I. BATANG

A. Sifat Umum

Batang merupakan salah satu bagian dari tubuh tumbuhan. Selain sebagai tempat pelekatan daun, bunga dan buah, batang juga berfungsi sebagai jalan pengangkutan air dan zat-zat mineral yang terlarut di dalamnya. Pada beberapa tumbuhan, batang digunakan sebagai tempat menyimpan makanan cadangan.

Batang tumbuh pada titik tumbuh, yakni pada **Meristem Apeks** *(pucuk)*. Dari meristem tersebut dihasilkan pula ***bakal daun*** yang mula-mula berbentuk tonjolan, kemudian berkembang lebih cepat dari ujung batang itu sendiri, sehingga bakal daun menutupi meristem apeks.

Batang suatu tumbuhan dapat dengan mudah dibedakan dari bagian lain tubuh tumbuhan, karena sifat-sifat sebagai berikut :

1. Batang terdiri dari **Ruas** (*internode*) dan **Buku** (*buku*). Buku merupakan tempat pelekatan daun, sedangkan ruas berada diantara dua buku. Ruas pada batang dapat panjang atau pendek.
2. Pada umumnya berbentuk bulat panjang (*silinder*). Dapat pula berbentuk segitiga atau segi empat, tetapi selalu bersifat **Aktinomorf** (*simetris banyak*).
3. Arah tumbuh menuju cahaya (**Fototrop/Heliotrop**).
4. Memiliki **Tunas Aksilar** (*tunas ketiak*) pada setiap ketiak daun tunas ini akan tumbuh membentuk cabang. Pada Tumbuhan tak bercabang tunas aksilarnya inaktif.

Selain sifat-sifat di atas, permukaan batang juga memperlihatkan sifat yang bermacam-macam dan dapat dengan mudah dikenali. Permukaan batang dapat licin, berambut, bersayap, berduri, dan sebagainya. Pada beberapa tumbuhan permukaan batang memperlihatkan bekas-bekas daun yang permanen, sedangkan pada beberapa tumbuhan lainnya tidak.

B. Pola Percabangan

Batang tumbuhan dapat bercabang atau tidak bercabang. Percabangan tersebut terjadi melalui aktifitas tunas aksilar atau tunas adventitis. Percabangan pada batang dapat **dikotomi** (cabang menggarpu dua), yaitu bila titik tumbuh pada meristem apeks terbagi dua dan salah satu atau kedua bagian meristem tersebut tumbuh dengan cepat dan selanjutnya mengalami percangan dikotom lagi. Percabangan pada batang dapat juga mengikuti salah satu cara atau kedua berikut :

1. Suatu batang atau cabang dapat tumbuh terus sebagai aktifitas meristem apeks, membentuk batang atau cabang tunggal, yaitu hanya terdiri dari satu **unit batang** (*Caulomer*). Struktur batang atau cabang yang demikian disebut sebagai struktur **monopodial**.
2. Suatu batang atau cabang terbentuk dari suatu seri linier unit-unit batang (*suatu Seri Linier Caulomer*), di mana masing-masing unit batang (*Caulomer*) berkembang dari satu tunas aksilar yang berada pada bagian distal unit batang sebelumnya. Struktur ini terbentuk bila tunas terminal (apeks pucuk) "*hilang*", baik karena berkembang menjadi bunga atau karena atau karena terhenti pertumbuhan vegetatifnya. Sebagai akibatnya, tunas aksilaris dekat dibawah apeks pucuk berkembang menghasilkan batang atau cabang (*caulomer*). Jadi yang dimaksud dengan satu unit batang atau cabang adalah sumbu dimana aktifitas meristem apeksnya berlangsung sepanjang urutan diferensiasi yang sesuai untuk species yang bersangkutan, mulai dari awal hingga stadium reproduksi seksual. Konstruksi umum pola percabangan batang/cabang tertera pada gambar 3.

Berdasarkan pola percabangannya, tumbuhan dapat dikelompokkan kedalam model struktur percabangan berikut, sesuai dengan taraf kompleksitas percabangan tersebut.

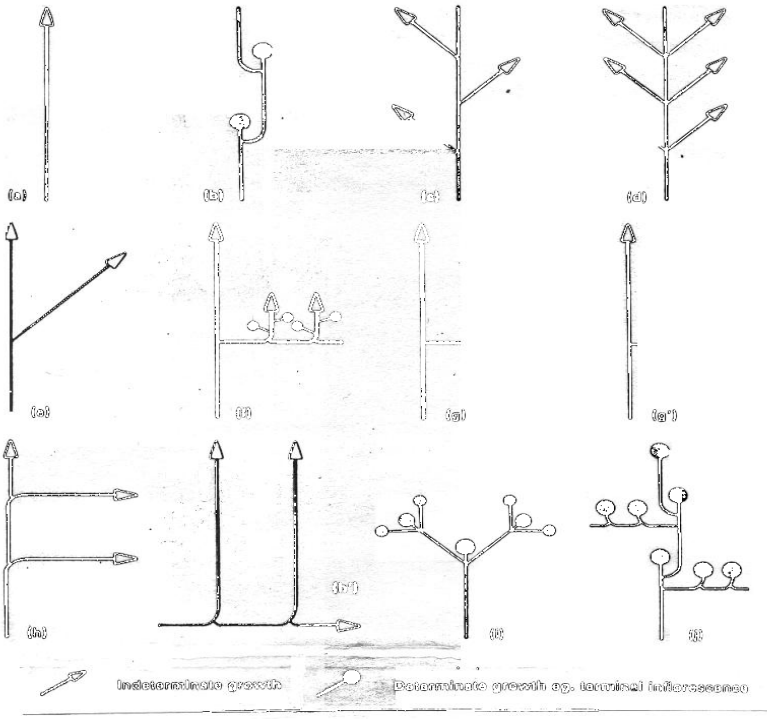
1. Tumbuhan tak bercabang

Tumbuhan tak bercabang atau disebut pula pohon **Monokaulis** adalah pohon dimana bagian vegetatif diatas tanah (batang) hanya terdiri dari satu sumbu yang dibentuk oleh satu meristem saja, yaitu meristem apeks. Jadi tubuh tumbuhan hanya dibentuk oleh satu caulomer saja. Pada tumbuhan seperti ini tunas aksilar biasanya tidak berfungsi atau inaktif. Perbungaan dapat terminal (diujung batang) atau lateral (dari ketiak daun).

Tumbuh-tumbuhan tak bercabang dapat dikelompokkan kedalam model struktur percabangan sebagai berikut :

a. Model Holtum

Batang tumbuh terbatas, tidak bercabang dan perbungaan letaknya terminal, misalnya pada *Agrave, Corypha umbraculifera, Metroxylon sago.*



Gambar 3. Konstruksi umum pola percabangan batang/cabang
a. struktur monopodial; b. struktur simpodial; c, batang dengan pertumbuhan koaksial; d. batang dengan pertumbuhan rimik; e. cabang ortotrop; f-g. cabang simpodial; h. cabang plagiotrop. h-h'. batang berstruktur campuran; i-j. incorporation sympodial units. (Sumber : Bell, A. D., 1991)

b. Model Corner

Batang tumbuh tak terbatas (kontinu), tidak bercabang dan perbungaan letaknya lateral, misalnya pada *Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis*, *Ravenala madagascarriensis*, dan *Carica papaya*..

2. Tumbuhan bercabang

Pada tumbuhan yang bercabang, struktur sumbu vegetatif menunjukkan **Artikulasi** (bersambungan). Setiap unit artikulasi terbentuk oleh satu unit batang (*Caulomer)*. Oleh karena itu tubuh tumbuhan bercabang terdiri dari caulomer-caulomer yang jumlahnya tak terbatas. Tumbuhan bercabang dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok model struktur percabangan sebagai berikut :

a. Tumbuhan dengan Sumbu Vegetatif Semua Ekivalen dan Ortotrop (Tumbuh Ke Atas)

Tumbuhan yang termasuk kelompok ini memiliki caulomer-caulomer yang **ekivalen secara morfologi** dan semua berasal dari caulomer sebelumnya dengan **mekanisme simpodial**. Caulomer-caulomer dapat membentuk suatu struktur vegetatif di atas tanah dan mempunyai asal, cara tumbuh dan fungsi biologi yang sama serta semua **tumbuh ke arah vertikal** (atas), atau caulomer-caulomer seluruhnya dapat berada di atas tanah dan menempati ruang yang tersedia, sehingga membentuk struktur **artikulasi tiga dimensi**. Yang termasuk ke dalam kelompok model struktur percabangan ini adalah :

3) Model Tomlinson

Tumbuhan dengan struktur percabangan simpodial. Setiap caulomer muncul dari bagian proksimal caulomer sebelumnya dan tumbuh ortotrop. Pertumbuhan caulomer dapat terbatas atau tidak terbatas, misalnya : *Musa, Strelitzia,* dan *Canna.*

2) . Model Chamberlain

Batang dengan struktur simpodial, membentuk struktur artikulasi linier dan setia caulomer baru dibentuk pada ujung distal caulomersebelumnya. Tidak ada caulomer yang tumbuh horizontal dan setiap caulomer hanya menghasilkan satu caulomer baru, misalnya *Jatropha Multifida* dan *Clerodendron Paniculatum*.

3). Model Leeuwenberg

Tumbuhan dengan struktur percabangan simpodial. Setiap caulomer menghasilkan lebih dari satu caulomer baru pada bagian proksimalnya. Caulomer-caulomer baru ini tumbuh menempati ruang yang tersedia, sehingga membentuk struktur artikulasi tiga dimensi. Perbungaan letaknya selalu terminal, misalnya *Plumeria acutifolia, Manihot esculenta, Ricinus comunis, Quassia* dan *Solanum.*

4). Model Schoute

Tumbuhan dengan pola percabangan dikotomi dan perbungaan letaknya lateral. Tumbuhan dengan struktur percabangan model *Schoute* ini jarang ditemukan. Satu-satunya contoh adalah *Hyphaene thebaica.*

b. Tumbuhan dengan Sumbu Vegetatif Terdiferensiasi

Tumbuhan yang termasuk kelompok model ini sumbu vegetatifnya menunjukkan berbagai **spesialisasi fungsi**, sehingga dengan mudah dapat dibedakan antara batang utama dengan cabang-cabangnya. Batang utama memiliki peran mengembangkan dasar yang kokoh dan mampu tumbuh mencapai tinggi sedemikian rupa, sehingga memungkinkan daun dipucuknya memperoleh sinar matahari yang cukup. Akibatnya, batang utama menentukan tinggi pohon yang akhirnya dapat dicapai. Pertumbuhan batang utama dapat terus-menerus (kontinu) atau ritmik. Bila batang utama pertumbuhannya ritmik, ketika periode reda tumbuh tercapai, daun-daun dan tunas aksilar yang terbentuk tersusun dalam karangan. Pada saat ini pula, tunas aksilar beberapa daun dekat di bawah meristem apeks tumbuh menghasilkan cabang-cabang yang **Plagiotrop** (tumbuh horizontal). Cabang-cabang tersebut dapat

berstruktur monopodial atau berstruktur simpodial. Kelompok model struktur percabangan ini meliputi :

1). Model Kwan-Koriba

Batang dengan struktur simpodial. Setiap caulomer pembentuk batang menghasilkan lebih dari satu cabang (caulomer baru) ke arah lateral pada bagian distalnya. Salah satu cabang terdiferensiasi secara sekunder sehingga posisi tumbuhnya menjadi kearah vertikal, meneruskan pertumbuhan batang ke arah atas. Misalnya *Alstonia macrophylla* dan *Cerbera manghas.*

2). Model Pevost

Batang berstruktur simpodial. Setiap caulomer pembentuk batang menghasilkan lebih dari satu cabang (caulomer baru) pada bagian distalnya. Salah satu dari cabang-cabang yang lain pada awalnya tumbuh ortotrop, kemudia menjadi plagiotrop (mendatar) karena oposisi atau substitusi. Misalnya *Euphorbia pulcherima* dan beberapa species *Piper.*

3). Model Fagerlind

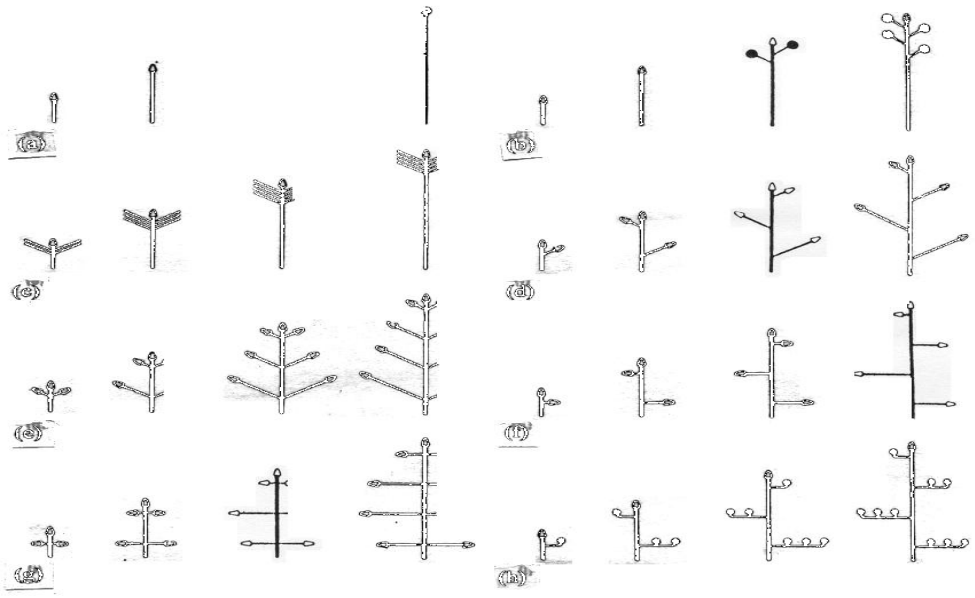
Batang berstruktur monopodial dan pertumbuhannya ritmik. Cabang tersusun seperti dalam karangan sebagai akibat pertumbuhan ritmik dari batang. Cabang tersebut berstruktur sympodial dan tumbuh plagiotrop. Misalnya *Rhotmania longiflora* dan *Miconia sp.*

4). Model Petit

Batang berstruktur monopodial dengan pertumbuhan kontinu. Cabang tumbuh **plagiotrop** dan berstruktur simpodial. Misalnya *Gossypium arboreum, Gossypium hirsutum,* dan *Morinda lucida*

5). Model Aubreville

Batang berstruktur monopodial dengan tumbuhan ritmik. Cabang tersusun seperti dalam karangan dan tumbuh plagiotrop. Setiap cabang berstruktur simpodial yang dibentuk oleh calomer-calomer yang tumbuhnya tak terbatas. Misalnya *Terminalia catapa, Elaeocarpus pedunculatus,* dan *Manilkara hidentata*.



