absisat (ABA)

Hormon asam absisat (Abscisic acid) adalah hormon yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (inhibitor) yaitu bekerja berlawanan dengan hormon auksin dan giberelin dengan jalan mengurangi atau memperlambat kecepatan pembelahan dan pembesaran sel. Hormon asam absisat pertama kali ditemukan pada tahun 1960 dari sekelompok peneliti yaitu Davies dan kawan-kawan yang mempelajari perubahan pada senyawa kimia yang menyebabkan terjadinya dormansi pada kuncup, dan perubahan kimia saat daun-daun gugur. Hormon ini berfungsi untuk:

1. Mempertahankan masa dormansi, sehingga menghambat perkecambahan biji.
2. Mempertahankan diri jika tumbuhan berada pada lingkungan yang tidak sesuai antara lain saat kekurangan air, tanahnya bergaram, dan suhu dingin atau suhu panas.
3. Merangsang penutupan mulut daun (stomata) sehingga mengurangi penguapan.
4. Berperan dalam pembentukan zona absisi, sehingga menyebabkan pengguguran daun, bunga, dan buah.

Asam absisat akan aktif pada saat tumbuhan berada pada kondisi yang kurang baik, seperti pada musim dingin, musim kering, dan musim gugur. Mengapa asam absisat justru berperan pada saat tanaman berada dalam kondisi yang kurang baik? Pada saat tumbuhan mengalami kondisi yang kurang baik,

misalnya ketika kekurangan air di musim kering, maka tumbuhan tersebut mengalami dormansi yaitu daun-daunnya akan digugurkan dan yang tertinggal adalah tunas-tunasnya. Dalam keadaan demikian asam absisat terkumpul/terakumulasi pada tunas yang terletak pada sel penutup stomata, hal ini menyebabkan stomata menutup, sehingga penguapan air berkurang dan keseimbangan air di dalam tubuh tumbuhan terpelihara sehingga pertumbuhan tunasnya terhambat yang disebabkan melambatnya kecepatan pembelahan dan pembesaran sel-sel tunasnya.

6. Kalin

Kalin adalah hormon yang dapat merangsang pembentukan organ tubuh. Berdasarkan organ tumbuhan yang dibentuk, kalin dibedakan menjadi: (a) Kaulokalin, adalah hormon yang memiliki fungsi dalam merangsang proses pembentukan batang. (b) Rizokalin, adalah hormon yang berfungsi dalam merangsang pembentukan akar. (c) Filokalin, adalah hormon yang berfungsi merangsang dalam pembentukan daun. (d) Antokalin, adalah hormon yang merangsang pembentukan bunga.

7. Asam traumalin

Tanaman mampu memperbaiki kerusakan atau luka yang terjadi pada tubuhnya. Kemampuan tersebut dinamakan regenerasi (restitusi) yang dipengaruhi oleh hormon luka (asam traumalin). Hormon asam traumalin pertama kali dipelajari oleh Haberland dimana pada percobaan yang dilakukan dari jaringan tanaman yang dilukai lalu dicuci bersih, ternyata bekas bidang luka tidak membentuk jaringan baru, sedangkan pada jaringan luka yang dibiarkan terbentuk jaringan baru di dekat luka.

Peristiwa penutupan luka ini hanya terjadi pada tumbuhan dikotil. Pada tumbuhan monokotil tidak terjadi penutupan luka jika batang tumbuhan terluka. Coba perhatikan batang pohon kelapa yang sengaja dilukai saat membuat panjatan sebagai pegangan kaki, jaringan yang terluka tidak pernah tertutup kembali.

b) Faktor Luar (Eksternal)

Pernahkah Anda berpikir, mengapa petani-petani melakukan pengolahan tanah, merawat tanaman dengan pemupukan, pengairan, mencabuti tanaman gulma dan penyemprotan hama/penyakit? Kegiatan tersebut dilakukan agar tanaman itu dapat tumbuh dengan subur, sehingga dapat memberikan hasil yang optimal. Perlu Anda ketahui bahwa suatu tanaman dalam proses pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal.

