

## BAB IV

# PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

### Kompetensi Dasar:

1. Mampu menjelaskan pengertian pertumbuhan dan perkembangan
2. Mampu melakukan analisis terhadap penetapan lokasi pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder
3. Mampu menjabarkan pengaturan pertumbuhan dan perkembangan
4. Mampu menguraikan jenis pengontrolan pada perkembangan

Tumbuhan mengalami pertumbuhan dari kecil menjadi besar dan berkembang dari zigot menjadi embrio, kemudian menjadi individu yang mempunyai perangkat akar, batang, dan daun. Salah satu ciri organisme yaitu tumbuh dan berkembang. Pertumbuhan diartikan sebagai suatu proses pertambahan ukuran atau volume serta jumlah sel, proses ini terjadi secara tidak bolak-balik (irreversibel). Perkembangan didefinisikan sebagai suatu proses menuju keadaan yang lebih dewasa. Namun jika kita mengkajinya lebih dalam, proses ini tidak berjalan sendiri-sendiri, tetapi berjalan seiring. Diawali dengan pertumbuhan, lalu dilanjutkan dengan perkembangan.

Pertumbuhan dan perkembangan itu sendiri merupakan hasil interaksi antara faktor dalam dan faktor luar. Faktor yang terdapat dari dalam, antara lain sifat genetik (yang ada di dalam = gen) dan hormon yang merangsang pertumbuhan. Sedangkan faktor luar adalah lingkungan. Potensi genetik ini hanya akan berkembang jika ditunjang oleh lingkungan yang cocok. Dengan demikian, karakter/sifat yang ditampilkan oleh tumbuhan merupakan gabungan faktor genetik dan faktor lingkungan secara bersama-sama.

Peranan gen dalam mempengaruhi pertumbuhan dapat dijelaskan sebagai berikut, gen penentu pertumbuhan dan perkembangan terdapat dalam sel. Sel merupakan kesatuan hereditas karena di dalamnya terdapat gen yang bertanggung jawab dalam pewarisan sifat untuk pembentukan protein, enzim dan hormon. Pembentukan enzim dan hormon mempengaruhi berbagai reaksi metabolisme untuk mengatur dan mengendalikan pertumbuhan.

Hormon berpengaruh dalam proses pembelahan dan pemanjangan sel, namun ada pula hormon yang menghambat pertumbuhan. Hormon yang menginduksi pertumbuhan adalah auksin, giberelin, sitokinin, gas etilen. Asam absisat merupakan senyawa penghambat pertumbuhan. Asam traumalin merupakan hormon luka untuk menumbuhkan sel-sel jika terjadi luka.

Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan biji diawali dari perkecambahannya. Pada embrio atau lembaga terdapat plumula yang tumbuh menjadi batang dan radikula yang tumbuh menjadi akar. Perkecambahan pada akhir pertumbuhan membentuk akar, batang dan daun. Pada ujung-ujung akar dan batang terdapat sel-sel yang senantiasa membelah diri (meristematis), dikenal sebagai jaringan meristem ujung.

Proses pertumbuhan dan perkembangan itu sendiri adalah merupakan suatu koordinasi dari banyak peristiwa dan berlangsung pada tahap yang berbeda, yaitu dari tahap biofisika dan biokimia ke tahap organisme yang utuh dan lengkap. Prosesnya berlangsung sangat kompleks dan banyak cara yang berbeda untuk dapat memahaminya.

Pertumbuhan menunjukkan suatu penambahan dalam ukuran dengan menghilangkan konsep-konsep yang menyangkut perubahan kualitas seperti halnya kedewasaan (maturity), yang tidak relevan dengan pengertian proses penambahan. Pertumbuhan dapat dicontohkan dalam bentuk volume, massa atau berat (segar atau kering).

Perkembangan merupakan suatu perwujudan dari perubahan-perubahan yang bertahap ataupun yang berjalan cepat. Pada kategori perkembangan, dapat diukur sebagai penambahan panjang, lebar atau luas. Namun tidak hanya perubahan kuantitatif saja yang dilihat, tetapi menyangkut perubahan kualitatif sel, jaringan dan organ yang disebut sebagai diferensiasi. Merupakan suatu contoh yang konkrit misalnya dalam peristiwa perkecambahan, perbungaan atau penuaan yang menghasilkan perubahan yang mendadak di dalam kehidupan atau pola pertumbuhan tumbuhan. Proses perkembangan lainnya berlangsung secara lambat atau bertahap selama proses seluruh hidup tumbuhan.

