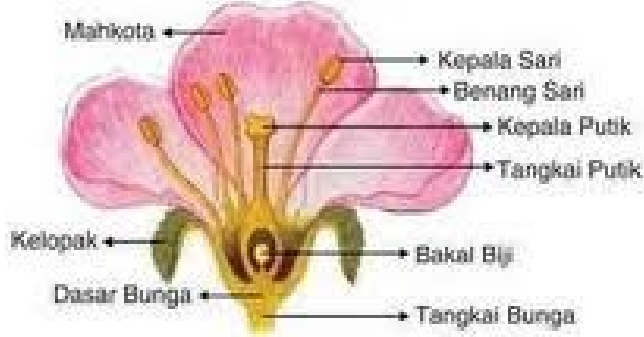


# SISTEM REPRODUKSI PADA TUMBUHAN

## A. Struktur Reproduksi pada Tumbuhan Bunga



Bunga merupakan alat reproduksi angiospermae. Bunga dibentuk oleh meristem ujung khusus yang berkembang dari ujung pucuk vegetatif setelah dirangsang oleh faktor-faktor internal dan eksternal untuk keperluan itu. Perbedaan bentuk serta fungsi diantara berbagai organ bunga berhubungan dengan serangkaian proses fisiologis yang terjadi selama berbagai tahap diferensiasi bunga. Susunan organ bunga pada dasar bunga tersusun menurut garis spiral (spirallis), misal pada *Micellia campaca*. Pada kebanyakan bunga yang susunannya siklis, organ-organ bunga disetiap lingkaran dapat berseling (alternasi) atau berhadapan (superposisi) dengan organ dari lingkaran tetangganya. Organ bunga dapat bebas satu sama lain atau saling berlekatan.

Daun buah atau karpel bebas atau ginesium yang berlekak-lekatan biasanya terdiri atas tiga bagian berikut : bakal buah (ovarium), sebuah badan berongga yang berisi bakal biji (ovulum) berjumlah satu atau lebih : stilus sebagai hasil perpanjangan dinding ovarium, dan stigma yang merupakan bagian dari ujung stilus yang mempunyai struktur permukaan yang memungkinkan terjadinya polinasi (penyerbukan). Ovulum melekat pada daerah khusus yang merupakan dinding karpel yang menebal yang disebut dengan plasenta. Apabila karpel-karpel terdapat pada

tingkatan bagian sumbu bunga yang paling tinggi, ovarium tersebut dinamakan superior dan bunga disebut hipogi. Pada tumbuhan tertentu perhiasan bunga dan stamen terletak ditepi diskus yang meluas ke samping sehingga mereka diangkat keatas ovarium: bunga demikian dinamakan perigin dan ovariumnya disebut intermedia atau inferior semua. Dasar bunga yang cembung dapat menutupi ovarium secara sempurna sehingga terletak disebelah bawah dari organ-organ bunga pada bunga yang demikian ovarium itu disebut inferior dan bunga disebut epigin.

Sistem organ reproduktif berbeda dengan sistem pucuk vegetatif karena bunga tidak mempunyai kuncup pada ketiak organ-organnya, bukannya pendek sehingga jarak vertikal antara organnya sangat pendek, dan pertumbuhannya terbatas. Jumlah bunga pada suatu tumbuhan ada yang berbunga tunggal dan ada yang berbunga banyak. Menurut letaknya bunga ada yang diujung cabang atau ada yang diketiak daun. Bunga yang jumlahnya banyak pada suatu tumbuhan dapat terpecah terpisah-pisah atau berkumpul dengan membentuk rangkaian susunan yang beraneka ragam, yang disebut bunga majemuk (infloresensi).

## **B. Anatomi bunga**

Bunga merupakan alat reproduksi seksual. Suatu yang lengkap mempunyai daun kelopak, daun mahkota, benang sari, putik dan daun buah. Bunga terdiri atas bagian yang fertil, yaitu benang sari dan daun buah, serta bagian yang steril yaitu daun kelopak dan daun mahkota.