Gambar 4. Model percabangan. a. Model Holtum; b. Model Corner; c. Model Cook; d. Model Attims; e. Model Rauh; f. Model Roux; g. Model Massart; h. Model Petit (Sumber : Bell, A. D., 1991)

6). Model Scarrone

Batang berstruktur monopodial dengan pertumbuhan ritmik. Cabang tersusun seperti dalam karangan, berstruktur simpodial, dan tumbuh ortrotop. Perbungaan

letaknya terminal pada cabang. Misalnya *Mangifera indica, Casia siamea,* dan *PAndanus candelabrum.*

7). Model Rauh

Batang berstuktur monopodial dengan pertumbuhan ritmik. Cabang tersusun seperti dalam karangan, berstruktur monopodial, pertumbuhannya ritmik dan ortotrop. Cabang dengan batang secara morfologi identik. Misalnya *Hevea braziliensis, Araucaria araucana, Pinus mercusii, Pinus silvestris, Podocarpus salicifolius, Dillenia indica,* dan *Canarium schweinfurthii*.

8). Model Attim

Batang berstruktur monopodial. Cabang dengan batang secara morfologi identik. Misalnya *Casuarina equisetifolia, Eucalyptus globulus,* dan *Rhizophora recemosa.*

9). Model Nozeran

Batang berstruktur simpodial dengan pertumbuhan ritmik. Setiap caulomer penyusun batang

10). Model Massart

Batang tumbuh ortotrop dengan pertumbuhan ritmik dan berstruktur monopodial. Cabang tersusun seperti dalam karangan, tumbuh plagiotrop, dan berstruktur monopodial atau simpodial. Misalnya *Abies alba, taxus baecata, Ceiba pentandra, Diospyros sp, dan Myristica fragrans.*

11). Model Raux

Batang berstruktur monopodial dengan pertumbuhan kontinu. Cabang berstruktur monopodial dan tumbuh plagiotrop. Misalnya *Cananga odorata, Durio zibethinus, Phyllanthus discoideus, Coffea arabica,* dan *Celtis integrifolia*.

12). Model Cook

Batang berstruktur monopidial dengan pertumbuhan kontinu. Cabang dibentuk secara terus-menerus, tetapi keberadaannya sementara (sebentar). Misalnya *Homalium sp.,* dan *Conthium glabriflorum*.

c. Tumbuhan dengan Sumbu Vegetatif Berstruktur Campuran

Pada kelompok ini, batang utama tumbuhan berstruktur simpodial, yakni terdiri dari beberapa unit caulomer. Setiap caulomer terdiri atas dua bagian yaitu bagian basal

yang tumbuh vertikal dan berfungsi sebagai **batang utama**, dan bagian distal yang tumbuh horizontal dan berperan sebagai **cabang**. Kedua bagian tersebut dipisahkan oleh lengkungan yang sudutnya bervariasi. Lengkungan ini berperan sebagai puncak pohon. Dengan kata lain puncak pohon yang sebenarnya adalah lengkungan dari caulomer yang paling atas (terakhir).

1). Model Champagnat

Batang tumbuhan ortotrop dan berstruktur simpodial. Bagian distal dari setiap caulomer yang membentuk batang tumbuh ke arah samping dan akhirnya terkulai karena bebannya sendiri, misalnya *Thunbergia erecta, Sambucus nigra, Caesalpinia pulcherima, Lagerstroemia indica, Bouganvillea spectabilis, B. glabra,* dan *Rubus saxatilis.*

2). Model Mangenot

Batang tumbuh ortotrop dan berstruktur simpodial. Bagian distal dari setiap caulomer yang membentuk batang tumbuh ke arah samping, membentuk cabang yang tumbuh plagiotrop. Misalnya *Canthium orthacantum* dan *Guatteria sp.*

3). Model Troll

Batang maupun cabang tumbuh plagiotrop, kecuali pada sebagian kecil daerah proksimal. Bagian proksimal dari setiap caulomer pembentuk batang terorientasi secara sekunder ke arah vertikal. Misalnya *Annona muricata, Bridelia micrantha, Nauhinia pupurea, Cassia javanica, Delonix regia, Celtis australis,* dan *Pterocarpus officinalis.*

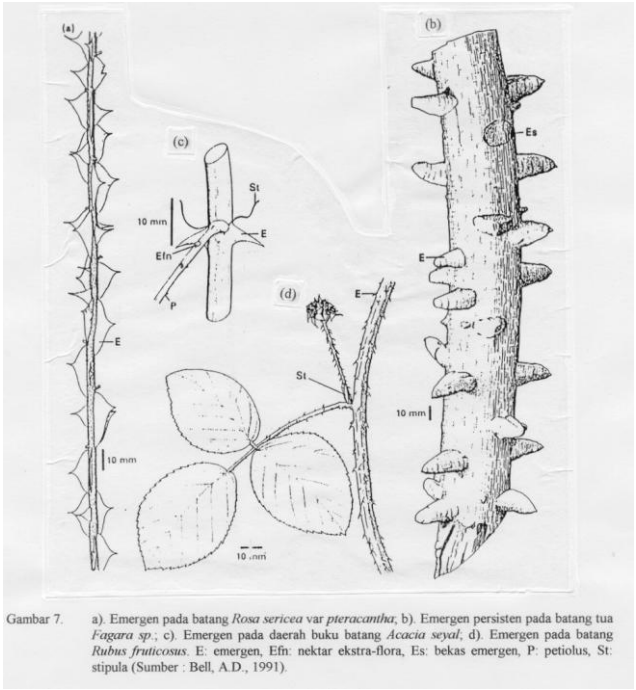
C. Modifikasi batang

Selain daun dan tunas aksilar, pada batang terdapat pula struktur yang berupa tonjolan yang disebut ***emergen*** . Emergen bukan merupakan cabang, daun atau akar adventitis, bukan pula merupakan bentuk modifikasinya, melainkan suatu struktur yang terbentuk dari sel-sel turunan jaringan yang terdapat di bawah epidermis.

Jaringan ini disebut sebagai jaringan **subepidermis**. Emergen biasanya relatif mudah lepas dan meninggalkan bekas. Pada beberapa tumbuhan, emergen sifatnya (kekal) dan pada batang yang telah tua sifatnya berubah menjadi struktur yang relatif padat. Emergen pada batang sering dihubungkan dengan kebutuhan akan organ untuk memanjat atau sebagai alat pertahanan.

1. Sulur batang dan sulur cabang

Pada beberapa tumbuhan memanjat, batang biasanya membentuk struktur khusus sebagai alat panjat yang disebut sebagai sulur. Sulur dapat merupakan hasil dari modifikasi daun secara keseluruhan atau bagian-bagiannya, atau merupakan modifikasi batang atau cabang. Sulur yang dibentuk sebagai hasil dari modifikasi batang atau cabang disebut sebagai **sulur batang** atau **sulur cabang.Sulur** batang dapat mengalami **pertumbuhan sekunder**, sehingga dapat menebal dan membentuk alat pegang yang permanen**.** Bila batang yang menjadi sulur tersebut mengelilingi penyokongnya berkali-kali, tinggi tumbuhan secara keseluruhan tampak lebih pendek dari panjang batang sesungguhnya, sebagai akibat terbentuknya kumparan mengelilingi penyokongnya. Sulur batang dapat bercabang dan **memiliki karakteristik umum batang**. Sulur batang merupakan alat panjat utama pada beberapa tumbuhan liana. Sulur cabang dibentuk sebagai **hasil modifikasi tunas aksilar** atau merupakan suatu cara penghentian pertumbuhan apeks. Bila sulur cabang dibentuk sebagai hasil manifestasi penghentian pertumbuhan apeks, pertumbuhan selanjutnya dari tumbuhan itu akan diteruskan oleh tunas aksilar, sehingga sumbu tubuh akan membentuk struktur simpodial. Sulur cabang yang terbentuk dari hasil perkembangan tunas aksilar muncul dari ketiak daun. Pada sulur seperti ini dapat dibentuk daun dan dapat pula tidak. Umumnya sulur cabang **tidak berdaun** dan **pertumbuhannya terbatas**. Pada beberapa tumbuhan, sulur cabang dapat mengalami pertumbuhan sekunder.

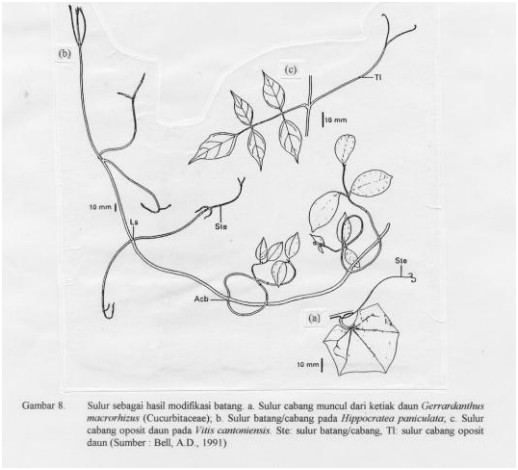


Gambar 7. a). Emergen pada batang *Rosa sericea* var *pteracantha*; b). Emergen persisten pada batang tua *Fagara sp.*; c). Emergen pada daerah buku batang *Acacia seyal*; d). Emergen pada batang *Rubus fruticosus*. E: emergen, Efn: nektar ekstra-flora, Es: bekas emergen, P: petiolus, St: stipula (Sumber : Bell, A.D., 1991).

2. **Kladodium, Rizoma, Stolon dan Geragih**

Pada tumbuhan yang seluruh daunnya termodifikasi menjadi duri atau sisik, biasanya batang tumbuhan tersebut mengambil alih fungsi daun sebagai tempat fotosintesis. Batang yang demikian itu dapat berbentuk bulat atau memipih dan berwarna hijau. Batang yang termodifikasi fungsinya sebagai tempat fotosintesis ini disebut sebagai **kladodium.**

Pada umumnya batang tumbuhan tumbuh tegak di atas permukaan tanah, tetapi pada sebagian tumbuhan batangnya tumbuh mendatar di bawah permukaan tanah. Batang seperti ini disebut sebagai **rhizoma**. Rhizoma dapat **berdaging** atau **berkayu** dan **memiliki ruas dan buku**. Pada buku terdapat daun yang telah termodifikasi menjadi **sisik** (lihat pembahasan tentang modifikasi daun). Sisik tersebut berfungsi sebagai pelindung apeks pucuk ketika masih muda dan berada di dalam tanah. Pada



Gambar 8. Sulur sebagai hasil modifikasi batang. a. Sulur cabang muncul dari ketiak daun *Gerrardanthus macrorhizus* (Cucurbitaceae), b. Sulur batang/cabang pada *Hippocratea paniculata*, c. Sulur cabang oposit daun pada *Vitis cantoniensis*. Ste. sulur batang/cabang, Tl. sulur cabang oposit daun (Sumber : Bell, A.D., 1991)

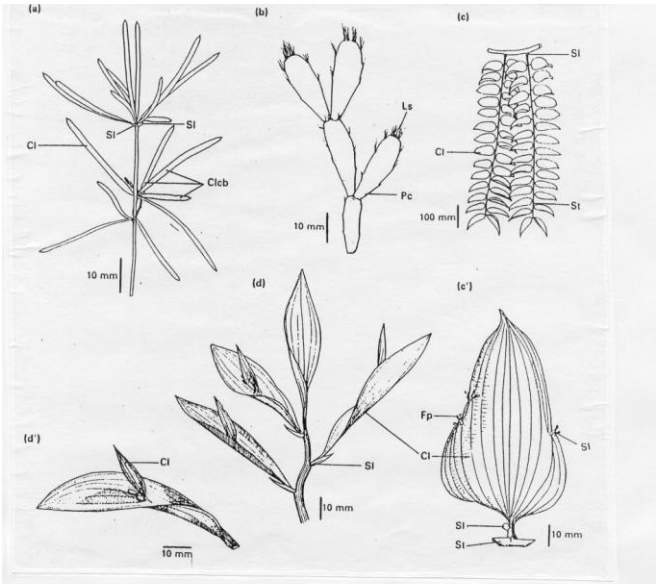
setiap ketiak sisik terdapat tunas aksilar yang akan membentuk rhizoma yang baru. Selain sisik, pada buku juga terdapat akar. Akar-akar ini merupakan **akar adventitis**.

Tumbuhan yang batangnya berbentuk rhizoma biasanya memiliki pola **percabangan simpodial**. Bagian ujung distal rhizoma yang masih tumbuh biasanya tumbuh tegak dan keluar dari dalam tanah, membentuk bagian tubuh di atas permukaan tanah. Pertumbuhan ujung distal ini diakhiri dengan suatu **perbungaan** yang letaknya terminal. Pertumbuhan batang selanjutnya diteruskan oleh tunas aksilar yang terdapat pada ketiak sisik.