## Pola Pertumbuhan dan Perkembangan

Ada dua aspek yang dikaji pada proses perkembangan pada pertumbuhan yaitu aspek morfologi dan anatomi, aspek fisiologi dan biokimia. Pada aspek morfologi dan anatomi yang dikaji adalah perubahan-perubahan yang terjadi, yang terlihat selama proses perkembangan tumbuhan. Perkembangan tidak terlepas dari proses fisiologi dan biokimia yang sangat menentukan perubahan morfologi suatu organisme.

## Perkecambahan

Perkecambahan merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan dari embrio yang mengalami perubahan dimana plumula tumbuh dan berkembang menjadi batang dan radikula tumbuh menjadi akar.

Berdasarkan letak kotiledon saat berkecambah ada dua tipe perkecambahan, yaitu:

- a. Perkecambahan hypogeal. Pada perkecambahan hipogeal terjadi pertumbuhan memanjang dari epikotil yang menyebabkan plumula keluar menembus kulit biji dan muncul diatas tanah. Kotiledon dan endosperma berada dalam tanah. Contohnya kacang merah dan kacang kapri.
- b. Perkecambahan epigeal. Pada perkecambahan epigeal terjadi pertumbuhan memanjang akibat kotiledon dan plumula terdorong ke permukaan tanah. Kotiledon berada diatas permukaan tanah. Contohnya kacang hijau dan kacang tanah.

## Fisiologi Perkecambahan

Embrio yang tumbuh belum memiliki klorofil sehingga embrio belum dapat membuat makanan sendiri. Pada tumbuhan dikotil, makanan untuk pertumbuhan embrio diambil dari kotiledon, sedangkan pada tumbuhan monokotil diambil dari endosperma.

Perkecambahan dimulai dengan proses penyerapan air kedalam sel-sel. Proses ini merupakan proses fisika. Masuknya air pada biji menyebabkan enzim-enzim hidrolisa bekerja memecahkan tepung menjadi maltosa, dimana proses ini dihidrolisis oleh maltase selanjutnya diubah menjadi glukosa.

Kemudian senyawa glukosa memasuki proses metabolisme dan dipecah menjadi energi atau diubah menjadi senyawa karbohidrat yang menyusun tubuh tumbuhan. Asam amino dirangkai menjadi protein yang berfungsi untuk

menyusun enzim-enzim baru. Asam-asam lemak digunakan untuk menyusun membran sel.

## Pertumbuhan Primer

Aktivitas sel-sel meristem menyebabkan batang dan akar tumbuh memanjang yang disebut proses pertumbuhan primer. Pada akhir proses perkecambahan tumbuhan membentuk akar, batang, dan daun. Pada ujung batang dan akar terdapat sel-sel meristem yang dapat berdiferensiasi menjadi sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi khusus.

Daerah pertumbuhan pada ujung batang dan akar menurut aktivitasnya dapat dibedakan menjadi tiga bagian:

- a. Daerah pembelahan, terdapat dibagian ujung yang sel-selnya aktif membelah dan sifatnya tetap meristem.
- b. Daerah perpanjangan sel, terletak dibelakang daerah pembelahan yang merupakan daerah dimana setiap sel memiliki aktivitas untuk membesar dan memanjang.
- c. Daerah diferensiasi merupakan daerah yang sel-selnya memiliki struktur dan fungsi khusus. Meristem ujung batang membentuk primordia daun. Pada sudut daun dan batang terdapat sel-sel yang dipertahankan sebagai sel-sel meristematis yang akan berkembang menjadi cabang.

## Pertumbuhan Sekunder

Pada tumbuhan dikotil, selain terdapat jaringan meristem primer di ujung akar dan ujung batang, juga terdapat jaringan meristem sekunder. Jaringan meristem tersebut berupa kambium dan kambium gabus. Aktivitas kambium dan kambium gabus mengakibatkan pertumbuhan sekunder yaitu bertambah besarnya batang dan akar tanaman.