Faktor eksternal merupakan sesuatu yang mempengaruhi pertumbuhan dan sumbernya berasal dari lingkungan. Faktor eksternal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, antara lain sebagai berikut.

1. Nutrisi

Ilmu nutrisi tanaman telah diterapkan sejak 160 tahun yang lalu berdasar eksperimen klasik Liebig, Lauwes, dan Gilbert. Ada banyak unsur yang diperlukan oleh tumbuhan. Seperti halnya makhluk hidup yang lain, tumbuhan memerlukan nutrisi atau makanan untuk hidupnya. Tumbuhan hijau mengambil nutrisi dari udara, air, dan dari dalam media tumbuhnya. Misalnya dari dalam tanah, nutrisi diambil dalam bentuk ion. Unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan dalam jumlah yang banyak disebut unsur makro (makronutrien) dan yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit disebut unsur mikro (mikronutrien). Sumber-sumber nutrisi bagi tumbuhan berupa zat-zat organik dan zat-zat anorganik. Perbaikan kesuburan tanah secara alami dengan pemupukan, baik menggunakan pupuk alami maupun pupuk buatan banyak dilakukan oleh para petani.

Disamping penambahan zat-zat organik dan zat-zat anorganik, nutrisi yang ada dalam tanah berasal dari hasil pelapukan mineral anorganik dan hasil biodegradasi bahan organik. Unsur-unsur yang telah tersedia dalam media tanam (misalnya tanah) tidak segera dapat dipergunakan oleh tumbuhan apabila faktor-faktor lain tidak terpenuhi, misalnya adanya mikroba dalam tanah. Unsur makro terdiri dari: C (karbon), H (hidrogen), O (oksigen), N (nitrogen), S (sulfur), P (fosfor), K (kalium), Mg (magnesium), dan Ca (kalsium). Unsur mikro terdiri dari: Cl (klor), Fe (besi), B (boron), Mn (mangan), Zn (seng), Co (koper), dan Mo (molibdeum). Tumbuhan yang kekurangan nutrisi padamedia tanamnya akan mengalami defisiensi. Apabila hal ini terjadi, maka pertumbuhan dan perkembangannya tidak sempurna.

Tabel 9 Fungsi nutrisi pada tumbuhan dan penyakit akibat kekurangan unsur makro

Unsur Makro	Fungsi	Penyakit Akibat
Karbon (C) Oksigen (O) Hidrogen (H)	Bahan dasar untuk fotosintesis	Pertumbuhan terhambat, metabolisme terhambat, dan tumbuhan akan mati
Nitrogen (N)	Komponen protein, asam nukleat, koenzim, dan klorofil	Pertumbuhan terhambat, daun yang muda berwarna hijau pucat, dan daun-daun yang tua berwarna kuning serta gugur (penyakit ini disebut klorosis)
Sulfur (S)	Komponen sebagian kecil asam amino	Daun berwarna hijau pucat atau terhambat kekuningan dan pertumbuhan
Kalium (K)	Mengaktifkan enzim, mengatur keseimbangan kelarutan air, dan mempengaruhi osmosis	Pertumbuhan lambat, daun-daun yang tua menggulung, terdapat bercak-bercak, tepi daun hangus, dan tumbuhan menjadi lemah/mudah roboh
Kalsium (Ca)	Mengatur beberapa fungsi sel dan menguatkan dinding sel	Daun-daun tidak terbentuk, tunas ujung mati dan pertumbuhan akar terhambat
Fosfor (P)	Komponen asam nukleat, fosfolipid, dan ATP	Berkas pembuluh berwarna keunguan, pertumbuhan terhambat, buah dan biji yang dihasilkan lebih sedikit
Magnesium (Mg)	Komponen klorofil dan mengaktifkan beberapa enzim	Klorosis dan daun-daun berguguran, pembelahan sel terganggu

Tabel 10 Fungsi nutrisi pada tumbuhan dan penyakit yang ditimbulkan akibat kekurangan unsur mikro

