

AKAR

Struktur Primer

Akar merupakan bagian bawah dari sumbu tanaman, berkembang di dalam atau di atas tanah. Akar pertama pada tumbuhan berbiji berkembang dari meristem apeks diujung akar embrio dalam biji berkecambah. Gymnospermae dan dikotil berkembang menjadi akar primer (dengan cabang lebih kecil) disebut akar tunggang, yang dapat menembus tanah lebih dalam. Akar primer dan cabangnya yang besar akan mengalami penebalan sekunder, namun akar cabang kecil yang berguna dalam penyerapan tetap primer dan tidak lama bertahan.

Pada monokotil, akar primer tak lama bertahan dan segera mengering. Dari dekat pangkalnya muncul akar baru (akar adventif/ akar baru) disebut akar serabut. Akar serabut melekat lebih baik pada lapisan atas tanah.

Fungsi akar tunggang dan serabut :

1. melekatkan tanaman pada substratnya
2. menyerap air dan garam mineral
3. sebagai organ penyimpan
4. untuk konduksi

A. Macam Akar

Keragaman bentuk dan struktur akar terkait dengan fungsinya. Kondisi lingkungan sering mempengaruhi system akar

1. akar penyimpan

2. akar sukulen
3. akar udara
4. pneumatofor
5. akar panjat
6. akar pembelit
7. akar tunjang
8. akar bersimbiosis dengan jamur (mikoriza)

B. Susunan Jaringan Primer pada Akar

1. tudung akar

Tudung akar terdapat diujung akar dan melindungi promeristem akar serta membantu penembusan tanah. Terdiri dari sel hidup dan mengandung pati, sel tersusun dalam deretan radial berawal dari pemula tudung akar. Sel sentral membentuk struktur lebih jelas dan tetap disebut kolumela.

Sel tudung akar mensekresikan lendir yang terdiri atas polisakarida. Proses sekresi diiringi hipertrofi sisterna diktiosom membentuk vesikula besar, terjadi penyatuan membrane vesikula dengan plasmalema sehingga isi vesikula dibebaskan dari protoplas, sekret bergerak keluar melalui dinding sel. tudung akar berkembang terus menerus, sel paling luar mati, terpisah dan hancur kemudian sel baru dibentuk oleh pemula.

2. epidermis

Sel epidermis akar berdinding tipis dan tanpa kutikula. Ciri khas akar adalah adanya rambut akar yang merupakan sel epidermis yang memanjang keluar, tegak lurus dengan permukaan akar dan berbentuk tabung, terdapat dekat

dibelakang apeks akar. Adanya rambut akar menambah luas permukaan penyerapan untuk transpirasi dan pertumbuhan tanaman.

Pada beberapa genera, sel epidermis akar muda dan rambut akarnya akan mensekresikan lendir , membentuk lapisan lendir. Pada tumbuhan darat, lendir tersebut dihuni oleh bakteri. Stomata terdapat pada akar kecambah, seperti *Pisum arvense*.

3. korteks akar

Pada umumnya korteks terdiri dari sel parenkim, ruang antar sel dibentuk lisigen atau sizogen sering terdapat pada tanaman darat yang terendam air, parenkim tersebut berperan dalam pengangkutan gas dan tempat oksigen yang diperlukan dalam respirasi jaringan yang tak bisa memperoleh oksigen dari udara luar. Sel korteks biasanya besar dan bervakuola besar, plastida mengandung pati. Lapisan paling dalam berkembang menjadi endodermis dan lapisan paling luar berkembang menjadi eksodermis.

4. eksodermis

Dinding sel pada lapisan terluar korteks akan membentuk gabus, sehingga terjadi jaringan pelindung baru yaitu endodermis (pengganti epidermis). Struktur dan sifat sitokimiawi mirip sel mirip endodermis. Dinding primer dilapisi suberin, yang dilapisi selulosa, lignin juga dapat ditemukan. Contoh yang memiliki eksodermis *smilax*, *oryza*, *phoenix*. Pada akar *Zae mays*, *Allium cepa*, lapisan korteks memiliki pita *caspari* di dinding antiklinalnya, memiliki jalur simplatis yang bersinambungan dari epidermis sampai *stele*. Sel eksodermis mengandung protoplas hidup ketika dewasa, kadang diiringi sklerenkim di sebelah dalam.