Pada beberapa tumbuhan, batang tumbuh mendatar tidak di bawah permukaan tanah melainkan di atas permukaan tanah (menjalar di permukaan tanah). Batang yang demikian itu disebut sebagai **stolon** (gambar 10). Stolon memiliki struktur yang berbeda dengan rhizoma, **ruas-ruas pada stolon lebih panjang** dan berdiameter lebih kecil. Pada setiap buku dari stolon biasanya terdapat **akar dan daun**. Daun-daun pada stolon **jarang sekali termodifikasi menjadi sisik**. Stolon berkembang dari kecambah ke arah radial, kemudian memisahkan diri karena buku yang memiliki akar membentuk tunas baru atau karena terputus oleh sebab mekanik. Pola percabangan pada stolon dapat monopodial atau simpodial.

Bentuk lain dari batang yang termodifikasi adalah **geragih** (runner), yaitu batang yang tumbuh mendatar di atas permukaan tanah, terdiri dari **hanya satu atau**

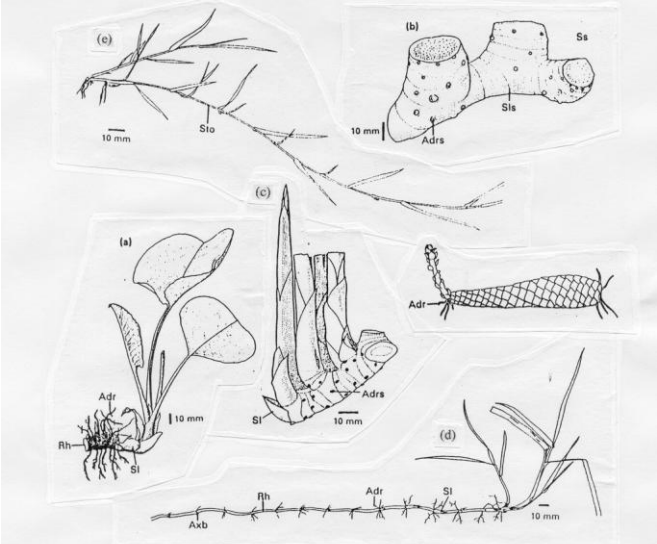
beberapa ruas batang yang berukuran sangat panjang. Pada ujung distal geragih biasanya terdapat daun yang tersusun dalam roset. Pada geragih, akar tidak terdapat pada setiap buku yang terletak di antara tumbuhan induk dan tunas (anakan). Pada buku-buku tersebut hanya terdapat daun yang berupa sisik. Geragih memiliki masa hidup yang pendek, karena pembentukan geragih berkaitan dengan kemampuan tumbuhan untuk memperbanyak diri secara vegetatif .



Gambar 9. Cladodium/phyllocladium. a). *Asparagus densiflorus*; b). *Rhipsalidopsis rosea*; c). & c'). *Semele androgyna*; d). *Ruscus hypoglosum*. Cl: cladodium, Cleb: percabangan cladodium, Fp: perbungaan, Ls: duri daun, Pc: phyllocladium, Sl: sisik, St: batang (Sumber Bell, A.D., 1991).

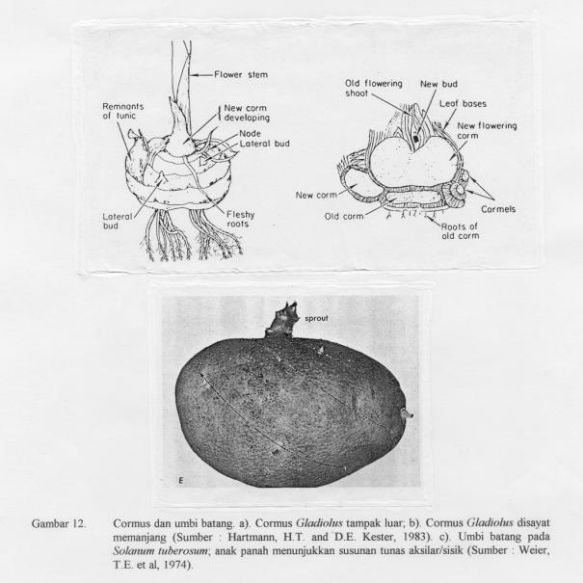
3. Kormus (subang) dan Umbi Batang/Cabang

Kormus merupakan **batang yang membengkak** ditutupi oleh daun-daun yang menyerupai sisik. Kormus berbeda dengan bulbus (umbi lapis), karena kormus secara nyata adalah batang dengan buku dan ruas yang dapat dibedakan, sedangkan bulbus secara dominan dibentuk oleh daun-daun sisik yang menebal. Bagian dalam kormus terdiri dari jaringan penyimpan cadangan makanan yang disusun oleh sel-sel



Gambar 10. Rhizoma dan stolon. a). *Petasites hybridus*; b). *Costus spiralis*; c). *Cyperus alternifolius*; d). *Agropyron repens*; e). *Agrotis stolonifera*. Adr: akar adventitis, Axb: tunas aksilar, Rh: rhizoma, Sl: sisik, Sls: bekas sisik, Sto: stolon (Sumber : Bell, A.D., 1991).

parenkim. Pada kormus dewasa, struktur serupa sisik yang telah mengering melekat pada setiap buku (nodes). Struktur serupa sisik ini disebut sebagai **tunic**. Tunic sebenarnya merupakan sisa daun bagian basal yang mengering dan persisten, berfungsi sebagai pelindung kormus dari luka dan kehilangan air. Pada bagian apeks dari kormus terdapat apeks pucuk yang akan berkembang membentuk daun dan perbungaan. Tunas aksilar dihasilkan pada setiap buku. Kormus menghasilkan dua tipe akar, yaitu akar serabut yang berkembang dari bagian basal kormus induk dan akar kontraktil yang berkembang pada bagian basal setiap kormus baru (gambar 12). Kormus baru terbentuk sebagai hasil perkembangan tunas aksilar membentuk sumbu di atas permukaan tanah. Beberapa minggu setelah tunas aksilar ini berkembang akan dibentuk perbungaan. Pada waktu yang sama ketika perbungaan terbentuk, bagian basal dari sumbu tubuh yang dibentuk tunas aksilar ini menebal membentuk kormus baru di bagian atas kormus lama. Kormus baru terus membesar dan kormus lama mengkerut karena isinya digunakan untuk membentuk bunga.



Gambar 12. Cormus dan umbi batang. a). Cormus *Gladiolus* tampak luar; b). Cormus *Gladiolus* disayat memanjang (Sumber : Hartmann, H.T. and D.E. Kester, 1983). c). Umbi batang pada *Solanum tuberosum*; anak panah menunjukkan susunan tunas aksilar/sisik (Sumber : Weier, T.E. et al, 1974).

Setelah masa berbunga berakhir, daun terus berfotosintesis, membentuk zat-zat makanan yang disimpan dalam kormus baru, sehingga ketika daun-daun mengering telah terbentuk satu atau beberapa kormus baru. Kormus-kormus baru ini mengalami dorman hingga musim pertumbuhan berikutnya. Pada bagian basal kormus-kormus baru ini dapat ditemukan pula struktur seperti stolon (stolonlike) yang pada ujungnya terdapat pembengkakan seperti kormus kecil. Struktur seperti ini disebut sebagai **cormel**. Cormel dapat tumbuh membentuk sumbu tubuh di atas tanah dan menghasilkan perbungaan, tetapi memerlukan waktu yang cukup lama, yaitu sekitar satu atau dua tahun. Pada beberapa tumbuhan yang batangnya tumbuh di bawah permukaan tanah, batang dapat mengalami **pembengkakan** sebagai akibat kebutuhan akan organ tempat menyimpan makanan cadangan. Batang yang mengalami pembengkakan tersebut dinamakan **umbi batang**. Umbi batang dapat terbentuk oleh **hanya satu ruas atau beberapa ruas batang** dan pada setiap bukunya terdapat sisik yang memiliki **tunas aksilar**. Tunas aksilar ini dapat tumbuh membentuk sumbu vegetatif baru. Adanya sisik (daun yang termodifikasi menjadi sisik) dan tunas aksilar membedakan umbi batang dari umbi akar.

Umbi batang berbeda dari rhizoma karena umbi batang ini terbentuk pada bagian distal dari batang yang tumbuh mendatar di bawah permukaan tanah. Jadi umbi batang tidak berstruktur simpodial seperti halnya rhizoma. Bentuk lain dari umbi yang merupakan hasil modifikasi batang adalah umbi yang terbentuk pada

batang yang tumbuh di atas permukaan tanah (aerial shoot). Umbi seperti ini biasanya terbentuk sebagai akibat **perkembangan tunas aksilar** untuk memenuhi kebutuhan akan organ tempat menyimpan makanan cadangan, Oleh karena itu, umbi yang terbentuk letaknya selalu berada pada ketiak daun, seperti pada *Dioscorea*. Umbi seperti ini dapat pula disebut sebagai **umbi cabang**. Biasanya umbi cabang mudah lepas dari batangnya dan berfungsi sebagai alat reproduksi vegetatif.

4.Duri Batang

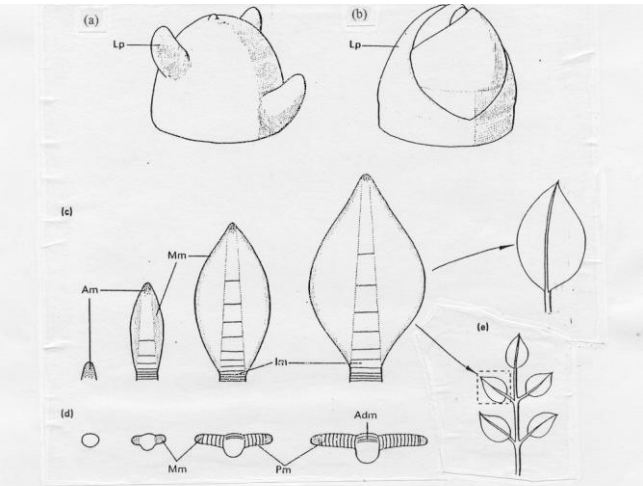
Batang selain termodifikasi menjadi cladodium/phyllocladodium, umbi batang /cabang, rhizoma, stolon dan geragih, juga dapat termodifikasi menjadi duri. Suatu batang/cabang termodifikasi menjadi duri apabila sel-sel meristem apeks kehilangan sifat meristematiknya dan dinding selnya mengalami penebalan kayu. Pada beberapa tumbuhan, duri hasil modifikasi batang tersebut dapat menghasilkan daun. Pada beberapa tumbuhan lainnya duri batang merupakan modifikasi dari perkembangan tunas aksilar, sehingga duri tampak muncul dari ketiak daun.

II. Daun

A. Perkembangan

Daun baru berkembang dari primordial daun yang dibentuk pada meristem apeks. Setiap primordial daun terbentuk pada bagian panggul meristem apeks pucuk. Ketika primordial daun baru terbentuk, primordial daun sebelumnya (yang lebih tua) telah melebar secara progresif, sebagai akibat aktifitas meristem di dalam daun itu sendiri. Interval waktu antara pembentukan primordial daun sebelumnya dengan primordial daun berikutnya pada meristem apeks disebut *plastokron*.

Primordial daun pada tumbuhan dikotil biasanya terbentuk pada sebagian kecil dari diameter meristem apeks pucuk, sedangkan pada tumbuhan monokotil, primordial daun terbentuk dan berkembang pada sekeliling meristem apeks pucuk. Jadi, daun dikotil yang sangat muda tampak berbentuk seperti pasak, sedangkan daun monokotil tampak seperti kerah baju yang menutupi seluruh apek pucuk .



Gambar 14. a). Penampakan apeks pucuk secara diagram pada dikotil; b). pada monokotil; c). Zona meristematik dari perkembangan daun dilihat dari atas; d). pada sayatan melintang. Adm: meristem adaksial, Am: meristem apeks, Im: meristem interkalar, Lp: primordial daun, Mm: meristem tepi, Pm: plate meristem (Sumber : Bell, A.D., 1991).

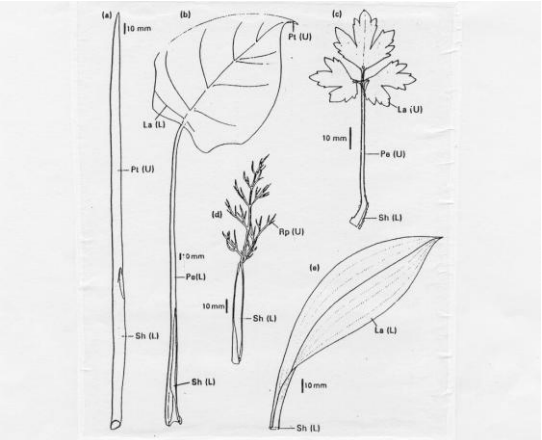
Primordial daun akan terus berkembang ukurannya secara berangsur-angsur sehingga mencapai ukuran dan bentuk tertentu. Bertambahnya ukuran daun terjadi sebagai akibat bertambahnya jumlah sel yang diikuti dengan penambahan ukuran sel. Pembelahan sel berbeda-beda pada daerah tertentu dari meristem daun, sehingga terjadi **aktifitas diferensial** dari meristem daun yang menyebabkan terbentuknya bentuk-bentuk daun yang berbeda.

Pada awal perkembangan daun, aktifitas meristem daun menyebabkan terjadinya perpanjangan daun. Perpanjangan daun berikutnya terjadi sebagai akibat **aktifitas meristem interkalar**. Pelebaran daun (bifacial/dorsoventral) terjadi bila meristem tepi daun aktif melakukan pembelahan sel. Bila aktifitas **meristem tepi** tersebut terbatas hanya pada daerah-daerah tertentu saja, maka akan terbentuk daun yang berbagi menyirip atau majemuk menyirip. Jadi, pada dasarnya bentuk daun sangat tergantung dari perkembangannya, terutama pembelahan dan pembesaran sel. Selain itu, adanya kematian sel pada daerah-daerah tertentu selama perkembangan daun berlangsung juga dapat menentukan bentuk akhir dari suatu daun. Perkembangan daun seperti inilah yang merupakan dasar bagi terbentuknya basal daun, ujung daun, tepi daun, dan bentuk geometri daun yang berbeda-beda.