Unsur Makro	Fungsi	Penyakit Akibat
Klor (Cl)	Mengatur pertumbuhan akar dan batang, serta mengatur fotolisis	Layu, klorosis, dan beberapa daun mati
Besi (Fe)	Mengatur sintesis protein dan transpor elektron	Klorosis, dan terbentuk jalur-jalur berwarna kuning serta hijau pada
Boron (B)	Mengatur perkecambahan, pembungaan, pembuahan, pembelahan sel, dan metabolisme nitrogen	Pertumbuhan tunas terhenti, cabang-cabang lateral mati, daun menebal dan keriting serta menjadi rapuh
Mangan (Mn)	Sintesis klorofil dan pengaktifan koenzim	Berkas pembuluh berwarna gelap, tetapi warna daun memutih dan
Seng (Zn)	Mengatur pembentukan auksin, kloroplas, dan amilum, serta komponen enzim	Klorosis, daun berwarna merah tua dan akar abnormal
Tembaga (Cu)	Komponen beberapa enzim	Klorosis, bintik-bintik pada daun yang sudah mati, dan pertumbuhan terhambat
Molibdenum (Mo)	Bagian dari enzim yang digunakan dalam metabolisme nitrogen	Daun hijau pucat dan menggulung

2. Air

Air diperlukan tumbuhan dalam berbagai proses fisiologis. Tanpa air yang cukup tumbuhan akan mengalami banyak gangguan. Fungsi air bagi tumbuhan adalah sebagai berikut.

- Pelarut zat-zat yang diperlukan oleh tumbuhan.
- Bahan dasar untuk reaksi biokimia.
- Sebagai medium berlangsungnya reaksi metabolisme.
- Menjaga tekanan turgor dinding sel dan agar tidak kekeringan.
- Berperan dalam proses transportasi unsur hara dari tanah ke daun.

- Mengedarkan hasil fotosintesis keseluruh bagian tumbuhan.
- Untuk proses transpirasi (penguapan) dan fotosintesis

Jika kekurangan air, tumbuhan akan layu karena terjadi penurunan tekanan turgor pada sel-selnya. Air merupakan faktor eksternal yang juga sangat diperlukan dalam perkecambahan biji. Air digunakan saat masa perkecambahan untuk mengaktifkan enzim-enzim dalam biji. Ketiadaan air dapat menyebabkan perkecambahan biji tertunda (dormansi). Beberapa tumbuhan seperti Kaktus, melakukan adaptasi untuk mengatasi keterbatasan air. Kaktus yang ada di daerah gurun memiliki lapisan lilin untuk mencegah penguapan air terlalu cepat. Lapisan tersebut merupakan modifikasi dari jaringan epidermis. Anda sudah mempelajari modifikasi jaringan epidermis bukan? Coba ingat kembali.

3. Cahaya

Kualitas, intensitas, dan lamanya radiasi yang mengenai tumbuhan mempunyai pengaruh yang besar terhadap berbagai proses fisiologi tumbuhan. Cahaya mempengaruhi pembentukan klorofil, fotosintesis, fototropisme, dan fotoperiodisme. Efek cahaya meningkatkan kerja enzim untuk memproduksi zat metabolik untuk pembentukan klorofil. Sedangkan, pada proses fotosintesis, intensitas cahaya mempengaruhi laju fotosintesis saat berlangsung reaksi terang. Jadi cahaya secara tidak langsung mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena hasil fotosintesis berupa karbohidrat digunakan untuk pembentukan organ-organ tumbuhan.

Cahaya matahari juga dapat memicu pembentukan pigmen antosianin dan flavonoid yang memberikan warna pada bunga dan buah. Cobalah perhatikan dan bandingkan warna buah-buahan di pohon yang terkena cahaya matahari langsung dengan buah-buahan yang tersembunyi di balik daun-daunnya. Buah-buahan tersebut memiliki derajat warna yang berbeda.