### **1. Daun mahkota dan daun kelopak**

Secara anatomi daun mahkota dan daun kelopak mempunyai struktur yang sama terdiri atas sel-sel parenkimatis. Parenkim dasar terletak diantara epidermis atas dan epidermis bawah jaringan ini disebut mesofil. System pembuluh terdapat pada jaringan dasar sel-sel yang mengandung kristal, idioblas/ saluran/ sel getah mungkin terdapat pada jaringan dasar, atau berhubungan dengan sel pembuluh. Pada daun kelopak suku Geraniaceae hypodermis berdinding tebal, masing-masing sel dengan Kristal drusen. Daun kelopak sel-selnya mengandung kloroplas. Mesofil jarang terdiferensiasi menjadi jaringan tiang dan jaringan bunga karang. Daun umumnya mempunyai struktur yang sederhana terdiri dari sel-sel yang isodiametris bentuknya. Epidermis

daun kelopak dilapisi kutin pada bagian luarnya, dan terdapat stomata dan trikomata, sama seperti pada daun. Struktur sistem pembuluh seperti pada daun hanya kurang jelas.

Daun mahkota mempunyai satu atau banyak pembuluh yang kecil. Epidermis bentuknya khusus, dilapisi oleh kitikula. Adanya warna yang bermacam-macam disebabkan karena adanya kromoplas atau pigmen tambahan yang terdapat pada cairan sel. Zat tepung sering dibentuk pada daun mahkota yang masih muda. Minyak volatile yang karakteristik pada bunga umumnya terdapat pada sel-sel epidermis.

## **2. Benang sari**

Benang sari terdiri atas kepala sari dan tangkai sari. Tangkai sari tersusun oleh jaringan dasar, yaitu sel-sel parenkimatis yang mempunyai vakuola, tanpa ruang antar sel. Sel-sel ini sering mengandung pigmen. Epidermis dengan kutikula, trikoma, mungkin stomata, dan stomata mungkin tetap terbuka seperti pada hidatoda. Kepala sari mempunyai struktur yang sangat kompleks, terdiri atas dinding yang berlapis-lapis dan di bagian trdalam terdapat loculus (ruang)-sari (mikrosporangium) yang berisi butir butir serbuk sari.

Jumlah lapisan dinding kepala sari bervariasi. Lapisan dinding ini merupakan diferensiasi dari lapisan parietal primer, yang terletak di sebelah dalam epidermis. Lapisan dinding dari luar kedalam adalah:

### **a. Epidermis**

Merupakan lapisan dinding terluar, kadang-kadang berbentuk papilla.

### **b. Endotesium**

Endotesium terletak dibawah epidermis. Pada waktu kepala sari masak endotesium membentuk dinding sekunder, pada bagian anticlinal dan dinding tangensial bagian dalam. Penebalan aniklina menyebabkan terbentuknya srtuktur yang berserabut. Oleh karena itu endotesium sering disebut lamina fibrosa.

### **c. Lapisan tengah**

Lapisan tengah merupakan lapisan yang terletak disebelah dalam endotesium, terdiri atas dua sampai tiga lapisan sel. Pada waktu kepala sari masak sel-selnya terdesak oleh endotesium.

Dan menjadi tertekan, sehingga lapisan ini di sebut lapisan tertekan.

### **d. Tapetum**

Tapetum merupakan lapisan terdalam dari dinding kepala sari. Sel-selnya mengandung protoplas yang padat yang jelas. Tapetum mempunyai nutritif bagi sel induk serbuk sari maupun serbuk sari yang masih muda. Serbuk sari yang telah masak keluar melalui lubang yang terjadi pada dinding antera yang disebut stomium. Serbuk sari berasal dari sel induk serbuk sari yang mengalami pembelahan meiosis. Dinding serbuk sari yang paling luar disebut eksin, dan bagian dalam disebut intim. Eksin terdiferensiasi menjadi nekserin dan seksin.