5. endodermis

Didaerah akar yang digunakan untuk penyerapan, dinding sel endodermis mengandung selapis suberin didinding antiklinalnya (dinding radialn dan melintang). Rampingnya lapisan itu maka diberi nama pita, dibubuhi caspary. Merupakan kesatuan lamela tengah dan dinding primer tempat suberin dan lignin tersimpan. Jika terplasmolisis protoplas melepaskan diri dari dinding, namun melekat pada pita caspary.

Adanya pita caspary membagi akar menjadi 2 bagian terpisah, hal tersebut penting dalam gerak selektif garam mineral dan air. Setiap ion dalam larutan air tanah mampu menembus epidermis dan korteks akar, namun pita caspary merupakan penghalang, agar masuk stele dan memasuki arus transpirasi xylem, ion harus melewati plasmalema sel endodermis. Disinilah terjadi seleksi ion yang dapat masuk dan ion yang dapat tetap keluar.

Pada akar yang mengalami penebalan sekunder yang mencolok, endodermis akan tanggal bersama sel korteks. Namun akar yang tetap primer akan membentuk dinding sekunder yang tebal, dimulai di sel-sel endodermis dihadapan berkas floem, meluas ke sel yang berhadapan dengan xylem (sel pelalu) yang berperan dalam melewatkan zat-zat antara korteks dan silinder pembuluh (pusat).

6. silinder pembuluh

Silinder pembuluh terdiri dari jaringan pembuluh dengan 1 atau beberapa lapisan sel disebelah luarnya, yaitu perisikel. Jika bagian tengah tidak ditempati jaringan pembuluh, maka diisi oleh parenkim empulur. Di bagian dalam, perisikel

berbatasan dengan protofloem dan protoxilem. Perisikel mempertahankan meristematik, didalamnya terbentuk akar leteral, felogen dan sebagian cambium pembuluh. Berdasarkan jumlah berkas xylem ditepi akar dibedakan menjadi :

- a. diark, jika terdapat 2 berkas xylem di tepi.
- b. triark, jika terdapat 3 berkas xylem
- c. tetrark, jika terdapat 4 berkas xylem
- d. poliark, jika jumlah berkas lebih banyak

sel trakeal terluar paling pendek garis tengahnya, namun paling dahulu dewasa yaitu protoxilem memiliki dinding sekunder dengan penebalan spiral atau cincin. Sel trakeal yang berada lebih ke tengah adalah metaxilem yang menjadi dewasa, berdiameter lebih lebar dengan penebalan tangga (skalariform), jala atau noktah. Xylem primer yang arah pendewasaannya dari luar ke dalam disebut *xylem eksark*.

Floem yang paling awal dewasa adalah protofloem yang berbatasan dengan perisikel. Pada metafloem ditemukan sel pengantar. Pada akar yang mengalami penebalan sekunder, sel diantara floem dan xylem berfungsi sebagai kambium pembuluh. Sedangkan akar tanpa penebalan sekunder, sel tersebut menjadi dewasa sebagai parenkim atau sklerenkim.

C. Akar Kontraktil

Pergantian batang lama oleh batang baru berlangsung pada penarikan oleh akar khusus yang disebut akar pengerut (akar kontraktil). Pengerutan akar disebabkan oleh pertumbuhan sel parenkim floem dalam arah horizontal dan pemendekan dalam arah memanjang. Mekanisme pengerutan : parenkim floem yang horizontal

kehilangan protoplas dan cairan vakuola sehingga rebah, dinding vertical sel yang rebang melipat sehingga dinding horizontal berhimpun, setiap bagian rebah melekat keatas sehingga garis tengah bagian tengah akar berkurang, bagian akar ini memisahkan diri dari periderm dan sisa korteks, jaringan korteks memperlihatkan pengerutan dan berkas floem didekatnya terputar.