Perkembangan struktur tumbuhan juga dipengaruhi oleh cahaya (fotomorfogenesis). Efek fotomorfogenesis ini dapat dengan mudah diketahui dengan cara membandingkan kecambah yang tumbuh di tempat terang dengan kecambah dari tempat gelap. Kecambah yang tumbuh di tempat gelap akan mengalami etiolasi (pertumbuhan tumbuhan yang lebih cepat jika berada di tempat yang gelap), kecambah tampak pucat dan lemah karena produksi klorofil terhambat oleh kurangnya cahaya. Sedangkan, pada kecambah yang tumbuh di

tempat terang, daun lebih berwarna hijau, tetapi batang menjadi lebih pendek karena aktifitas hormon pertumbuhan auksin terhambat oleh adanya cahaya. Bagaimana cara mengatur posisi tanaman yang tumbuh di dalam rumah? Tanaman yang tumbuh di dalam rumah sebaiknya diubah-ubah posisinya agar mendapatkan cahaya yang merata dan dapat tumbuh lurus ke atas.

Fotoperiodisme

Interval penyinaran sehari-hari terhadap tumbuhan mempengaruhi proses pembungaan. Lama siang hari di daerah tropis kira-kira 12 jam. Sedangkan, di daerah yang memiliki empat musim dapat mencapai 16 - 20 jam. Respon tumbuhan yang diatur oleh panjangnya hari ini disebut fotoperiodisme. Fotoperiodisme dipengaruhi oleh fitokrom (pigmen penyerap cahaya). Fotoperiodisme menjelaskan mengapa pada spesies tertentu biasanya berbunga serempak. Tumbuhan yang berbunga bersamaan ini sangat menguntungkan, karena memberi kesempatan terjadinya penyerbukan silang. Berdasarkan panjang hari, tumbuhan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

- a) Tumbuhan hari pendek, tumbuhan yang berbunga jika terkena penyinaran kurang dari 12 jam sehari. Tumbuhan hari pendek contohnya krisan, jagung, kedelai, anggrek, dan bunga matahari.
- b) Tumbuhan hari panjang, tumbuhan yang berbunga jika terkena penyinaran lebih dari 12 jam (14 - 16 jam) sehari. Tumbuhan hari panjang, contohnya kembang sepatu, bit gula, selada, dan tembakau.
- c) Tumbuhan hari sedang, tumbuhan yang berbunga jika terkena penyinaran kira-kira 12 jam sehari. Tumbuhan hari sedang contohnya kacang dan tebu.
- d) Tumbuhan hari netral, tumbuhan yang tidak responsif terhadap panjang hari untuk pembungaannya. Tumbuhan hari netral contohnya mentimun, padi, wortel liar, dan kapas.

Tumbuhan memiliki zat yang berfungsi mengontrol respon tumbuhan terhadap penyinaran yang disebut pigmen fitokrom. Pigmen ini sebenarnya adalah suatu protein yang mampu menyerap cahaya merah dan infra merah dari sinar matahari.

4. Suhu

Salah satu faktor yang mempengaruhi kerja enzim adalah suhu. Suhu yang kurang sesuai akan menyebabkan kerja enzim di dalam sel-sel kurang optimal sehingga proses metabolisme (seperti fotosintesis) akan terganggu. Suhu merupakan faktor eksternal dari lingkungan yang penting bagi tumbuhan karena suhu berhubungan dengan kemampuan tumbuhan dalam melakukan proses fotosintesis, translokasi, respirasi, dan transpirasi.

Tumbuhan memiliki suhu optimum yang ideal untuk dapat tumbuh dan berkembang. Suhu optimum merupakan suhu yang terbaik untuk pertumbuhan suatu jenis tanaman secara ideal. Selain suhu optimum, suatu tanaman juga memiliki batas suhu maksimum dan minimum yang bisa diterima olehnya. Suhu maksimum merupakan suhu paling tinggi yang memungkinkan tumbuhan masih dapat mempertahankan hidupnya. Suhu minimum merupakan suhu paling rendah yang memungkinkan tumbuhan masih dapat mempertahankan hidupnya. Sebagian besar tumbuhan memerlukan temperatur sekitar 10°C – 38°C untuk pertumbuhannya. Suhu optimum rata-rata tumbuhan adalah 40°C.

Apabila suhu lingkungan suatu tumbuhan di bawah suhu minimum, segala aktivitas fisiologi tubuhnya akan terhenti, dan ini disebut masa tidur (dormansi), keadaan ini terjadi pada beberapa tumbuhan pada musim dingin di negara-negara yang memiliki 4 musim.