Adapun proses pertumbuhan sekunder adalah sebagai berikut:

- Kambium vaskuler membelah ke arah dalam membentuk xilem dan ke arah luar membentuk floem
- Parenkim batang atau akar di antara vasis berubah menjadi kambium intervaskuler
- Felogen membelah ke arah luar membentuk feloderm.

Pertumbuhan sekunder pada pohon dikotil tidak tetap sepanjang tahun. Pada saat musim hujan dan cukup hara, pertumbuhan sangat cepat sedangkan pada saat musim kemarau, pertumbuhan sekunder akan lambat atau terhenti.

Aktivitas kambium membentuk xilem dan floem yang lebih cepat dari pada pembentukan kulit mengakibatkan kulit pohon (korteks dan epidermis) pecah. Untuk mengatasinya felogen membentuk feloderm kearah dalam dan felem ke arah luar. Feloderm merupakan sel hidup, sedangkan sel felem merupakan sel mati.

## Pengaturan Pertumbuhan dan Perkembangan

### 1. Pengaturan Genetika

Setiap sel pada tumbuhan mempunyai perangkat genetik yang diturunkan dari induknya ke keturunannya dan merupakan sumber informasi untuk melaksanakan kegiatan pertumbuhan dan perkembangan. Informasi genetik diterima oleh setiap sel pada saat pembelahan sel terjadi, sehingga setiap organ pada tumbuhan dapat berkembang pada jalur yang tepat.

Dalam pemanfaatan informasi yang berkaitan dengan proses perkembangan, akan menyangkut proses pengaktifan gen dari DNA, selanjutnya akan dilakukan transkripsi mRNA dan kemudian diterjemahkan menjadi susunan asam amino yang akan membentuk protein enzim tertentu, yang kemudian enzim ini akan digunakan pada kegiatan metabolisme dalam sel yang sesuai dengan arah perkembangannya.

Secara umum mekanisme proses pengaktifan, dilaksanakan dan diusulkan oleh F.Jacob dan J. Monod yang disebut dengan sistem operon, yakni pengontrolan sintesis protein yang diatur oleh gen pengatur, gen operator dan gen struktur. Kombinasi gen pengatur dan gen struktur disebut operon.

Mekanisme operon ini adalah bahwa gen struktur memprogram mRNA untuk enzim yang spesifik, yang berkombinasi dengan suatu gen operator yang berfungsi mengatur gen struktur menjadi aktif atau tidak. Gen pengatur membentuk suatu molekul pengatur (protein) yang disebut repressor yang menekan kerja gen operator, sehingga operon tidak aktif. Penambahan suatu molekul yang disebut inducer dapat membuka gen operator sehingga operon dapat diaktifkan. Beberapa molekul lain yang disebut korepresor dapat menutup gen dengan mengaktifkan repressor kembali sehingga operon menjadi tertutup dan tidak aktif.

Proses pengaktifan satu atau kelompok operon yang spesifik akan selalu mengarah pada satu pola perkembangan, pada satu tingkat perkembangan dapat sangat berbeda dengan arah perkembangan pada tingkat yang lain.

## 2. Pengaturan Organisme

Banyak perkembangan tumbuhan diperantarai oleh rangsangan dari dalam. Perkembangan dipengaruhi oleh hormon yaitu senyawa-senyawa kimia yang disintesis pada suatu lokasi, kemudian ditransportasikan ketempat lain untuk selanjutnya bekerja melalui suatu cara yang spesifik, kebutuhan akan hormon hanya dalam konsentrasi yang sangat rendah. Hormon berperan untuk mengatur pertumbuhan, perkembangan dan metabolisme.

Beberapa kelompok hormon telah diketahui dan beberapa di antaranya bersifat sebagai zat perangsang pertumbuhan dan perkembangan (promoter), sedang yang lain bersifat sebagai penghambat (inhibitor), antara lain:

### a. Auksin

Auksin adalah hormon pertumbuhan yang pertama kali ditemukan. Salah satu jenis auksin yang dapat diekstraksi dari tumbuhan adalah asam indolasetat atau IAA. Auksin ditemukan oleh Friederich August Ferdinand Went, ahli botani Belanda pada tahun 1928 dengan dalilnya "tidak mungkin terjadi pertumbuhan tanpa adanya zat tumbuh".