### **3. Karpel**

Dinding ovarium terdiri atas jaringan parenkimatis, serta jaringan vaskular yang dilindungi oleh epidermis tabung kole. Jaringan ini akan mengalami perubahan histologi setelah terjadinya pembuahan. Stigma dan stilus mempunyai struktur yang khusus yang memungkinkan butir-butir kelenjar mampu berkecambah pada stigma dan buluh polen mampu menembus ovulum. Epidermis stigma berkecambah, dan sel-selnya kaya akan protoplasma. Kadang-kadang lapisan sebelah epidermis membentuk jaringan yang berkecambah, yang fungsinya sama dengan yang terdapat pada epidermis. Pada beberapa tumbuhan, sel-sel epidermis stigma berkembang menjadi rambut-rambut yang panjang dan bercabang misalnya pada tumbuhan *gramineae* dan tumbuhan lain yang penyerbukannya dilakukan oleh angin.

Jaringan di bagian dalam dari stilus dinamakan jaringan transmisi, dan merupakan jalan bagi buluh serbuk sari untuk mencapai bakal biji. Jaringan tersebut menyediakan nutrisi yang berfungsi untuk membantu pertumbuhan buluh serbuk sari yang melalui stilus.

Pada tumbuhan dimana karpel tidak menghasilkan stilus, buluh serbuk sari mencapai ovulum melalui rambut-rambut yang terdapat pada tepi karpel. Selain jaringan transmisi, stilus terdiri dari berkas pembuluh, parenkim yang berdinding tipis serta epidermis yang ditutupi oleh kutikula yang khas, sering pula pada epidermis dijumpai adanya stomata.

### **4. Bakal biji (ovulum)**

Bakal biji berkembang dari plasenta. Pada bakal biji terjadi pembentukan megaspore dan perkembangan kandung lembaga. Suatu bakal biji terdiferensiasi menjadi:

**a. Nuselus** yaitu (jaringan yang menyelubungi) badan sentral, dengan integument jumlahnya satu atau dua menyelubungi nuselus.

**b. Funikulus** yaitu tangkai yang mengandung bakal biji, di mana bakal biji melekat pada plasenta.

## **C. Dari Zigot menjadi Biji dan Buah**

### **1. Struktur biji**

Selain perkembangan biji dari bakal biji, integumen berkembang menjadi kulit biji atau testa. Sel telur yang dibuahi atau zigot berkembang menjadi embrio dan sel endosperm primer, membelah menghasilkan endosperm. Biji yang tidak mempunyai endosperm (eksalbuminus) menyimpan cadangan makanan pada kotiledon. Pada beberapa jenis tumbuhan, dijumpai adanya arilus, yang merupakan pertumbuhan funikulus ke arah luar. Misalnya pada *Miristica fragrans*. Biji mempunyai bentuk, ukuran, warna, struktur biji yang bervariasi

#### **a. Kulit biji**

Merupakan bagian terluar biji. Pada angiospermae bakal biji mempunyai satu atau dua integumen. Pada umumnya semua bagian yang menyusun integumen berperan dalam pembentukan kulit biji. Sering pada biji tertentu jaringan integumen terjadi kerusakan karena adanya perkembangan jaringan lain pada biji, sehingga kulit biji berasal dari bagian yang tersisa didalam integumen, pada beberapa tumbuhan suatu keadaan yang ekstrim adalah tidak adanya kulit biji pada biji yang masak. Ini di jumpai pada taksa yang ovulum.

#### **b. Endosperm**

Endosperm merupakan hasil pembelahan inti primer endosperm yang berkali-kali dan berfungsi memberi makan embrio yang sedang berkembang. Tidak semua golongan tumbuhan membentuk endosperm. Tumbuhan yang tidak membentuk endosperm adalah suku orchidaceae, podostemaceae dan trapaceae.