B.. Bagian-bagian

Daun tumbuhan memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi, mulai dari yang berbentuk duri kecil pada kaktus hingga yang berbentuk lebar pada palm. Sekalipun bentuk dan ukuran daun tampak bervariasi, pada dasarnya daun terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian basal yang berkembang menjadi pelepah (**vagina**), tangkai daun (**petiolus)** dan helaian daun (**lamina**). Daun yang memiliki ketiga bagian tersebut dinamakan **daun lengkap**.

Pada sebagian besar tumbuhan, daun hanya terdiri dari satu atau dua bagian saja, yakni helai daun saja, tangkai dan helai daun, pelepah dan helai daun, atau tangkai daun saja. Daun-daun yang demikian dinamakan sebagai **daun tak lengkap**.



Gambar 15. Daun lengkap dan tak lengkap. a) *Allium cepa*, b). *Monstera deliciosa*, c). *Ranunculus repens*; d). *Foeniculum vulgare*; e). *Rossioglossum grande*. La: lamina, Pe: petiolus, Sh: pelepah (Sumber : Bell A.D, 1991)

Pada bagian basal petiolus terdapat bagian yang membengkak. Bagian ini disebut sebagai sendi daun (**pulvinus**). Pulvinus dapat merupakan engsel bagi pergerakan daun (terutama pada daun majemuk). Pergerakan ini dipengaruhi kadar air dalam pulvinus. Pada bagian pangkal pulvinus, yaitu bagian yang melekat pada batang, terdapat lapisan-lapisan sel yang dapat mengalami perubahan struktur dinding sel, terutama ketika daun mengalami penuaan. Lapisan sel-sel ini disebut sebagai lapisan **absisi**. Adanya lapisan absisi ini memungkinkan daun untuk lepas dari tampat perlekatannya ketika daun telah mengalami penuaan (pelajari pembentukan lapisan absisi secara anatomi).

Selain bagian-bagian di atas, pada beberapa tumbuhan ditemukan adanya bagian-bagian tambahan, seperti daun penumpu (**stipula**), selaput bumbung (**ochrea**) dan lidah daun

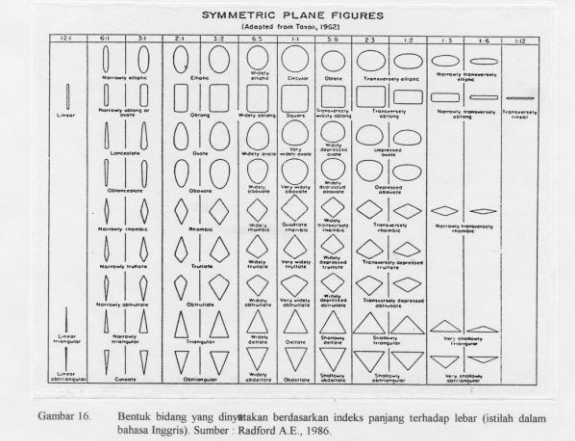
(**ligula**). Stipula terdapat pada pangkal tangkai daun dan berguna untuk melindungi daun ketika masih muda. Ochrea melekat pada bagian atas tempat perlekatan daun dan biasanya menyelubungi ruas batang, sedangkan ligula terdapat di antara vagina dan lamina. Ligula umum ditemukan pada Graminae.

C. Helaian, Apeks, dan Basal

1. Bentuk helaian daun

Bentuk daun pada dasarnya dinyatakan berdasarkan **bentuk dari helaiannya** tanpa dipengaruhi oleh ada tidaknya torehan pada tepi daun. Istilah untuk menyatakan bentuk daun tersebut biasanya digunakan kata-kata yang umum untuk menyatakan bentuk suatu benda.

Pada umumnya, istilah untuk menyatakan bentuk suatu benda selalu dihubungkan dengan bentuk dua dimensi (two-dimensional shape) dari benda tersebut dan sebagian besar didasarkan pada rasioa panjang terhadap lebar (**indeks**). Selain itu, dalam menyatakan suatu bentuk, **letak bagian yang terlebar** perlu diperhatikan. Apakah bagian terlebar tersebut berada di bawah bagian tengah, di bagian tengah atau di atas begian tengah helaian. Hubungan antara indeks dengan letak bagian terlebar untuk menyatakan istilah bentuk dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Bentuk bidang yang dinyatakan berdasarkan indeks panjang terhadap lebar (istilah dalam bahasa Inggris). Sumber : Radford A.E., 1986.

Dalam menyatakan bentuk suatu daun, selain memperhatikan indeks dan letak bagian yang terlebar, dapat pula digunakan bentuk persamaan dengan benda-benda lainnya, seperti bentuk tombak, panah, dan sebagainya..

2. Apeks dan pangkal

Selain bentuk helaian daun, apeks dan pangkal daun juga memperlihatkan bentuk yang beraneka ragam. Bentuk apeks daun yang sering dijumpai antara lain runcing (**acutus**), meruncing (**acuminatus**), tumpul (**obtusus**), membulat (**rotundu**s), rompang (**truncarus**), terbelah (**retusus**) dan berduri (**mucronatus**).

Istilah-istilah yang digunakan untuk menyatakan bentuk apeks daun pada umumnya dapat digunakanuntuk menyatakan bentuk pangkal daun. Namun, pada beberapa tumbuhan, bentuk bentuk pangkal daun berkaitan erat dengan pelekatan daun tersebut terhadap batangnya.

D. Pertulangan Daun

Pertulangan daun merupakan suatu karakteristik bagi daun tumbuhan. Dari segi anatomi, pertulangan daun sebenarnya merupakan suatu susunan ikatan pembuluh yang berada pada helaian daun. Pola susunan pertulangan daun sering berbeda untuk setiap spesies atau merupakan karakteristik bagi suatu kelompok taksonomi yang lebih besar. Susunan pertulangan daun dari daun tumbuhan biasanya terdiri dari:

1. Tulang daun primer (***Midrib, Costa***, Ibu tulang daun), yaitu tulang daun yang muncul dari dasar helaian daun dan berakhir pada apeks daun.
2. Tulang daun sekunder (tulang daun lateral/***Nervus lateralis***), yaitu cabang dari tulang daun primer.
3. Tulang daun tertier (***Veins***), yaitu tulang daun yang beruykuran lebih kecil dari tulang daun sekunder dan merupakan cabang dari tulang daun primer atau sekunder.
4. Tulang daun kuarter (***Veinlets***), yaitu tulang daun yang paling kecil yang masih dapat dilihat. Tulang daun inilah yang biasanya membentuk susunan pertulangan daun tertutup bila satu sama lain saling bertemu (***anastomosa***) atau susunan pertulangan terbuka bila tidak saling ber-anastomosa.

Pada beberapa daun terdapat cabang tulang daun yang mengarah ke tepi daun, membelok ke arah atas dan bertemu dengan cabang tulang daun di atasnya, sehingga tampak kurang lebih sejajar dengan tepi daun. Tulang-tulang daun yang sejajar dengan tepi daun tersebut dinamakan sebagai tulang daun tepi (***intramarginal nerve***).

Pada dasarnya terdapat dua pola pertulangan daun yang umum ditemukan, yaitu pertulangan daun menjala (***reticulate***) yang merupakan karakteristik bagi tumbuhan dikotil dan pertulangan daun sejajar (***linier***/***striate***) yang merupakan karakteristik bagi tumbuhan monokotil (gambar 19). Pola pertulangan daun menjala terbentuk bila tulang daun mengalami percabangan yang banyak dan satu sama lain saling ber-anastomosa serta ujung-ujungnya bebas, sedangkan pola pertulangan daun sejajar terbentuk bila suatu daun mempunyai tiga atau lebih tulang daun primer (dengan satu atau tanpa tulang daun dominan) yang letaknya kurang lebih sejajar satu sama lain mulai dari dasar helaian hingga bertemu di bagian apeks daun.

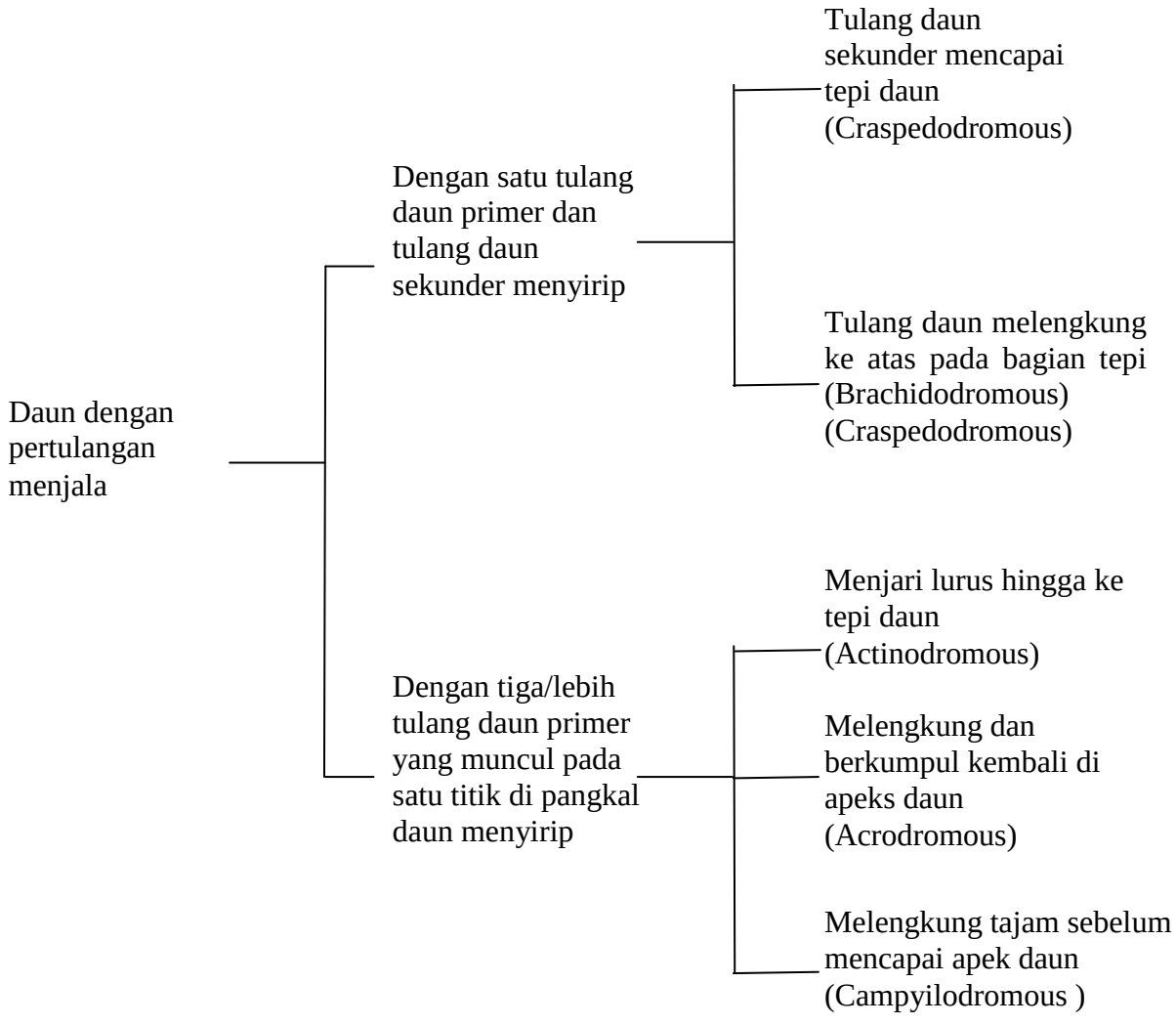
Daun dengan pertulangan sejajar biasanya memiliki sedikit atau tanpa ujung-ujung tulang daun yang bebas. Selanjutnya, adanya tulang-tulang daun yang sejajar merefleksikan bahwa bagian dasar daun melekat pada sekeliling batang. Tulang-tulang daun yang sejajar dihubungkan satu sama lain oleh tulang-tulang daun melintang yang berukuran sangat kecil (halus), membentuk seperti tangga.

Salah satu tipe dari daun dengan pertulangan daun menjala yaitu dengan satu tulang daun primer yang dominan dan bercabang membentuk tulang daun sekunder yang menyirip. Bila tulang daun sekunder yang meryirip sampai ke tepi daun (gambar 20A), maka daun tersebut termasuk ke dalam tipe ***Craspedodromous*** (kraspedon = tepi, pinggir), tetapi bila tulang daun sekunder yang menyirip tersebut tidak mencapai tepi daun melainkan membelok ke arah atas membentuk tulang daun tepi (gambar 20B), maka daun tersebut termasuk ke dalam tipe ***Camptodromous***/***Brachidodromous*** (Brocos = simpul).

Tepi lain dari daun dengan pertulangan menjala adalah daun dengan tiga atau lebih tulang daun primer yang menjari, yakni tulang-tulang daun tersebut menyebar (menjari) dari satu titik pada dasar helaian daun (ujung petiolus) atau dekat dasar helaian daun

hingga mencapai tepi daun. tepi daun seperti ini disebut sebagai tipe daun ***Actinodromous*** (aktinos = lengan yang memancar/menjari). Jika dua atau lebih tulang daun primer atau sekunder yang menyebar (menjari) dari satu titik di dasar helaian daun membentuk suatu lengkungan mengikuti lebar daun dan bertemu kembali di apkes daun, maka daun tersebut termasuk ke dalam tipe ***Acrodromous*** (Akros = ke arah ujung). Selanjutnya, bila tulang-tulang daun primer atau cabang-cabangnya (tulang daun sekonder) muncul dari satu titik di dasar helaian daun dan membentuk lengkungan tajam (kurva) sebelum mencapai apeks daun, maka daun tersebut termasuk ke dalam tipe daun ***Campylodromous*** (kampylo = belokan atau kurva). Secara skematis pembagian tipe daun dari daun dengan pertulangan menjala dapat dilihat pada Gambar 21.