Tempat sintesis auksin ialah di meristem apikal, misalnya ujung batang (tunas), daun muda dan kuncup bunga. Awalnya auksin diketahui terdapat pada ujung kecambah gandum, namun ternyata diujung-ujung tumbuhan lain juga terdapat zat yang berfungsi sama dengan auksin.

Auksin didefinisikan sebagai zat tumbuh yang mendorong elongasi jaringan koleoptil pada percobaan-percobaan bio-assay dengan *Avena* atau tanaman lainnya. Indole Asetic Acid (IAA) adalah auksin endogen atau auksin yang terdapat pada tanaman.

Sitokinin dan auksin merupakan dua golongan zat pengatur tumbuh yang sangat penting dalam budidaya jaringan tanaman. Golongan auksin yang lebih sering digunakan adalah 2,4-D, IAA, NAA, IBA. Auksin yang paling efektif untuk menginduksi pembelahan sel dan pembentukan kalus adalah 2,4-D dengan konsentrasi antara 0,2–2 mg/l untuk sebagian jaringan tanaman. NAA dan 2,4 D lebih stabil dibandingkan dengan IAA, yaitu tidak mudah terurai oleh enzim-enzim yang dikeluarkan oleh sel atau karena pemanasan

pada saat proses sterilisasi. IAA juga kurang menguntungkan karena cepat rusak oleh cahaya dan oksidasi enzimatis.

Auksin dalam aktivitasnya, dapat bekerja sendiri atau berkombinasi dengan hormon lain, dapat merangsang atau menghambat berbagai peristiwa yang berbeda, dari mulai peristiwa reaksi enzim secara individual sampai pada pembelahan sel dan pembentukan organ.

Pengaruh Fisiologis dari Auksin:

- P pembesaran sel
- P penghambatan mata tunas samping
- P menghambat absisi (pengguguran daun)
- P menstimulir aktivitas dari pada kambium
- P pertumbuhan akar

## **b. Giberelin**

Senyawa ini ditemukan di Jepang ketika ekstrak jamur *Giberella fujikuroi* yang menyerang tanaman padi, dapat menimbulkan gejala yang sama pada waktu disemprotkan kembali pada tanaman yang sehat. Karakter penyakit ini menyebabkan pemanjangan ruas-ruas yang berlebihan sehingga menyebabkan tumbuhan mudah rebah.

Kerja utama dari giberelin merangsang pemanjangan sel. Giberellin (asam Giberellate) dalam dosis tinggi menyebabkan gigantisme. Giberellin berpengaruh terhadap pembesaran dan pembelahan sel, pengaruh Giberellin ini mirip dengan auksin yaitu antara lain pada pembentukan akar. Giberellin dapat menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah auksin endogen.

Disamping merangsang proses pemanjangan, giberelin juga terlibat dalam proses pembungaan. Giberelin dapat berinteraksi dengan hormon lain seperti auksin. Interaksi mereka bersifat sinergis. Namun interaksi GA dengan ABA bersifat antagonis (Harahap, 2007).

## **c. Sitokinin**

Sitokinin yang pertama kali ditemukan ialah kinetin. Sitokinin mempunyai pengaruh terhadap berbagai proses pertumbuhan, berperan penting dalam pengaturan pembelahan sel dan morfogenesis, merangsang pembelahan sel dalam kultur sel yang diisolasi dari bagian tumbuhan. Sitokinin alami yang telah berhasil diisolasi dan diidentifikasi dari tumbuhan adalah zeatin, yang diperoleh dari endosperm jagung.

Kinetin bersama-sama dengan auksin memberikan pengaruh interaksi terhadap diferensiasi jaringan. Pada pemberian auksin dengan konsentrasi relatif tinggi, diferensiasi kalus cenderung ke arah pembentukan primordia akar, sedangkan pada pemberian kinetin yang relatif tinggi, diferensiasi kalus cenderung ke arah pembentukan primordia batang atau tunas.