### **2. Struktur embrio**

Setelah pembuahan zigot membelah berkali-kali menjadi embrio. Embrio ini mempunyai potensi untuk membentuk tanaman yang sempurna. Embrio mempunyai poros embrional. Pada

tumbuhan dikotil poros ini bertautan dengan dua kotiledon secara lateral. Poros (sumbu embrional) pada dikotil menyebabkan terjadinya dua kutub, yaitu kutub yang ada dibagian atas yaitu epikotil dan yang ada di bagian bawah hipokotil. Epikotil akhirnya menjadi pucuk embrionik (plumula) dan hipokotil pada bagian bawah akan menghasilkan calon akar. Pada beberapa tumbuhan yang endospermnya tidak berkembang, embrio berfungsi sebagai penyimpan makanan cadangan sehingga embrio menjadi tebal. Misalnya pada tumbuhan leguminosae.

Sedang pada biji yang endospermnya berkembang embrio yang sangat tipis.

#### **D. Reproduksi Aseksual Tumbuhan**

Banyak spesies tumbuhan yang mengklon dirinya sendiri melalui reproduksi aseksual yang juga disebut reproduksi vegetatif. Reproduksi vegetatif merupakan suatu perluasan dari kapasitas tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan tak terbatas. Tumbuhan memiliki jaringan meristematik untuk pembelahan, yaitu sel-sel yang tidak berdiferensiasi yang dapat mempertahankan atau memperbaharui pertumbuhan tambah batas. Selain itu, sel-sel parenkima di seluruh tumbuhan dapat membelah dan berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel-sel terspesialisasi, yang memungkinkan tumbuhan menumbuhkan kembali bagian-bagian yang hilang. Fragmen yang lepas dari beberapa tumbuhan dapat berkembang berkembang menjadi keturunan yang utuh; suatu batang yang patah, misalnya, bisa menghasilkan akar tambahan dan menjadi sebuah tumbuhan utuh. Fragmentasi, yaitu pemisahan suatu tumbuhan induk menjadi bagian-bagian yang kemudian akan membentuk kembali sebuah tumbuhan utuh, merupakan salah satu cara reproduksi vegetatif yang paling umum.

Suatu variasi proses ini terjadi pada beberapa spesies tumbuhan dikotil, dimana di dalam variasi ini sistem akar dari sebuah induk tunggal akan menghasilkan beberapa tunas tambahan yang menjadi sistem tunas yang terpisah. Hasilnya adalah suatu klon yang terbentuk dari reproduksi aseksual dari satu induk.

Perbanyakkan aseksual seperti itu telah menghasilkan klon tumbuhan yang paling tua dan dikenal luas, yaitu suatu cincin semak *Creosote* di Mojave Desert California, yang diyakini paling tidak telah berumur 12.000 tahun.

Suatu mekanisme reproduksi aseksual yang secara keseluruhan berbeda telah berkembang pada dandelion dan beberapa tumbuhan lain, yang menghasilkan biji tanpa bunga yang dibuahi. Produksi biji secara aseksual disebut apomiksis. Suatu sel diploid dalam bakal biji akan menjadi embrio, dan bakal biji tersebut matang menjadi biji, yang pada dandelion disebarkan oleh buah yang tertiuip angin. dengan demikian, meskipun tumbuhan ini mengklon dirinya sendiri melalui proses aseksual, mereka juga memiliki keuntungan penyebaran biji, yaitu suatu adaptasi yang umumnya dikaitkan dengan reproduksi seksual lingkungan.