D. Mikoriza

Epidermis dan korteks sering berasosiasi dengan fungi tanah yaitu antara hifa jamur dan akar muda tumbuhan tinggi (mikoriza) yang bersimbiosis. Penyerapan air dan zat hara akan meningkatkan jamur memperoleh senyawa organik dan pada korteks tetap hidup.

Berdasarkan hubungan jamur dengan inangnya, dibedakan :

1. ektomikoriza

Jamur menyelubungi seluruh ujung akar dengan penutup (tudung hifa), hifa memasuki akar di ruang antar sel korteks dan berbentuk jala (jala haring).

Plastida sel korteks tidak mengandung pati.

Contoh : *Pinus*, *Quercus*, *Castanae*, *Eucalyptus*

2. endomikoriza

Jamur membentuk penutup yang kurang jelas dan menembus bagian dalam sel akar menghasilkan vesikula dan arbuskula (cabang arbuskula dikelilingi oleh plasmalema sel induk) yang khas.

Contoh : *Orhidaceae*, *Ericaceae*, *Ornithogalum*, *Umbellatum*

E. Bintil Akar

Bintil akar merupakan asosiasi akar dengan bakteri penambat nitrogen udara (*Rhizobium*) yang berguna bagi tumbuhan (ciri khas *fabaceae*).

Bakteri memasuki akar melalui rambut akar, memperbanyak diri dan membentuk benang infeksi caranya dengan menyelubungi seludang (terdiri dari bahan seperti gum), benang amat dalam menembus akar dan merangsang proliferasi (pembelahan sel secara cepat dan menghasilkan banyak sel) pada lapisan dalam korteks dan menghasilkan bintil. Dibagian abaksial bintil mempertahankan meristematik dan di bagian adaksial terisi bakteri yang terdapat cabang berkas pembuluh yang berhubungan dengan silinder pembuluh akar, setiap berkas memiliki seludang parenkim dan endodermis membentuk sel transfer guna pertukaran zat hara bakteri dan tanaman inang.

F. Perkembangan Akar

Peristiwa utama pada pembentukan akar adalah penyusunan meristem apeks. Saat biji berkecambah, promeristem di ujung akar embrio membentuk akar primer. Pada beberapa jarak tertentu dari promeristem, sel membesar dan berkembang menjadi sel terspesialisasi. Rambut akar berdiferensiasi dari sel epidermis.

Korteks bertambah lebar karena pembelahan periklinal serta pembesaran sel dalam arah radial. Lapisan paling dalam berdiferensiasi menjadi endodermis.

Pada silinder pembuluh, yang paling dahulu tampak adalah perisikel. Akar lateral berkembang pada jarak tertentu dibelakang meristem apeks akar (dibentuk dalam perisikel). Pembentukan dimulai dengan pembelahan periklinal sel perisikel, sel yang dihasilkan membelah lagi secara periklinal atau antiklinal sehingga terjadi

himpunan sel, tonjolan yang terjadi adalah primordium akar lateral yang bertambah panjang dan menembus korteks sehingga muncul dipermukaan akar induk. Di awal perkembangan, sel endodermis di luarnya membelah antiklinal untuk mengikuti perkembangan bakal akar, namun sesudah beberapa waktu endodermis tidak mengikuti pembesaran akar baru dan rusak. Karena pertumbuhan akar lateral, sel korteks akan terdesak, berubah bentuk, rusak, dan hancur oleh enzim. Sementara itu, promeristem akan dibentuk diujung akar lateral. Unsure floem dan xylem di akar lateral akan berhubungan dengan unsure yang sama pada akar induk.