#### **d. Etilen**

Telah diketahui bahwa etilen menjadi penyebab beberapa respons tanaman seperti pengguguran daun, pembengkakan batang, pemasakan buah dan hilangnya warna buah. Etilen menghambat pertumbuhan ke arah memanjang (longitudinal) dan mendorong pertumbuhan ke arah melintang (transversal) sehingga batang kecambah terlihat membengkak. Etilen juga merubah respons geotropisma, mendorong pengguguran daun, bunga dan buah.

#### **e. Asam Absitat**

Senyawa ini lebih berperan pada dormansi dan proses absisi pada daun. Ditemukan oleh P. F. Wareing, yang menamakan senyawa tersebut sebagai dormin dan absisin II, yang lebih dikenal dengan nama asam absitat (ABA).

Peranan ABA sangat nyata dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. ABA berinteraksi dengan zat-zat pengatur tumbuh tanaman yang lain pada proses tersebut, biasanya interaksi ini bersifat menghambat (antagonisma).

### **3. Pengaturan Lingkungan**

Banyak rangsangan lingkungan atau eksternal mempengaruhi perkembangan tumbuhan. Rangsangan utama lingkungan yang mempengaruhi perkembangan tumbuhan adalah:

- Cahaya: banyaknya cahaya yang dibutuhkan tidak selalu sama pada setiap tumbuhan, dimana cahaya dapat menguraikan auksin sehingga menghambat pertumbuhan meninggi
- Suhu: tumbuhan membutuhkan suhu yang optimum untuk berkembang dengan baik, suhu paling rendah namun masih memungkinkan tumbuhan untuk tumbuh disebut suhu minimum.
- Gravitasi: dimana arah dari pertumbuhan bagian organ tubuh ditentukan.
- Kelembaban
- Nutrien
- Air

## Tugas :

1. Tuliskan pengertian pertumbuhan dan perkembangan
2. Tunjukkan dengan gambarkan lokasi pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder sutau tumbuhan
3. Jabarkan 4 hal yang terlibat dalam pengaturan pertumbuhan dan perkembangan
4. Uraikan jenis pengontrolan pada perkembangan

## GLOSARIUM

### **Auksin:**

Suatu hormon tumbuhan termasuk asam indolasetat (IAA) yang mempunyai efek berbeda – beda seperti respon fototropik melalui stimulasi perpanjangan sel, stimulasi pertumbuhan skunder dan perkembangan jejak daun dan buah.

### **Asam Absisat:**

Hormon tumbuhan yang biasanya berfungsi menghambat pertumbuhan, menggalang dormansi(keadaan tidak aktif dan membantu tumbuhan mentolerir keadaan yang mencekam.

### **Asam Traumalin:**

Hormon luka untuk menumbuhkan sel–sel jika terjadi luka.

### **Diferensiasi:**

Suatu tahap pertumbuhan embrio, yang pada waktu sel muda berdiferensiasi menjadi sel defenitif untuk salah satu jari

### **Dinding Sel:**

Lapisan protektif di bagian eksternal membran plasma dalam sel tumbuhan, bakteri, fungi, dan beberapa protista. Pada sel tumbuhan dinding itu terbentuk dari serat selulosa yang tertanam dalam suatu matriks protein – polisakarida.

### **Dinding Primer:**

Dinding yang bersifat dan fleksibel

### **Dinding Skunder:**

Dinding yang bersifat lebih kuat dan kaku dan merupakan bahan penyusun utama kayu.

**DNA:**

Suatu molekul asam nukleat berbentuk heliks dan beruntai ganda yang mampu bereplikasi dan menentukan struktur protein sel yang diwariskan.

**Korteks:**

Tumbuhan yang terletak diantara lapisan stele yang mengandung jaringan pembuluh dan epidermis.

**Radikula:**

Bakal akar yang akan berkembang menjadi sistem akar.

**Sel Seludang Pembuluh:**

Daun tumbuhan dengan kapasitas fotosintesis tinggi mempunyai beberapa lapisan sel parenkim yang tebal disekeliling jaringan pembuluhnya.