## **SISTEM REPRODUKSI SEKSUAL DAN ASEKSUAL**

Reproduksi tumbuhan dibagi atas reproduksi vegetatif dan reproduksi generatif. Reproduksi vegetatif terjadi secara alami dan buatan. Reproduksi generatif terbagi menjadi dua yaitu pada Gymnospermae dan Angiospermae. Reproduksi vegetatif pada tumbuhan di atas terjadi secara alami. Tumbuhan juga dapat dikembangkan secara buatan dengan cara: mencangkok, stek, okulasi, merunduk, kultur jaringan dan lain-lain (Srikini 2008: 4).

Reproduksi seksual pada tumbuhan terjadi pada Gymnospermae (tumbuhan berbiji terbuka, misalnya pinus, cemara, melinjo, damar, dan pakis haji), dan Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup yaitu monokotil dan dikotil). Flora atau tumbuh-tumbuhan sama halnya dengan binatang dan manusia sama-sama melakukan kegiatan berkembang biak dengan tujuan untuk menghindari kepunahan pada spesies atau rasnya karena cara inilah tumbuhan mempertahankan keturunannya. Kegiatan berkembangbiak atau beranak ini pada tumbuhan dapat dilakukan secara

tidak kawin atau tanpa melalui perkawinan antara sel kelamin jantan betina atau kepala putik dengan benang sari (Pratiwi 2007: 191).

Perkembangbiakan secara alami adalah berkembang biaknya tumbuhan tanpa bantuan tangan manusia untuk terjadi pembuahan atau anakan tanaman baru. Umbi lapis adalah tumbuhnya tunas pada sela-sela lapisan umbi. Contohnya seperti bawang merah. Umbi batang adalah batang yang beralih fungsi sebagai tempat penimbunan makanan dengan calon tunas-tunas kecil yang berada di sekitarnya yang dapat tumbuh dengan cara geragih adalah batang yang menjalar secara terus-menerus di mana pada ruas batang dapat muncul tunas-tunas baru. Misalnya seperti tanaman rumput teki, arbei, kangkung, dan lain sebagainya jadi tanaman baru. Contoh seperti jagung dan ketela rambat (Campbell 2003:355).

Sistem reproduksi ini tidak melibatkan proses penyerbukan. Keuntungan reproduksi secara buatan ini adalah keturunan yang dihasilkan memiliki sifat yang sama persis dengan induknya dan cenderung lebih cepat menghasilkan buah. Kekurangannya antara lain sistem perakaran kurang kuat dan jika ranting dipotong menyebabkan menurunnya pertumbuhan. Reproduksi vegetatif merupakan suatu perluasan dari kapasitas tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan tak terbatas. Individu baru (keturunannya) yang terbentuk mempunyai ciri dan sifat yang sama dengan induknya. Individu-individu sejenis yang terbentuk secara reproduksi aseksual dikatakan termasuk dalam satu klon, sehingga anggota dari satu klon mempunyai susunan genetik yang sama (Pratiwi 2007: 356).

Gametogenesis adalah peristiwa pembentukan gamet (sel kelamin). Pembentukan spermatozoid disebut dengan spermatogenesis, sedang pembentukan ovum disebut dengan oogenesis. Spermatogenesis pada tumbuhan adalah proses pembentukan serbuk sari yang berlangsung di kepala sari dan oogenesis berlangsung di ruang bakal buah (putik). Penyerbukan



adalah jatuhnya serbuk sari di kepala putik untuk tumbuhan Angiospermae sedang untuk Gymnospermae langsung pada bakal biji (Srikini 2008: 5).

Reproduksi pada tumbuhan dari sel generatif dapat terjadi dengan pembuahan (*amfimiksis*), atau tanpa melalui pembuahan (*apomiksis*). Reproduksi (perkembangbiakan) ini merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Dengan reproduksi maka makhluk hidup dapat mempertahankan kelangsungan jenisnya (spesies) sehingga tidak punah. Pembuahan pada angiospermae disebut pembuahan ganda sebab terjadi 2 kali pembuahan (Pratiwi 2004: 193).