5. Kelembapan

Tanah lembap sangat cocok untuk pertumbuhan, terutama saat perkecambahan biji. Hal ini karena tanah lembap menyediakan cukup air untuk mengaktifkan enzim dalam biji serta melarutkan makanan dalam jaringan. Tingkat pengaruh kelembapan udara atau tanah pada tumbuhan berbeda-beda. Ada tanaman yang membutuhkan kelembapan udara dan kelembapan tanah yang tinggi, misalnya lumut hati. Sebaliknya, ada juga tanaman yang tumbuh dengan baik pada dengan kelembapan udara dan tanah kelembapan rendah, misalnya *Aloe vera* (lidah buaya) dan beberapa jenis tanaman anggrek.

Kelembapan tanah dan kelembapan udara memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Tanah yang kaya humus mampu menyimpan air lebih banyak, sehingga tanaman tumbuh lebih baik. Tanaman yang tumbuh dengan baik menghasilkan seresah lebih banyak dan meningkatkan bahan organik

tanah. Udara mampu menyimpan air. Kadar air yang ada di udara disebut kelembaban udara. Kadar air di udara yang tinggi, berpeluang untuk menjadi awan dan hujan. Air hujan masuk ke dalam tanah dan akan disimpan dalam tanah, menjamin ketersediaan air bagi tumbuhan.

6. Ketersediaan oksigen

Oksigen diperlukan tumbuhan untuk bernapas. Tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, jika kebutuhan terhadap oksigen tercukupi. Kekurangan oksigen dapat merangsang produksi hormon etilen yang menyebabkan beberapa sel dalam korteks akan mengalami penuaan dan mati. Tumbuhan yang terlalu banyak disiram air akan kekurangan oksigen karena tanah kehabisan ruang udara penyedia oksigen. Tanah yang padat dan liat mengandung sedikit oksigen sehingga perlu dicampur dengan pencangkulan secara hati-hati agar akar tumbuhan dapat bernapas. Tumbuhan yang hidup di daerah yang kekurangan oksigen (misalnya di rawa-rawa), memiliki akar napas yang banyak seperti pada tanaman bakau (*Rhizophora sp.*).

7. Gravitasi

Bila cahaya akan mempengaruhi arah pertumbuhan tunas maka pengaruh bumi akan mempengaruhi pertumbuhan akar menuju pusat bumi. Arah gerak akar yang menuju pusat bumi disebut gravitropisme. Pertumbuhan pada tumbuhan memperlihatkan respons terhadap gravitasi. Pertumbuhan akar menunjukkan respons gravitasi positif sedangkan pertumbuhan tunas menunjukkan respon gravitasi negatif. Jika tumbuhan diletakkan pada posisi miring, tunas akan tumbuh membengkok ke atas dan akar akan tumbuh membengkok ke bawah. Tumbuhan mampu mengindra gravitasi karena adanya pengendapan statolit pada titik terendah sel tudung akar. Statolit adalah plastida khusus yang mengandung butiran pati padat. Pengendapan statolit pada titik terendah sel akan menyebabkan redistribusi auksin sel-sel yang berada di atasnya dan menyebabkan pemanjangan akar sehingga akar akan membengkok ke bawah.

8. pH (derajat keasaman)

Hujan asam dapat menambah keasaman tanah. Jika keadaan tanah terlalu asam, klorofil akan rusak sehingga mengganggu proses fotosintesis. Tanah

bekas rawa-rawa dan tanah potsolik yang berwarna merah kekuningan cenderung bersifat asam. Tanah jenis ini harus dicampur dengan kapur sebelum ditanami agar keasamannya berkurang. Pada beberapa jenis tumbuhan, seperti bunga hortensia (*Hydrangea sp*), keasaman tanah berpengaruh terhadap warna bunga.