Pada sebagian kecil tumbuhan dikotil, terdapat pola pertulangan daun yang lebih unik, yaitu pertulangan daun dikotomi terbuka (***open dichotomous***), seperti pada *Circaeaster* dan *Kingdonia*, dimana setiap tulang daunnya bercabang menggarpu dua. Pertulangan daun seperti ini juga ditemukan pada beberapa tumbuhan *Gymnospermae*, seperti *Ginkgo* (Gambar 22) dan beberapa species dari *Cycas.*

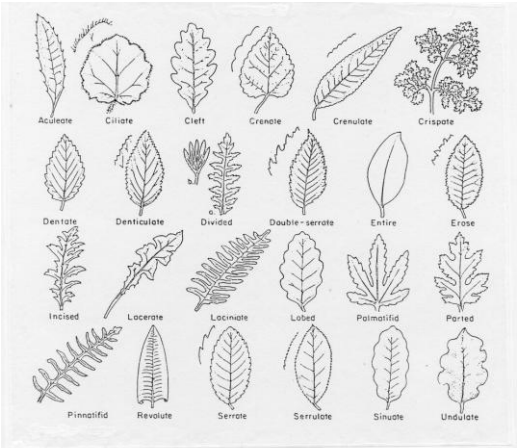


Gambar 21 Pembagian tipe daun dari daun dengan pertulangan menjala.

Daun-daun dengan pertulangan daun sejajar, tulang-tulang daun yang muncul bersamaan dari ujung petiolus dapat sejajar sepanjang daun kemudian berkumpul di daerah apeks dan bertemu di satu titik pada apeks daun, sehingga tulang-tulang daun tampak benar-benar sejajar (longitudinally-striate), seperti pada daun Poaceae., tulang-tulang daun dari darun dengan pertulangan sejajar juga dapat menyebar membentuk lengkungan mengikuti lebar daun dan bertemu di apeks daun, sehingga pertulangan tampak melengkung atau tulang-tulang daun tersebut membelok 90o ke arah tepi daun dan membelok kembali ke arah atas, sehingga bertemu dengan tulang daun daun di atasnya . pertulangan daun pertama disebut sebagai pertulangan daun yang melengkung semu (arcuate-semu), sedangkan yang kedua disebut sebagai pertulangan daun menyirip semu (pinnate-striate). Pada beberapa spesies monokotil, pertulangan membentuk beberapa kelompok besar yang tampak menjari, seperti pada Arecaea. Pertulangan seperti ini disebut sebgai pertulangan menjari semu (palmate-striate). Secara skematis daun-daun dengan pertulangan daun sejajar dapat dilihat pada Gambar 24.

E.. Tepi Daun

Bentuk, perbandingan dan struktur dari bagian-bagian daun, khususnya helaian daun (lamina) sangat bervariasi, baik diantara daun dari spesies yang berbeda maupun diantara daun dalam satu spesies (khususnya daun-daun pada kecambah dengan daun-daun pasca-kecambah). Pada daun tunggal atau anak daun dari daun majemuk, helaian daun dapat bertepi rata (***integer***/***entire***) atau bertoreh. Daun-daun dengan tepi bertoreh, torehan dapat dangkal atau dapat pula besar dan dalam . Helaian daun dengan tepi bertoreh dangkal tidak akan merubah bentuk secara keseluruhan, tetapi jika helaian daun bertoreh besar dan dalam dapat mempengaruhi bentuk daun tersebut. Torehan yang besar dan dalam tersebut biasanya mengikuti pola pertulangannya (menyirip atau menjari).



Gambar 25. Bentuk-bentuk tepi daun. Sumber : Radford, A.E., 1986.

Daun-daun dengan repi torehan dangkal, bentuknya dapat bergigi (***dentatus***), bergerigi (***seratus***), bergerigi ganda (***biseratus***), beringgit (***crenatus***), dan berombak (***repandus***). Untuk daun dengan helaian yang bertoreh dalam dapat berlekuk (***lobatus***/***lobus***) bila torehan tersebut dalamnya kuran dari setengah panjang tulang daun, bercangap (***fissus***/***fidus***) bila torehannya mencapai setengah panjang tulang daun, atau berbagi (***partitus***) bila torehannya melebihi setengah panjang tulang daun.

Karena terbentuknya torehan (sinus) selalu mengikuti pola pertulangan daun, maka istilah yang digunakan untuk menamakan tepi daun yang bertoreh dalam ini merupakan kombinasi antara sifat torehan dengan pola pertulangan daun. Sebagai contoh, untuk daun dengan pertulangan daun menyirip dan tepi daun bertoreh hingga mencapai setengah tulang daun diberikan istilah ***pinnatifissud*** atau ***pinnatifidus.***

F. Daun Tunggal dan Daun Majemuk

Atas dasar konfigurasi helaiannya, daun dapat dibedakan menjadi daun tunggal dan daun majemuk. Daun tunggal adalah daun yang helaiannya hanya terdiri dari satu helai tanpa adanya persendian di bagian dasar helaian tersebut, sedangkan daun majemuk adalah daun dimana helaiannya disusun oleh sejumlah bagian-bagian terpisah yang berbentuk seperti daun dan disebut anak daun (***leaflet***). Pada bagian basal helaian anak daun atau bagian basal petolulus biasanya ditemukan adanya ***pulvinulus*** (persendian daun). Adanya pulvinulus pada anak daun ini menyebabkan anak daun dapat gugur sendiri-sendiri (tidak bersamaan).

Oleh karena setiap anak daun dari daun majemuk memiliki karakteristik yang sama dengan daun tunggal, kadang-kadang sulit dibedakan antara daun tunggal dengan anak daari daun majemuk, khususnya bila anak daun tersebut berukuran besar. Di bawah ini adalah dua hal yang dapat dijadikan dasar perbedaan antara daun tunggal dengan anak daun dari daun majemuk, yaitu:

1. Pada ketiak daun tunggal terdapat tunas aksilar, sedangkan pada ketiak anak daun dari daun majemuk tidak ada tunas aksilar.
2. Daun tunggal menempati bidang tiga dimensi pada batang atau dahan, sedangkan anak daun dari daun majemuk menempati satu bidang.

Pada daun majemuk dapat dibedakan bagian-bagian sebagai berikut (Gambar 26).

1. ***Petiolus*** (tangkai daun), yaitu tangkai yang terletak di antara batang (dahan) dengan anak daun terbawah atau rakhila terbawah, disebut juga sebagai bagian ***infrayuga*** serta memiliki pulvinus di bagian pangkalnya.
2. ***Rakhis***, yaitu tangkai yang terletak di atas anak daun terbawah atau ***rakhila*** (rakhis sekunder) terbawah. Bagian rakhis yang berada di antara dua anak daun disebut bagian ***interyuga***, sedangkan bagian rakhis yang berada di bawah anak daun teratas disebut bagian ***ultrayuga***. Pada daun majemuk bergAnda dapat ditemukan adanya rakhila atau rakhis sekunder, yaitu cabang dari rakhis. Rakhila ini dapat bercabang lagi dan disebut rakhis tertier.
3. ***Petiolulus,*** yaitu tangkai anak daun dan biasanya memiliki suatu persendian yang disebut ***pulvinulus*** (pulvinus sekunder).

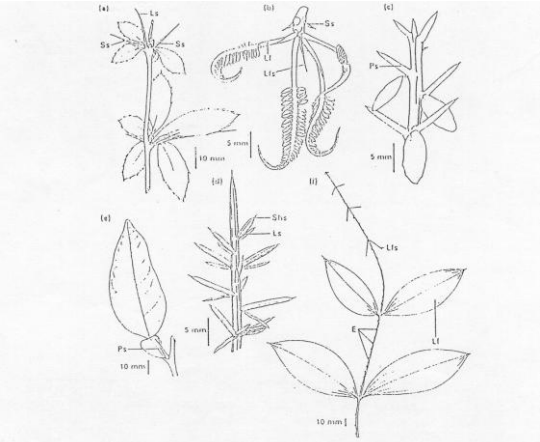
Bila dalam suatu daun majemuk anak daun muncul menyirip pada rakhis, maka daun tersebut dinamakan daun majemuk menyirip (***pinnatus***), sedangkan bila anak daun muncul dari satu titik pada ujung petiolus, maka daun tersebut dinamakan daun majemuk menjari (***palmatus***). Daun majemuk menyirip dapat i***mparipinnatus*** bila pada ujung rakhis terdapat satu anak daun, ***paripinnatus*** bila pada ujung rakhis tidak terdapat anak daun, atau interupte-pinnatus bila terdapat anak daun yang berukuran besar dan kecil yang berselang letaknya sepanjang rakhis. Daun majemuk menyirip ini dapat pula ***bipinnatus*** atau ***tripinnatus*** bila dua atau tuga kali menyirip, atau bila ditemukan adanya rakhis sekunder dan tertier.

Daun majemuk dapat pula berbentuk campuran antara menjari dengan menyirip yang disebut daun majemuk ***digitatopinnatus*** atau ***palmatopinnatus***. Pada daun seperti ini, rakhis-rakhis terseusun menjari, sedangkan anak daun terseusun menyirip pada setiap rakhis.

G. Modifikasi Daun

Pada umumnya daun tumbuhan dikotil maupun monokotil memiliki bentuk dan ukuran yang sangat beragam. Pada beberapa tumbuhan, keragaman tersebut semakin bertambah dengan adanya perkembangan ke arah tertentu yang menyebabkan daun tampak berubah, baik bentuk maupun ukurannya. Daun-daun yang demikian itu dikatakan telah mengalami ***modifikasi.***

Modifikasi pada daun terjadi sebagai akibat adanya reduksi atau penambahan jaringan-jaringan tertentu selama perkembangannya. Modifikasi tersebut dapat terjadi pada daun secara keseluruhan (daun secara utuh) atau hanya bagian-bagian tertentu dari daun. Bagian daun tambahan, seperti stipula juga dapat termodifikasi menjadi bentuk lain.

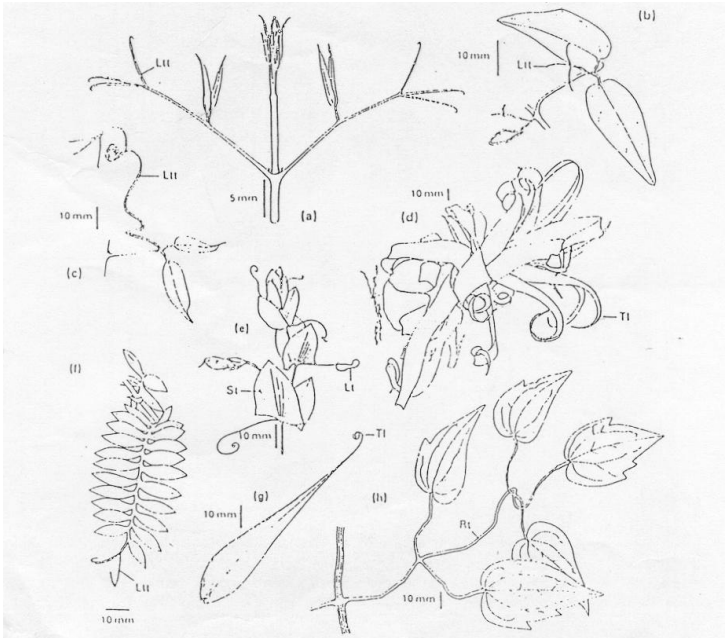


Gambar 27. Modifikasi daun dan anak daun menjadi duri. a. *Berberis julianae*, b. *Parkinsonia aculeata*, c. *Microcitrus australasica*, d. *Ulex europaeus*, e. *Citrus paradisi*, f. *Desmoncus sp.*. E: emergen, Lf: anak daun, Ls: duri daun, Ps: duri prophyll, Shs: duri batang, Ss: duri stipula. Sumber : Bell, A.D., 1991.

Daun yang termodifikasi secara keseluruhan (daun secara utuh) dapat berubah antara lain menjadi duri (*spina phyllogenum*), sulur (tendril), sisik (*cataphyll/scale*), brakte (*bractea*) atau brakteola (*bracteola*) dan seludang bunga (*spatha*). Brakte/brakteola dan seludang bunga lebih lanjut akan dibahas pada perbungaan.

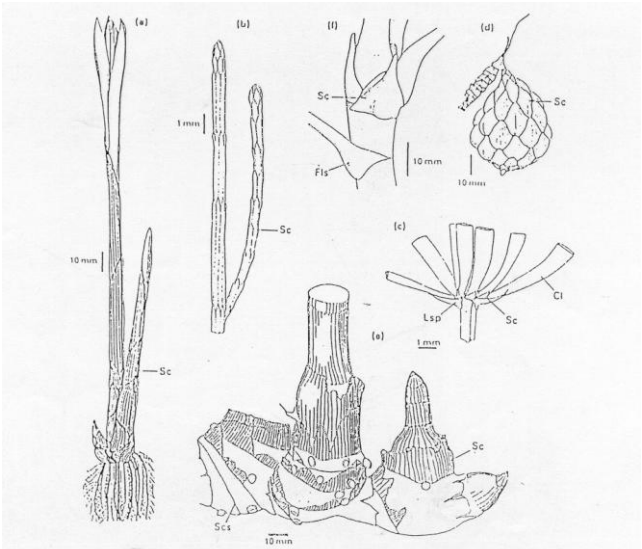
Daun yang termodifikasi menjadi duri umum ditemukan pada suku cactaceae, sedangkan sisik dapat ditemukan pada suku Cassuarinaceae, Equisetaceae, dan tumbuh-tumbuhan yang memiliki rhizoma. Untuk menyatakan bahwa duri atau sisik dari suatu tumbuhan merupakan modifikasi dari daun antara lain dapat dilihat dari adanya tunas aksilar pada ketiak duri atau sisik tersebut dan letaknya yang tersusun seperti letak daun pada umumnya. Daun yang termodifikasi menjadi sisik umumnya berukuran lebih kecil dan berfungsi sebagai pelindung meristem vegetatif maupun meristem bunga. Sisik tersebut biasanya mengering bila tumbuhan atau organ yang ditempatinya telah dewasa.