AKAR

STRUKTUR SEKUNDER

Pertumbuhan sekunder pada akar terdiri atas pembentukan jaringan pembuluh sekunder oleh kambium pembuluh dan pembentukan periderm oleh felogen sehingga menambah tebal sumbu akar dan batang dan karena itu dinamakan pertumbuhan sekunder

A. Jenis Pertumbuhan Sekunder yang Umum Terjadi

Awal perkembangan cambium pembuluh adalah pembelahan sel procambium diantara floem primer dan xylem primer yang belum terdiferensiasi. pada akar biak jumlahnya dua, pada akar triak ditemukan tiga pita tipis, pembelahan sel meluas dan mencakup sel yang berada di sebelah dalam floem. Setelah itu sel perisikel yang berhadapan dengan protoxilem juga aktif menbalah membentuk pita ramping yang serupa, pita itu kemudian akan melebar secara tangensial dan sinabung. Di bagian dalam floem cambium menghasilkan xylem lebih cepat dibandingkan di bagian tempat lain.

Cambium akan membentuk sel xylem kearah dalam dan sel floem ke arah luar, namun pada umumnya frekuensi pembentukan sel xylem lebih besar dibandingkan dengan sel floem. Hal itu mengakibatkan xylem sekunder lebih tebal daripada floem sekunder.

Periderm biasanya mulai dibentuk pertama kali dalam perisikel. Pembentukan floem di tempat itu mengakibatkan korteks terdorong keluar dan akhirnya rusak tanggal bersama dengan epidermis dan endodermis. Pada tumbuhan perinial, keaktifan cambium akar akan diiringi keaktifan periderm untuk jangka waktu lama dan akan bertambah besar karena volume dari sel baru yang ada disebelah dalam akan bertambah besar pula, dan akhirnya periderm baru, baru dibentuk di bawahnya.

Cadangan makanan, parenkim menjadi bagian terbesar dalam xylem maupun floem sekunder.

B. Dikotil Basah

Pada dikotil basah seperti alfalfa (*medicago satifa*), xylem sekunder mengandung pembuluh kayu yang beragam garis tengahnya. Dinding trakea tersebut biasanya mengalami penebalan tangga atau jala. Serat dan parenkim kayu ditemukan xylem terbagi oleh jari jari empulur yang melebar menjadi beberapa sector. Selama pertumbuhan sekunder, xylem primer mengalami modifikasi dengan adanya pertumbuhan dilatasi pada parenkim xilemnya.

Unsur trakeal radial terputus, tertekan, beberapa sel yang membelah radial sehingga mengakibatkan penambahan sel. Floem berisi pembuluh tapis dengan sel pengantar, serat dan parenkim. Bagian floem luar hanya berisi serat dan parenkim penunjan sebab pembuluh tapis yang lama telah hancur. Floem bersama perisikel dimukanya berada di bawah periderm. Maka serat itu akan berada di sebelah luar floem.

C. Spesies Kayu

Akar pohon spesies berkayu memiliki jumlah unsure berlignin lebih banyak, akar tumbuhan basah juga bias memiliki sel sklereid. Pada pertumbuhan selanjutnya jari jari empulur primer letaknya berhadapan dengan protoxilem, jari jari empulur lain akan berkembang kemudian dari cambium pembuluh.

Unsure kulit kayu dan kayu yang memiliki dinding sekunder berlignin jumlahnya pada batang lebih banyak daripada akar, pada akar lebih banyak terdapat parenkim. Dalam bisa terjadi penempelan akar dari dua pohon yang berdampingan, jika akar akar saling menyentuh terjadilah kontak diikuti oleh hubungan antara sistem jaringan pembuluh dan terjadi penyatuan melalui pertumbuhan sekunder, peristiwa ini amat penting dalam penularan penyakit pada tumbuhan.

D. Keragaman Dalam Pertumbuhan Sekunder

Pada Actaea misalnya sel pengangkut dalam jaringan pembuluh sekunder terkumpul menjadi berkas berkas yang terpisah oleh parenkim jari jari empulur yang lebar yang berpangkal dalam perisikel di muka kelompok sel protoxilem. Actaea, convolvulus, dalam beberapa tumbuhan basah lainnya memiliki akar yang

pertumbuhan sekundernya terbatas dan memiliki periderm dekat di bawah epidermis, atau supervisial. Endodermis melebar tangensial dengan pembelahan radial yang diikuti pelebaran tangensial seperti halnya sel pada kotreks. Periderm pertama dibentuk tepat di bawah epidermis dan yang berikutnya berkembang dalam persikel. Persikel membentuk periderm pada akar penyimpan banyak terdapat parenkim penyimpan cadangan makanan. Akar Aviaceae, seperti wortel (*Daucus carota*) parenkim merupakan sebagian besar dari xylem maupun floem sekunder. Pada bit, penambahan tebal akibat pertumbuhan anomali cambium yang dibentuk oleh sel perisekiel dan floem dan beberapa kali menghasilkan penambahan jaringan pembuluh.