9. Sentuhan

Pada tumbuhan yang merambat, misalnya anggur dan mentimun, pada umumnya mempunyai organ pelilit berupa sulur. Sulur tersebut pada awalnya tumbuh lurus, tetapi jika menyentuh sesuatu akan tumbuh melilit benda tersebut. Sentuhan akan menghambat pertumbuhan sel-sel, sehingga terjadi perbedaan laju pertumbuhan antara sel yang terkena sentuhan dengan sel-sel yang tidak terkena sentuhan. Perbedaan laju pertumbuhan sel-sel tersebut menyebabkan sulur melilit. Suatu percobaan menunjukkan bahwa tumbuhan yang batangnya digosok dengan tongkat akan lebih pendek daripada tumbuhan yang dibiarkan.

10. Organisme parasit dan herbivora

Organisme parasit pada tumbuhan dapat berupa virus, bakteri, dan jamur. Organisme parasit tersebut mengambil sari makanan dari tumbuhan inang sehingga tumbuhan inang yang ditumpanginya akan terganggu pertumbuhan dan perkembangannya, bahkan dapat mengalami kematian. Herbivora adalah hewan pemakan tumbuh-tumbuhan, misalnya ulat, belalang, dan kumbang. Jika daun-daun muda pada tumbuhan dimakan oleh ulat, akan mengganggu proses pertumbuhannya. Namun, beberapa tumbuhan memiliki alat pertahanan diri secara fisik seperti duri-duri dan pertahanan secara kimiawi, misalnya menghasilkan zat kanavanin yang merupakan racun bagi herbivora.

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan pada Hewan

1. Faktor Dalam (Internal)

Faktor dalam yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hewan dan manusia meliputi gen dan hormon:

a. Gen

Gen adalah substansi/materi pembawa sifat yang diturunkan dari induk. Gen mempengaruhi ciri dan sifat makhluk hidup, misalnya bentuk tubuh, tinggi tubuh, warna kulit, warna bunga, warna bulu, rasa buah, dan sebagainya. Gen juga menentukan kemampuan metabolisme makhluk hidup, sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya. Hewan dan manusia yang memiliki gen tumbuh yang baik akan tumbuh dan berkembang dengan cepat sesuai dengan periode pertumbuhan dan perkembangannya. Meskipun peranan gen sangat penting, faktor genetis bukan satu-satunya faktor yang menentukan pola pertumbuhan dan perkembangan, karena juga dipengaruhi oleh faktor lainnya. Misalnya ternak unggul hanya akan memproduksi secara optimal bila diberi pakan yang baik dan dipelihara di lingkungan yang sesuai.

b. Hormon

Hormon merupakan zat yang berfungsi untuk mengendalikan berbagai fungsi di dalam tubuh. Meskipun kadarnya sedikit, hormon memberikan pengaruh yang nyata dalam pengaturan berbagai proses dalam tubuh. Hormon yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup beragam jenisnya.

Hormon pada hewan

Beberapa hormon pertumbuhan pada hewan adalah sebagai berikut.

1. Tiroksin, mengendalikan pertumbuhan hewan. Pada katak hormon ini merangsang dimulainya proses metamorfosis.
2. Somatomedin, mempengaruhi pertumbuhan tulang.
3. Ekdison dan juvenil, mempengaruhi perkembangan fase larva dan fase dewasa, khususnya pada hewan Invertebrata.

Hormon pada manusia

Hormon dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu, yaitu suatu kelenjar yang tidak mempunyai saluran. Beberapa hormon pertumbuhan pada manusia antara lain sebagai berikut.

1. Hormon tiroksin, dihasilkan oleh kelenjar gondok/ tiroid. Hormon ini memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan metabolisme karbohidrat

dalam tubuh. Kekurangan hormon ini dapat mengakibatkan mixoedema yaitu kegemukan.