Tumbuh-tumbuhan yang daunnya termodifikasi menjadi duri atau sisik biasanya fungsi fotosintesis pada daun diambil alih oleh batang. Batang yang demikian itu disebut ***Cladodium/ phyllocladium*** (lihat pembahasan tentang modifikasi batang).



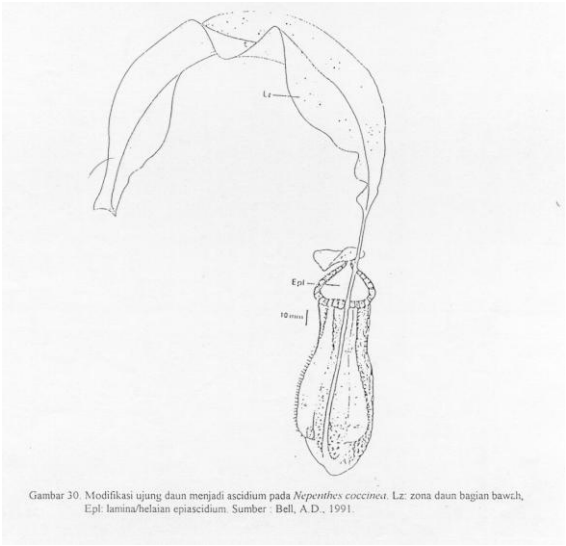
Gambar 28. Modifikasi daun, bagian-bagian daun, dan anak daun menjadi sulur. a. *Bignonia sp.*, b. *Bignonia ornata*, c. *Pyrostegia venusta*, d. *Tillandsia streptophylla*, e. *Lathyrus aphaca*, f. *Mutisia acuminata*, g. *Littonia modesta*, h. *Clematis montana*. Lt: sulur daun, Ltt: sulur anak daun, Rt: sulur rakhis, St: stipula, Tl: sulur ujung daun. Sumber : Bell, A.D., 1991.

Pada tumbuhan dengan daun yang termodifikasi pada bagian tertentu saja biasanya sifat-sifat daunnya masih dengan mudah dapat dikenali. Modifikasi tersebut dapat terjadi pada petiolus, rakis, helaian daun, ujung daun, dan anak daun dari daun majemuk . Pada beberapa tumbuhan memanjat, rakis (seperti pada *Clematis*), ujung daun (seperti pada *Gloriosa* dan *Littonia modesia*), anak daun dari daun majemuk (seperti pada *Anemone* dan *Pyrostegia venusia*) dapat termodifikasi menjadi alat panjat yang disebut ***sulur*** atau ***tendril***. Anak daun dari daun majemuk juga dapat termodikasi menjadi duri, seperti pada *Parkinsonia aculeata* dan *Desmoncus* sp. Pada *Nepenthes*, modifikasi ujung daun membentuk perangkap serangga (ascidium) yang berbentuk seperti piala lengkap dengan tutupnya. Dinding perangkap tersebut memiliki banyak sel kelenjar yang berfungsi untuk menghasilkan madu dan enzim-enzim yang diperlukan untuk menghancurkan serangga yang terperangkap. Pada *Acacia*, petiolus mengalami pemipihan ke arah lateral membentuk organ fotosintesis, dimana helaian daun yang sebenarnya telah tereduksi (gambar 31). Helaian daun tersebut masih dapat dilihat pada daun-daun permulaan yang terdapat pada kecambah tumbuhan yang bersangkutan. Petiolus yang mengalami modifikasi seperti ini disebut sebagai ***phyllodium***.



Gambar 29. Modifikasi daun menjadi sisik. a. *Cyperus alternifolius*, b. *Casuarina equisetifolia*, c. *Asparagus densiflorus*, d. *Rohia sp.* (buah), e. *Costus spiralis*, f. *Fatsia japonica*. Cl: cladodium, Fls: pelepah daun, Lsp: duri daun, Sc: sisik daun, Scs: bekas sisik daun. Sumber : Bell, A.D., 1991.

Selain bentuk modifikasi seperti tersebut di atas, pada beberapa tumbuhan modifikasi terjadi sebagai akibat kebutuhan akan organ tempat menyimpan cadangan makanan. Sebagai contoh, pada beberapa spesies famili Amarylidaceaea dan Liliaceae pelepah daun digunakan sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Akibatnya, pelepah daun tersebut membengkak menutupi batangnya, membentuk apa yang disebut **umbi lapis** (*bulbus*). Tumbuhan-tumbuhan yang membentuk umbi lapis biasanya memiliki batang yang sangat pendek sebagai akibat hampir tidak ada perpanjangan ruas. Batang ini biasanya disebut sebagai **papan basal** (*basal plate*). Batang tersebut tumbuh vertikal dan memiliki pola percabangan simpodial. Tunas aksilar terdapat pada ketiak sisik dan akan tumbuh membentuk umbi lapis baru. Ketika masih terdapat di dalam ketika sisik umbi lapis baru ini ukurannya sangat kecil dan biasanya disebut *bulblet*.

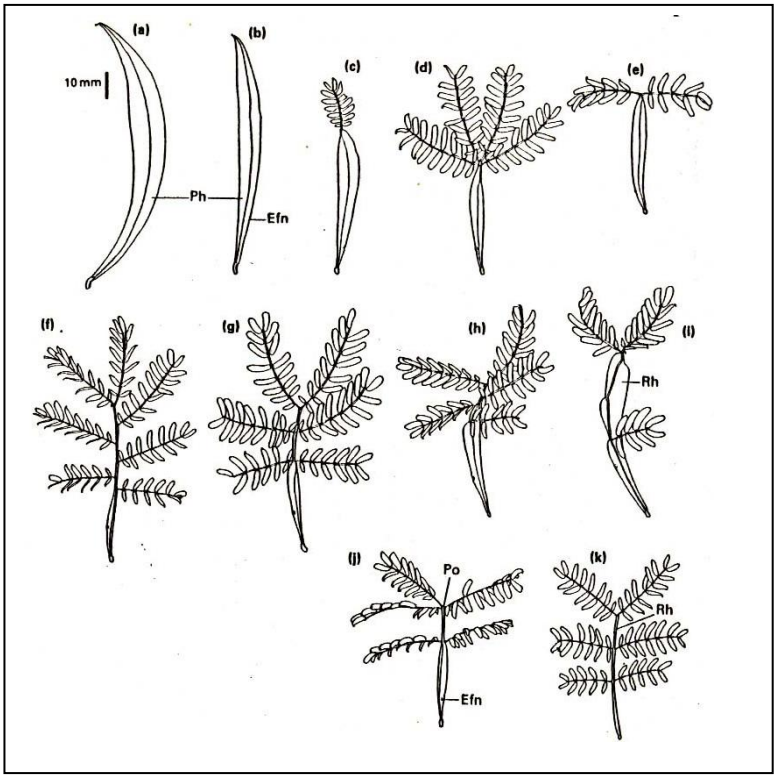


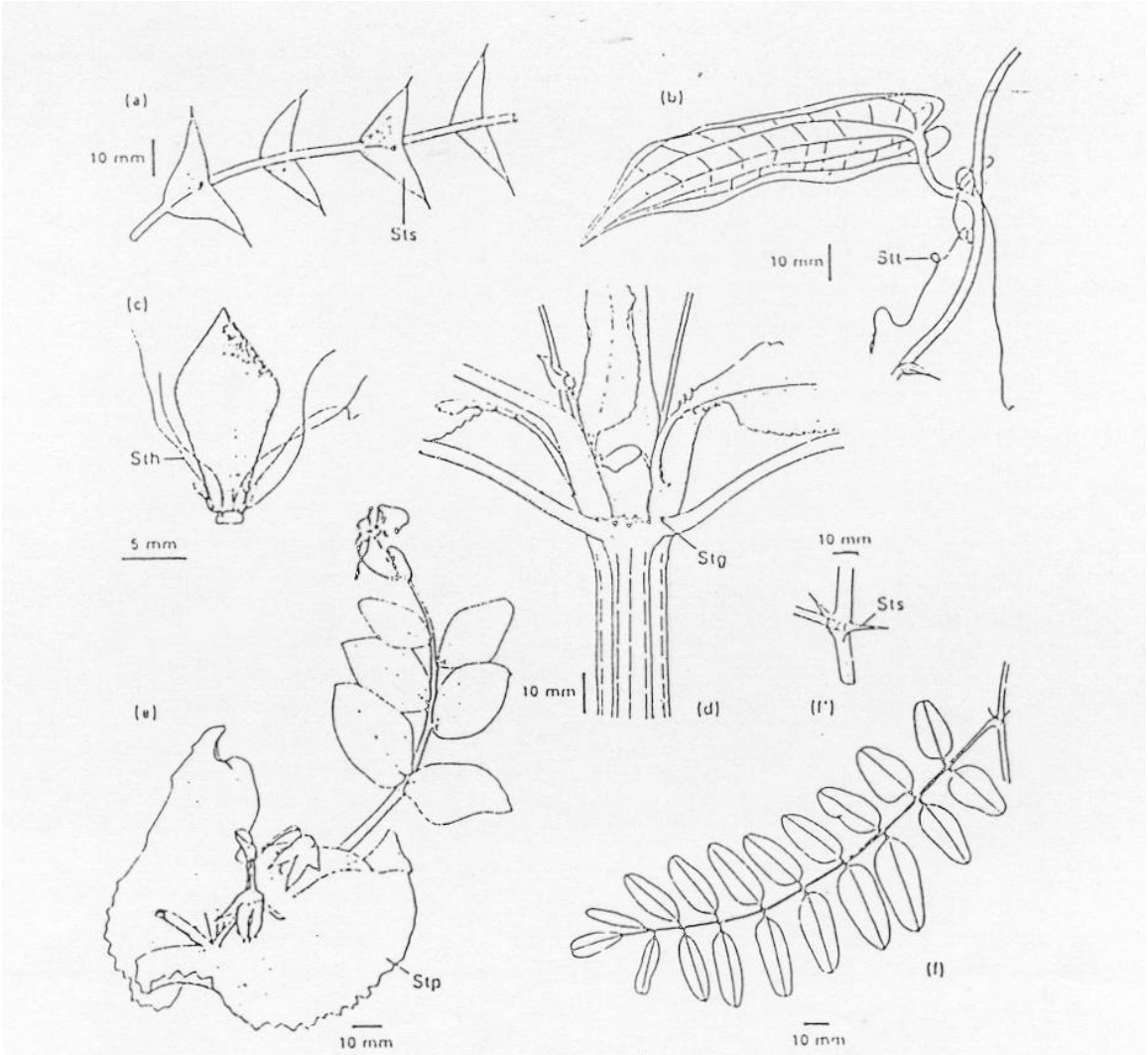
Gambar 30. Modifikasi ujung daun menjadi ascidium pada *Nepenthes coccinea*. Lz: zona daun bagian bawah, Epl: lamina/helaian epiascidium. Sumber : Bell, A.D., 1991.

Ada dua jenis umbi lapis, yaitu umbi lapis sisik (***tunicate bulb***) dan umbi lapis non-sisik (***nontunicate bulb***). Pada umbi lapis sisik, sisik atau lapisan sisik paling luar mengering membentuk struktur serupa membran. Sisik terluar yang mengering ini disebut ***Tunic***.

Tunic berfungsi untuk melindungi sisik-sisik yang ada di dalamnya dari kekeringan dan kerusakan mekanik. Umbi lapis non-sisik tidak memiliki tunic. Setiap sisik terpisah satu sama lain, mudah terlepas dan masing-masing melekat pada papan basal.

Modifikasi yang terjadi pada bagian-bagian tambahan dari daun antara lain seperti yang terjadi pada *Smilax*. Pada tumbuhan tersebut stipula telah termodifikasi menjadi sulur atau tendril. Modifikasi stipula dapat pula terjadi pada duri seperti yang ditemukan pada *Acacia hindisii* dan *Parkinsonia aculeata*. pada *Pisum sativum* stipula melebar dan berfungsi sebagai fotosintesis.


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
10 mm
Ph
Efn
(f)
(g)
(h)
(i)
Rh
(j)
Po
Efn
(k)
Rh



Gambar 33. Modifikasi stipula. a. *Acacia hindsii*, b. *Smilax lanceofolia*, c. *Anacampseros sp.* d. *Impatiens balsamina*, e *Pisum sativum*, f dan f'. *Robinia pseudacacia*. Sth: rambut-rambut stipula, Stg: kelenjar stipula, Stp: stipula fotosintetik, Sts: duri stipula. Stt: sulur stipula. Sumber : Bell, A.D., 1991.

.

F. Filotaksis

1. Duduk daun secara umum

Pada batang dewasa, daun tampak tersusun dalam pola tertntu dan berulang-ulang. Susunan daun pada batang tersebut disebut duduk daun atau ***filotaksis***. Istilah filotaksis sebenarnya merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan urutan terbentuknya daun pada batang, tetapi dikarenakan urutan daun tersebut tampak jelas setelah daun maupun batang yang ditempatinya mengalami pendewasaan, maka istilah tersebut digunakan secara umum untuk menyatakan susunan daun pada batang. Susunan daun dari suatu tumbuhan biasanya bersifat konstan.

Susunan daun pada batang biasanya turut ditentukan oleh banyaknya helai daun yang terbentuk dalam suatu nodus (buku). Untuk itu, daun dapat dibentuk secara tunggal bila ada satu helai daun pada setiap buku, berpasangan bila ada dua helai daun pada setiap buku, atau dalam karangan bila terdapat tiga helai daun atau lebih pada setiap buku.

a. Bila hanya satu helai daun pada setiap nodus (buku), maka duduk daun dapat:

1). Monostika (*Monostichous*) bila seluruh daun tampak berada pada satu sisi batang jika dilihat dari atas duduk daun seperti ini jarang ditemukan. Bila ada, seringkali dipengaruhi oleh pertumbuhan ruas (internode) yang asimetris diantara dua daun yang berurutan, sehingga daun tampak tersusun membentuk putaran helix yang dangkal. duduk daun seperti ini disebut sebagai **spiromonostik** (*spiromonostichous*).