Unsure floem tampak dalam jaringan yang mula mula berdiferensiasi sebagai xylem.

Sifat bersama yang dimiliki oleh organ berdaging yang dihasilkan oleh sumbu hipokotil-akar (wortel, bit atau ubi jalar). Hubungan yang erat antar jaringan penyimpan dengan jaringan pengangkut diperoleh dengan berbagai modifikasi dalam pertumbuhan sekunder.

E. Aspek Fisiologi

Percobaan menunjukan bahwa potongan akar tidak dapat menghasilkan pertumbuhan sekunder kecuali bila diberi penanganan khusus, untuk mendukung pendapat ini ditunjukan pula efek fotoperiode terhadap pertumbuhan akar., efeknya adalah bahwa penebalan akar yang menjadi ciri khas akar penyimpan bergantung pada lamanya hari dan malam yang dialami pucuk batang. Hubungan seperti ini dianggap sebagai bukti bahwa pucuk mendapat rangsangan fotoperiode yang tepat, maka akan disintesis zat yang diangkut ke akar dan disana menginduksi dan mempertahankan aktifitas cambium

Ketergantungan akar pada batang untuk memperoleh rangsangan aktifitas kambiumnya terlihat pula dalam periodisitas dari aktifitas cambium batang yang mengalami peredaran aktifitas cambium pembuluh setiap tahun. Pengaktifan kembali cambium akar akan terjadi sesudah pengaktifan kembali batang. Demikian pula, peredaran aktifitas itu akan terjadi di akar pada waktu kemudian, karena rangsangan datang dari batang. Kajian dengan pinus menunjukan bahwa dalam akar itu sendiri

pengakhiran aktifitas cambium berlangsung basipetal seperti dalam batang, artinya dari ujung menuju pangkal akar.

F. Akar Tambahan

Istilah akar tambahan digunakan bagi akar yang tumbuh pada bagian tumbuhan di atas tanah, pada batang di bawah tanah dan pada akar yang sudah cukup tua terutama yang telah mengalami pertumbuhan sekunder. Akar tambahan lazim terdapat di berbagai lokasi pada tanaman. Sering terjadi di buku (nodus) berhubungan dengan tumbuhnya tunas ketiak, menghasilkan batang baru tetapi terdapat pula terjadi di ruas internodus dan tak bergantung pada pertumbuhan tunas. memperbanyak vegetative yang mudah yang mencolok ditunjukkan oleh monokotil.

Pertumbuhan akar tambahan menyerupai akar lateral bersifat endogen dibentuk dari perisikel dekat jaringan pembuluh jauh di dalam akar. Pada batang, akar tambahan biasanya dibentuk dalam parenkim interfasikular, dan pada batang atau stek. Akar tambahan biasanya dibentuk di jaringan kalus yang sering berkembang di dasar potongan batang itu.

Bagi pertumbuhan pohon, akar tambahan amat penting karena akar pohon sering terluka di dalam tanah atau ketika dipangkas sehingga untuk tumbuh lebih lanjut akar semula perlu diganti oleh akar yang tumbuh oleh bagian di dekat yang terluka. Akar tambahan dibentuk dengan pembelahan sel parenkim yakni dari kalus atau jaringan di dekatnya. Jika unsure jaringan pembuluh dibentuk dalam akar tambahan, maka parenkim atau sel kalus di bagian proksimal dari primordium akan berdiferensiasi menjadi unsure jaringan pembuluh pula dan berhubungan dengan unsure sejenis dalam organ yang berkembang itu.