2. Hormon pertumbuhan (Growth hormon – GH). Hormon ini dihasilkan oleh hipofisis bagian depan. Hormon ini disebut juga hormon somatotropin (STH). Peranannya adalah memengaruhi kecepatan pertumbuhan seseorang. Seorang anak tidak akan tumbuh dengan normal jika kekurangan hormon pertumbuhan. Pada masa pertumbuhan, kelebihan hormon ini akan mengakibatkan pertumbuhan raksasa (gigantisme), sebaliknya jika kekurangan akan menyebabkan kerdil (kretinisme). Jika kelebihan hormon terjadi setelah dewasa, akan menyebabkan membesarnya bagian tubuh tertentu, seperti pada hidung atau telinga. Kelainan ini disebut akromegali.
3. Hormon testosteron, mengatur perkembangan organ reproduksi dan munculnya tanda-tanda kelamin sekunder pada pria.
4. Hormon estrogen/progesteron, mengatur perkembangan organ reproduksi dan munculnya tandatanda kelamin sekunder pada wanita.

2. Faktor Luar (Eksternal)

Faktor luar yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup berasal dari faktor lingkungan. Beberapa faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup adalah sebagai berikut.

a. Makanan atau Nutrisi

Makanan merupakan bahan baku dan sumber energi dalam proses metabolisme tubuh. Kualitas dan kuantitas makanan akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Karena sedang dalam masa pertumbuhan, kamu harus cukup makan makanan yang bergizi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tubuhmu. Zat gizi yang diperlukan manusia dan hewan adalah karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Semua zat ini diperoleh dari makanan.

b. Suhu

Semua makhluk hidup membutuhkan suhu yang sesuai untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangannya. Suhu ini disebut suhu optimum, misalnya suhu tubuh manusia yang normal adalah sekitar 37°C. Pada suhu optimum,

semua makhluk hidup dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Hewan dan manusia memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kisaran suhu lingkungan tertentu.

c. Air dan Kelembapan

Air dan kelembapan merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan. Air sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Tanpa air, makhluk hidup tidak dapat bertahan hidup. Air merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia di dalam tubuh. Tanpa air, reaksi kimia di dalam sel tidak dapat berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian. Kelembapan adalah banyaknya kandungan uap air dalam udara atau tanah. Tanah yang lembab berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tumbuhan. Kondisi yang lembab banyak air yang dapat diserap oleh tumbuhan dan lebih sedikit penguapan. Kondisi ini sangat mempengaruhi sekali terhadap pemanjangan sel. Kelembapan juga penting untuk mempertahankan stabilitas bentuk sel.

d. Aktivitas Tubuh

Pertumbuhan hewan dan manusia juga dipengaruhi oleh aktivitas tubuh. Contohnya, otot yang dilatih dapat tumbuh menjadi besar dan kuat. Sedangkan otot yang tidak pernah dilatih lebih kecil dan kurang kuat. Olahraga secara teratur juga dapat meningkatkan pertumbuhan badan, karena kegiatan atau aktivitas tubuh lainnya dapat melancarkan peredaran darah dan metabolisme dalam tubuh. Dengan demikian, aktivitas tubuh akan mempengaruhi kesehatan dan mempengaruhi pada pertumbuhan.

e. Oksigen

Oksigen merupakan gas sangat penting bagi kehidupan. Makhluk hidup bernapas untuk mendapatkan oksigen. Oksigen diperlukan dalam proses oksidasi biologi untuk menghasilkan energi. Energi digunakan untuk menjalankan semua aktivitas tubuh termasuk pertumbuhan. Kandungan Oksigen yang terlalu larut dalam air juga mempengaruhi kehidupan hewan-hewan air. Oksigen yang diperlukan sebagai bahan utama penghasil energi berdifusi melalui insang bersama aliran air. Kandungan Oksigen yang terlalu rendah dapat menyebabkan nafsu makan berkurang sehingga pertumbuhannya akan terhambat.

D. Rangkuman

- Faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan adalah faktor genetik (gen) dan hormon. Hormon yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman disebut fitohormon, antara lain auksin, giberelin, sitokinin, asam absisat, dan etilen.
- Faktor eksternal yang memengaruhi pertumbuhan pada tumbuhan, antara lain nutrisi, cahaya, suhu, kelembapan, dan aerasi.
- Faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada hewan serta manusia adalah gen dan hormon. Hormon yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada hewan, antara lain tiroksin, somatomedin, ekdison, dan juvenil. Hormon yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada manusia, antara lain tiroksin, somatotropin, testosteron, estrogen, dan progesterone.