2). Distika *(distichous),* yaitu daun tampak berada dalam dua deret jika dilihat dari atas, biasanya sudut yang terbentuk diantara dua deret daun tersebut 180^o . bila kedua deretan tersebut berputar ke arah yang sama, masing-masing dengan sudut putar yang sama, maka duduk daun menjadi **spirodistika** (*spirodistichous*).

3). Tristika *(tristichous),* yaitu bila daun-daun berada dalam tiga deret bila dilihat dari atas dengan sudut diantara deret satu dengan berikutnya adalah 120^o pada tumbuhan dengan duduk daun seperti ini, batangnya dapat mengalami perputaran sehingga duduk daun menjadi **spirotristika** (*spirotristichous*).

4). Spiral, yaitu bila dilihat dari atas daun-daun berada pada lebih dari tiga deret, misalnya 5 atau 8 deret . pada beberapa tumbuhan duduk daun tidak persis mengikuti pola spiral sebagai akibat panjang ruas yang berbeda-beda atau sebagai akibat adanya perubahan selama masa pertumbuhan batang. Duduk daun spiral seperti ini biasanya disebut sebagai duduk daun **tersebar**. Pada beberapa tumbuhan lainnya dengan duduk daun spiral, letak daun kelihatan sangat rapat satu sama lain sebagai akibat ruas batang sangat pendek, misalna pada kelapa dan beberapa tanaman famili Brasicaceae. Akibatnya, duduk daun tampak hampir sama tinggi dan sukar untuk menentukan ukurannya. Duduk daun seperti ini ini disebut **roset**.

b. Bila terdapat dua helai daun pada setiap buku (nodus), maka daun-daun akan duduk berlawanan atau **berhadapan** (*opposita*). Kedua daun yang berada pada setiap buku satu sama lain membentuk sudut 180^o . Bila pasangan daun pertama dan berikutnya terorientasi dengan sudut 90^o, maka akan terdapat empat deretan daun bila dilihat dari atas. duduk daun seperti ini disebut **berhadapan bersilang** (*opposita-decussata*). Bila batang yang memiliki duduk daun sepert ini mengalami perputaran , maka duduk daun dapat dinyatakan sebagai **spiral decussata**.

c. Bila terdapat tiga atau lebih daun muda pada setiap buku (nodus), maka duduk daun dikatakan **berkarang** (*whorld*/*verticillata*). Pada duduk daun seperti ini daun-daun yang berada dalam dua karangan berurutan masing-masing dapat sejajar, dapat pula tidak. Bila daun dari dua karangan letaknya tidak sejajar, maka apabila dilihat dari atas akan tampak deretan daun sebanyak dua kali jumlah daun pada setiap bukunya .

Akan tetapi, bila daun dari dua karangan letaknya sejajar, maka jumlah deretan daun bila dilihat dari atas sama dengan jumlah daun pada setiap bukunya.

Pada beberapa tumbuhan yang memiliki satu daun pada setiap buku dengan pertumbuhan apeks batang yang ritmik, biasanya juga memperlihatkan sususnan daun yang berkarang. Namun demikian, dari satu daun ke daun berikutnya dalam satu karangan terdapat ruang antara (interspace). Untuk duduk daun seperti ini dapat digunakan istilah **berkarang semu** (*pseudowhorld* atau *pseudoverticillata*). Duduk daun seperti ini sebenarnya terjadi sebagai akibat perbedaan periode tumbuh. Ketika periode reda tumbuh, ruas yang dihasilkan sangat pendek sehingga buku-buku yang

dihasilkan berada pada jarak yang berdempetan, tetapi ketika apeks memasuki periode pertumbuhan cepat ruas yang terbentuk sangat panjang (biasanya hanya menghasilkan satu atau beberapa ruas). Akibatnya, akan tampak kelompok-kelompok ruas yang sangat pendek dipisahkan oleh ruas yang sangat panjang. Daun-daun yang duduk pada buku dengan ruas yang pendek akan tampak seolah-olah berkarang.

2. Orthostich dan parastich

Biasanya untuk mendeskripsikan filotaksis dari tumbuhan yang memiliki satu daun pada setiap buku digunakan/dinyatakan dalam bentuk bilangan pecahan. Pecahan ini merupakan ukuran besarnya sudut yang terbentuk oleh dua daun yang berturutan. Sebagai contoh, dalam filotaksi 1/3, sudut yang terbentuk antara dua daun yang berurutan adalah sebesar $1/3 \times 360^o = 120^o$.

Bila kita mengikuti urutan daun beradasarkan posisinya mulai dari daun yang paling tua sampai ke daun yang paling muda, kita akan menemukan suatu **garis khayal** (*imaginary line*) yang melingkari batang secara spiral menghubungkan satu daun dengan daun berikutnya. Garis khayal ini disebut sebagai **spiral genetik**.

Pecahan filotaksis dapat diperoleh dengan cara mengikuti garis spiral genetik yang melingkari batang mulai dari satu daun yang lebih tua (sebagai daun yang menjadi titik pangkal) yang letaknya di bawah hingga ke daun yang lebih muda yang berada tepat di atas daun pertama. Garis khayal yang menghubungkan daun pertama (yang menjadi titik pangkal) dengan daun yang berada tepat di atasnya akan sejajar sumbu batang. Garis khayal yang demikian disebut sebagai **garis orthostich**. Daun-daun yang tampak tersusun dalam satu garis orthostich dikatakan berada dalam orthostich yang sama. Selanjutnya, jumlah lingkaran spiral dan jumlah daun yang dilewati lingkaran spiral diantara dua daun berurutan pada orthostich yang sama masing-masing dinyatakan sebagai pembilang dan penyebut. Sebagai contoh, pada filotaksis 2/5, setelah dua kali melingkari batang dilewati lima helai daun, dimana daun ke n + 5 tepat berada di atas daun ke n. dengan demikian orthostich yang terdapat pada fiolotaksis 2/5 dibentuk oleh daun ke n, n + 5, n + 5 + 5, n + 5 + 5 + 5, dan seterusnya. Karena setiap daun yang dilewati garis spiral diantara dua daun berurutan pada satu orthostich, terletak pada garis

orthostich yang berbeda maka bilangan penyebut dalam suatu pecahan filotaksis menunjukkan pula jumlah orthostich yang terdapat dalam batang yang bersangkutan. Untuk filotaksis 2/5 jumlah orthostich-nya ada lima.

Bila kita perhatikan pecahan-pecahan filotaksis berbagai tumbuhan yang berbeda spesies, kita akan menemukan suatu seri pecahan ½, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, dan seterusnya. Dari deretan pecahan-pecahan ini tampak bahwa pembilang mapun penyebut mengikuti angka berurutan dalam deret **Fibonaci**. Dalam deret Fibonaci suatu angka tertentu berikutnya merupakan jumlah dua angka berurutan sebelumnya.

Pada pucuk dimana pemanjangan ruas tidak tampak jelas atau pada tumbuhan yang letaknya daunnya cukup rapat satu sama lain, filotaksis tidak dapat ditentukan dengan cara di atas karena tidak dapat ditentukan garis orthostich-nya. Sebagai contoh, pada runjung (strobilus) *Pinus* dan bunga nanas. Dalam keadaan demikian, penentuan filotaksis dilakukan dengan cara lain, yaitu mengikuti garis-garis lengkung ke kiri atau ke kanan yang menghubungkan daun-daun yang mempunyai jarak terdekat mulai dari pusat (apeks) ke arah luar (daun yang paling tua). Garis lengkung tersebut dinamakan **garis parastich**. Biasanya pada tumbuhan dengan duduk daun seperti ini akan memiliki dua perangkat garis parastich yang masing-masing berlawanan arah, ke kiri dan ke kanan. Jumlah masing-masing garis parastich dapat sama atau berbeda. Setiap daun terdapat pada setiap titik temu kedua parastich yang berlawanan arah tersebut .Parastich seperti ini disebut sebagai **parastich kontak**.

3. Sudut divergensi

Di atas telah dikemukakan bahwa filotaksis dari tanaman yang memiliki satu daun pada setiap buku, khususnya untuk dengan duduk daun spiral dinyatakan dalam bentuk pecahan, yaitu pecahan filotaksis. Bila pecahan filotaksis tersebut dikalikan dengan besarnya sudut satu lingkaran penuh (360^o), maka akan diperoleh sudut yang memisahkan dua daun yang berurutan. Sudut ini disebut **sudut divergensi** dan angka pecahan filotaksisnya dinyatakan sebagai **angka divergensi**. Sudut divergensi yang terbentuk pada filotaksis 2/5 adalah sebesar 2/5 x 360^o = 144^o. Berarti, sudut yang terbentuk diantara dua daun yang berurutan dalam spiral genetik adalah sebesar 144^o.

Selanjutnya, bila divergensi diantara satu daun dengan daun berikutnya kita proyeksikan pada kerta gambar, kita akan memperoleh suatu diagram yang menunjukkan letak dan jarak antara satu daun dengan daun berikutnya. Diagram ini disebut sebagai **diagram tata letak daun** .

Dalam menggambarkan suatu diagram tata letak daun, daun yang paling tua ditempatkan pada lingkaran yang paling luar, sedangkan daun berikutnya yang lebih muda ditempatkan pada lingkaran sebelah dalamnya. Demikian seterusnya, sehingga bila setiap titik tempat duduk daun tersebut dihubungkan satu sama lainnya dengan suatu garis maka akan terbentuk lingkaran spiral yang menuju ke pusat.

4. Mozaik daun

Kadang-kadang pada batang/cabang/ranting yang tumbuh mendatar (plagiotrop), terdapat suatu penyimpangan pola duduk daun dari pola asalnya. Hal ini dikarenakan pada batang/cabang/ranting yang tumbuh plagiotrop, daun-daun teratur sedemikian rupa sehingga permukaan daun berada pada satu bidang datar (horizontal). Dengan demikian

setiap helai daun memungkinkan untuk memperoleh sinar matahari sebanyak mungkin. Daun-daun yang demikian ini dikatakan telah membentuk **mozaik daun**. Dalam membentuk mozaik daun, pengisian bidang datar dapat terjadi karena salah satu atau kedua hal berikut:

a. Pangkal daun (petiolus) terputar 90^o, sehingga seluruh daun terletak dalam satu bidang datar. Pengisian bidang datar dengan cara memutar pangkal daun ini umum terjadi pada tumbuhan dengan duduk daun distika, dimana daun terletak dalam dua baris panjang sepanjang cabang/ranting yang tumbuh plagiotrop.
b. Petiolus yang tidak sama panjang. Beberapa daun memiliki petiolus yang pendek, sedangkan beberapa daun lainnya memiliki petiolus yang lebih panjang. Perbedaan panjang petiolus ini menyebabkan sebagian daun lebih menjorok ke arah luar (lebih jauh dari cabang/rantingnya) dan sebagian lagi dekat dengan cabang/rantingnya.

III. AKAR

A. Fungsi

Akar tumbuhan memiliki fungsi sebagai penegak tubuh tumbuhan dan sebagai tempat penyerapan (absorbsi) air dan garam-garam mineral yang terlarut di dalamnya. Selain itu, akar juga dapat berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan dan sebagai alat transportasi. Air dan garam-garam mineral yang diabsorbsi dari tanah diangkut ke batang, daun dan organ-organ lainnya melalui batang. Zat-zat makanan yang dihasilkan di daun sebagian diangkut melalui akar ke jaringan-jaringan pertumbuhan yang terdapat pada akar primer, akar sekunder maupun cabang-cabang akar lainnya.

B. Perkembangan

Akar pertama kali berkembang dari radikula yang terdapat pada embrio di dalam biji . Ketika biji mulai berkecambah, radikula merupakan struktur pertama yang tumbuh menembus kulit biji. Pertumbuhan radikula ini membentuk akar pertama suatu tumbuhan yang disebut sebagai **akar primer**. Dari akar primer dibentuk cabang-cabang akar yang disebut sebagai **akar sekunder**. Selanjutnya akar sekunder membentuk **akar tertier** dan seterusnya. Akar primer, sekunder maupun akar tertier tumbuh memanjang sebagai akibat adanya pembelahan dan pembesaran/perpanjangan sel-sel di daerah

apeks akar yang disebut **meristem apeks akar.** Meristem apeks akar ini dilindungi oleh lapisan sel-sel yang telah dewasa yang disebut **tudung akar *(root cap)***. Selama pertumbuhan akar, tudung akar akan dapat mengalami kerusakan, sehingga akar tidak lagi memiliki tudung akar. Pada daerah ujung akar, yaitu di belakang daerah perpanjangan akar terdapat **rambut-rambut akar** yang berfungsi dalam penyerapan air dan garam mineral terlarut. Rambut-rambut akar ini terbentuk sebagai hasil dari pelebaran dinding sel epidermis dengan tujuan untuk memperluas permukaan penyerapan.

Daerah apeks akar sangat berbeda dengan apeks pucuk. Pada apeks akar tidak ditemukan adanya primodial daun dan tunas aksilar, sedangkan pada apeks pucuk keduanya dapat ditemukan. Selain itu, sebagai pelindung meristem apeks, apeks pucuk memiliki daun-daun muda yang masih dalam tahap berkembang yang membentuk lapisan-lapisan sehingga menutupi daerah meristem

Pada batang dibentuk sebagai hasil pertumbuhan tunas aksilar, tetapi pada akar, cabang dibentuk pada jarak tertentu dari apeks akar. Pembentukan cabang akar ini bersifat **endogen**. Pemula-pemula cabang akar terdapat di dalam akar, yaitu dari sel-sel perisikel yang terdapat dibawah korteks dan endodermis. Pembentukan cabang pada akar sangat berbeda dengan pembentukan cabang pada batang, dimana pemula cabang pada batang dibentuk secara **eksogen**, yaitu dari sel-sel yang berada pada permukaan meristem apeks pucuk. Meskipun akar memiliki banyak cabang, akar tidak memiliki buku (nodus) dan ruas (internodus) sebagaimana yang ditemukan pada batang.

Selain cabang-cabang akar, pada akar beberapa tumbuhan dapat ditemukan struktur lain. Struktur ini terbentuk sebagai hasil asosiasi akar dengan beberapa mikroorganisme. Struktur tersebut antara lain ***nodule* (bintil akar)** dan *mycorrhiza*. Bintil akar terbetuk sebagai hasil asosiasi (simbiosis) akar dengan bakteri, sedangkan mycorrhizha terbentuk sebagai hasil asosiasi (simbiosis) akar dengan jamur. Disamping itu, pada akar beberapa tumbuhan lainnya dapat ditemukan adanya **tunas pucuk** (primordial tunas pucuk). Tunas pucuk ini merupakan tunas adventitis yang dapat tumbuh membentuk individu baru.

Akar, selain berkembang dari radikula, juga dapat dibentuk secara endogen dari jaringan-jaringan yang terdapat di dalam batang atau daun. Akar yang demikian ini disebut **sebagai akar adventitis**. Dengan kata lain, akar adventitis adalah akar yang dibentuk dari bagian tanaman selain akar kecambah (radikula) dan cabangnya. Akar adventitis umum ditemukan pada sebagian besar tumbuhan monokotil. Akar adventitis juga terbentuk bila tumbuhan dipropagasikan secara vegetatif, misal pada cangkok dan stek batang, daun maupun akar. Pada beberapa tumbuhan, seperti pada famili Bromeliaceae, akar adventitis yang dibentuk secara alami pada batang tidak segera muncul ke permukaan batang melainkan tumbuh

sejajar (paralel) permukaan batang hingga mencapai jarak tertentu baru kemudian muncul ke permukaan batang. Pertumbuhan akar di dalam batang ini terjadi di daerah korteks. Akar adventitif seperti disebut sebagai **akar antar-batang** (*intercaulin-root*). Primordial (bakal) akar adventitis juga dapat dibentuk ketika tumbuhan masih dalam fase embrio. Primordial ini akan tumbuh lebih lanjut setelah terjadi perkecambahan. Akar seperti ini disebut **akar seminalis** (*seminal root*), seperti yang ditemukan pada kecambah jagung.

Seluruh akar pada suatu tumbuhan, baik yang berkembang dari radikula maupun permulaan akar yang dibentuk di dalam batang membentuk sistem perakaran (sistem akar). Ada dua bentuk sistem akar yang ditemukan pada tumbuhan, yaitu **sistem akar serabut** (*fibrous root system*) dan **sistem akar tunggang** (*tap root system*) (lihat pembahasan tentang organ vegetatif pada kecambah). Sistem akar serabut terbentuk karena akar primer selanjutnya digantikan oleh akar adventitis yang dibentuk pada pangkal batang (pangkal hipokotil). Sistem akar serabut merupakan karakteristik khas bagi tumbuhan monokotil. Sistem akar ini teradaptasi dengan baik untuk tumbuh pada tanah dengan kandungan air permukaan yang banyak, sehingga akar tidak perlu menembus jauh ke dalam tanah untuk mengambil air. Sistem akar tunggang terbentuk karena akar primer yang tumbuh dari radikula terus tumbuh dan membentuk percabangan selama tumbuhan itu tumbuh. Pertumbuhan akar primer ini berlangsung

baik ke arah panjang maupun ke arah lebar. Pertumbuhan ke arah lebar terjadi karena aktivitas kambium pembuluh. Pertumbuhan ini menyebabkan diameter akar bertambah besar.

C. Sistem perakaran dan Jenis

Pada beberapa literatur, sistem akar pada tumbuhan dikelompokkan berdasarkan jenis akar yang membentuknya, yaitu akar primer dan cabang-cabangnya, atau akar adventitis. Pengelompokkan yang demikian menghasilkan dua jenis sistem perakaran, yaitu **sistem akar primer** (*primary root system*) dan **sistem akar adventitis** (*adventitious root system*). Sistem akar serabut yang umum ditemukan pada monokotil dapat dikelompokkan ke dalam sistem akar adventitis karena setelah akar primer mengalami penghentian tumbuh, akar-akar yang dibentuk berikutnya hanyalah akar adventitis. Sistem akar tunggang dapat dikelompokkan ke dalam sistem akar primer karena sistem akar tunggang dibentuk oleh akar primer yang terus tumbuh dan cabang-cabangnya.

Pola percabangan pada akar tidak seperti pada batang. Percabangan pada akar sangat beragam dan dapat mengalami perubahan selama akar tersebut berkembang. Selain itu, akar dari suatu tumbuhan secara alami dapat mengalami anastomosis (membentuk grafting) satu sama lain sehingga membentuk satu jalinan akar. Pembentukan grafting pada akar ini merupakan faktor yang mempersulit dalam menentukan pola percabangan akar.

Pada beberapa tumbuhan, akar memperlihatkan morfologi yang bermacam-macam. Perbedaan morfologi ini pada dasarnya berkaitan dengan fungsi tambahan dari akar tersebut menjadi lebih dominan dari fungsi semestinya. Akibatnya, akar menjadi terspesialisasi untuk fungsi khusus. Berdasarkan fungsi tersebut akar dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain yaitu:

1. **Akar Fotosintesis**

   Akar fotosintesis ini disebabkan bagian korteks akar banyak mengandung klorofil. Bahkan pada beberapa tumbuhan, akar fotosintesis ini merupakan satu-satunya alat

fotosintesis karena tumbuhan tidak memiliki daun. Sebagai contoh pada anggrek (epifit yang tidak memiliki daun) dan *Podostemon* (tanaman dengan akar yang berbentuk thalus).

2. Akar Tunjang atau Akar Penyokong (Prop Root)

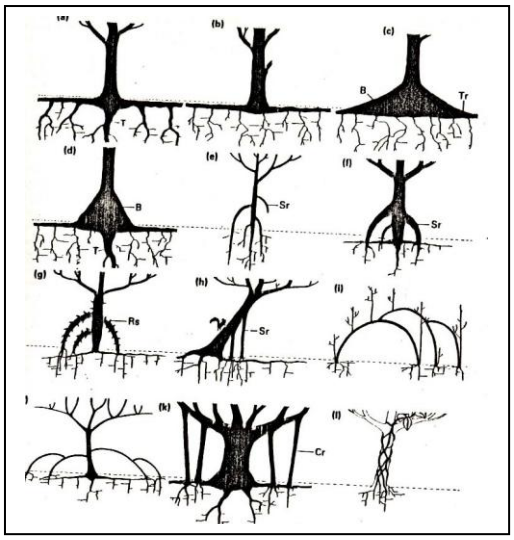
Akar ini biasanya merupakan akar adventitis yang tumbuh dari batang sedikit di atas tanah dan mengarah ke bawah sampai masuk tanah. Misalnya pada *Pandanus* (gambar 37). Akar tunjang ini pada beberapa tanaman berfungsi sebagai akar napas.

3. Akar Panjat

Akar ini berfungsi sebagai alat panjat sebagai pengganti sulur. Misalnya pada anggrek *Vanilla* dan sirih (*Piper betle*).

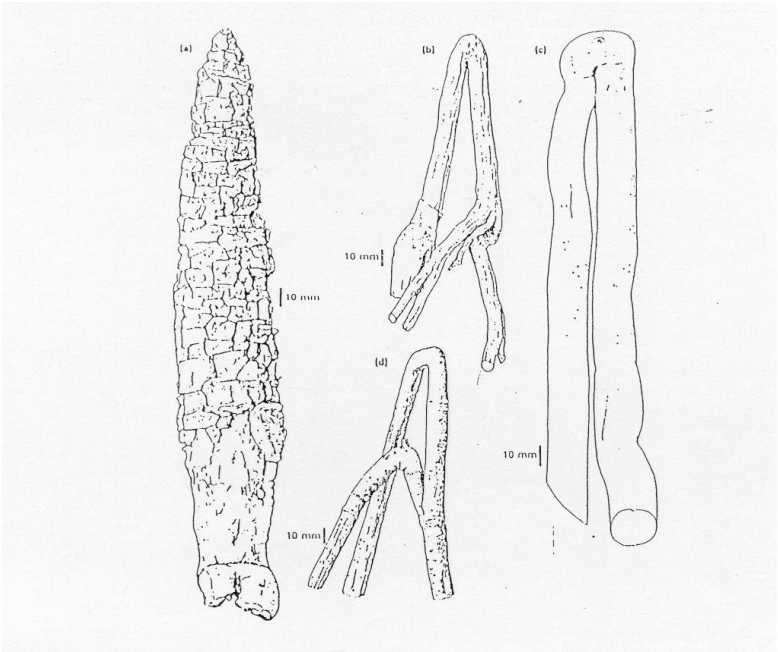
4. Akar Papan / Akar Banir /Akar Penyangga (Buttress Root)

Akar ini sangat besar, terdapat di tanah secara dangkal, dan mengalami pertumbuhan radial yang tidak teratur sehingga membentuk papan pipih yang bersambungan dengan batang. Akar seperti ini berguna untuk stabilisasi mekanik. Akar papan sering ditemukan pada pohon-pohon yang tumbuh pada tanah dengan air permukaan yang dangkal. Misalnya pada *Canarium*. Pada *Delonix regia* akar papan akan bila tumbuh pada tanah gembur dengan air permukaan dangkal, sedangkan bila tumbuh pada tanah yang lebih keras akar-akarnya akan memperlihatkan struktur anastomosis.



5. Akar Napas

Terdapat dua bentuk akar napas, yaitu **akar pasak** dan **akar lutut** (gambar 38). Akar pasak ditemukan pada tumbuhan yang tumbuh pada daerah payau atau pada tanah tergenang. Akar ini terbentuk sebagai akibat pada tempat tertentu dari suatu akar tumbuh cabang akar secara horizontal dan bersifat geotropi negatif, sehingga muncul sebagai pasak-pasak di atas. Akar pasak ditemukan pada tumbuhan yang tumbuh pada daerah payau atau pada tanah tergenang. Akar ini terbentuk sebagai akibat pada tempat tertentu dari suatu akar tumbuh cabang akar secara horizontal dan bersifat geotropi negatif, sehingga muncul sebagai pasak-pasak di atas permukaan air. Sebagai contoh pada *Avicenia* dan *Sonneratia*. Akar lutut juga ditemukan pada tumbuhan-tumbuhan yang hidup di daerah payau. Akar ini terbentuk sebagai akibat pertumbuhan akar membentuk suatu seri lengkungan serupa lutut secara berurutan. Bagian yang tersembul di permukaan air seringkali mengalami penebalan. Misalnya pada *Bruguiera*.

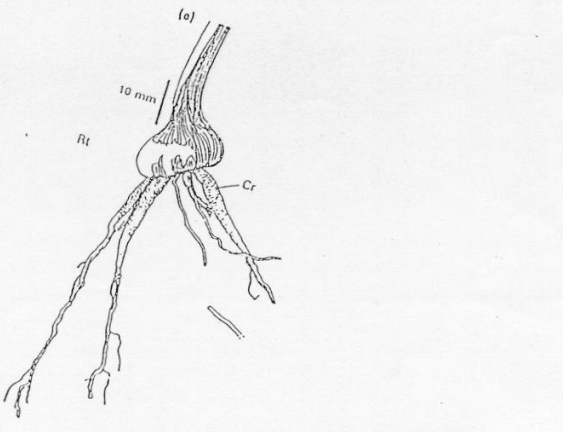


Gambar 38. Berbagai bentuk akar napas. a) akar pasak pada Soneratia sp. b-d) akar lutut masing-masing pada tumbuhan Mitragyna ciliata, Gonystylus sp., dan Symphonia gabinensis (secara berutan). Sumber Bell, A.D., 1991.

6. Kontraktil

Akar kontraktil sering ditemukan pada tanaman-tanaman yang memiliki bulbus atau kormus, seperti pada *Hymenocallis* dan *Gladiol*. Akar kontraktil ini berfungsi untuk mempertahankan kedalaman tumbuhan tertanam dalam tanah. Akar kontraktil terbentuk

sebagai akibat kerusakan total atau pengerutan/pemendekan dan pelebaran sel-sel pembentuk akar, khususnya sel-sel korteks setelah makanan cadangan di dadalmnya habis. Kontraksi akar ini dapat menyebabkan pemendekan akar hingga 30-40%.



Gambar 39. Akar kontraktil pada Gladiol sp.. Cr. Akar kontraktil. Sumber Bell, A.D., 1991.

7. Akar Hisap (Haustoria)

Haustoria berkembang dari batang tumbuhan parasit memanjat atau tumbuhan hemiparasitik yang tidak pernah kontak dengan tanah sejak perkecambahan. Suatu haustoria dapat terdiri dari suatu struktur tunggal atau terdiri dari sejumlah struktur khusus yang tertanam dalam tumbuhan inang. Pada beberapa tumbuhan parasit//hemiparasitik dapat ditemukan adanya akar yang tumbuh di sepanjang tepi batang tumbuhan inang. Akar ini disebut sebagai **akar epicaulis** (*epicautical root*). Pada interval tertentu dari akar epicaulis ini terdapat cakram pelekatan (attachement disc) atau haptera dengan haustoria yang menembus batang tumbuhan inang. Beberapa tumbuhan yang memiliki haustoria antara lain benalu dan *Cuscuta*.

8. Akar Penyimpan Cadangan Makanan (Umbi Akar)

Umbi akar terbentuk sebagai akibat melebarnya akar ke arah lateral. Pelebaran ini terjadi karena sel-sel akar melakukan pembelahan. Sel anak yang dihasilkannya membesar karena diisi oleh cadangan makanan. Sering kali pelebaran ke arah lateral ini hanya pada bagian tertentu dari akar dengan bentuk dan ukuran yang berbeda. Beberapa tumbuhan yang memiliki umbi akar adalah *Manihot esculenta* dan *Dahlia*.