Sama seperti halnya makhluk hidup lain, tumbuhan juga bereproduksi untuk mempertahankan kelangsungan spesiesnya. Tumbuhan berbunga melakukan reproduksi dengan cara membentuk biji. Biji terbentuk dengan jalan reproduksi seksual yaitu bergabungnya sel kelamin jantan dari serbuk sari dengan sel kelamin betina dari bakal buah. Baik benangsari maupun putik dilindungi oleh kelopak bunga dan daun mahkota. Keduanya membentuk mahkota bunga. Polinasi atau penyerbukan terjadi ketika butir sel jantan dari benangsari masuk ke kepala putik bunga lalu turun ke tangkai putik untuk bergabung dengan bakal biji. Ada juga tumbuhan yang bisa dikembangkan tanpa pembuahan (Srikini 2007: 28).

## **1. Pengertian Reproduksi pada tumbuhan.**

Reproduksi adalah suatu proses biologis di mana individu organisme baru diproduksi . Reproduksi adalah cara dasar mempertahankan diri yang dilakukan oleh semua bentuk kehidupan; setiap individu organisme ada sebagai hasil dari suatu proses reproduksi oleh pendahulunya. Cara reproduksi secara umum dibagi menjadi dua jenis: seksual dan aseksual.

Reproduksi pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi reproduksi aseksual (vegetatif) dan reproduksi seksual (generatif).

### **a. Reproduksi Aseksual/Vegetatif**

Reproduksi aseksual/vegetatif merupakan cara reproduksi (perbanyakan diri) tanpa melewati proses peleburan dua gamet. Artinya, satu induk tumbuhan dapat memperbanyak diri menghasilkan keturunan yang memiliki sifat identik dengan induk. Reproduksi vegetatif dapat terjadi secara alami dan buatan (artifisial).

### **b. Reproduksi Seksual/Generatif**

Reproduksi seksual/generatif merupakan cara reproduksi yang melibatkan proses peleburan gamet jantan dan gamet betina. Proses peleburan dua gamet induk ini biasa disebut pembuahan. Reproduksi generatif terjadi pada tumbuhan berbiji, baik gimnospermae (berbiji terbuka) maupun angiospermae (berbiji tertutup)

## **2. Reproduksi Tumbuhan Lumut (Bryophyta)**

Lumut sudah menunjukkan diferensiasi tegas antara organ penyerap hara dan organ fotosintetik namun belum memiliki akar dan daun sejati. Kelompok tumbuhan ini juga belum memiliki pembuluh sejati. Sebagai akar, organ penyerap haranya adalah rizoid (harafiah: "serupa akar"). Daun tumbuhan lumut dapat berfotosintesis. Tumbuhan lumut merupakan tumbuhan pelopor, yang tumbuh di suatu tempat sebelum tumbuhan lain mampu tumbuh. Ini terjadi karena tumbuhan lumut berukuran kecil tetapi membentuk koloni yang dapat menjangkau area yang luas. Jaringan tumbuhan yang mati menjadi sumber hara bagi tumbuhan lumut lain dan tumbuhan yang lainnya.

### **1. Ciri-ciri Tubuh :**

- a. Sel – sel penyusun tubuhnya telah memiliki dinding sel yang terdiri dari selulosa.
- b. Pada semua tumbuhan yang tergolong lumut terdapat persamaan bentuk susunan gametangiumnya (anteredium maupun arkegonium) terutama susunan arkegoniumnya, mempunyai susunan yang khas yang sering kita jumpai pada tumbuhan paku (pteridophyta)

c. Batang dan daun pada tumbuhan lumut yang tegak memiliki susunan yang berbeda –

ngnya dilihat secara melintang tampak bagian – bagian sebagai berikut:

1. Selapis sel kulit, beberapa sel diantaranya memanjang membentuk rizoid
2. Lapisan kulit dalam yang tersusun atas beberapa lapisan sel dinamakan korteks.
3. Silinder pusat terdiri dari sel – sel parenkimatik yang memanjang dan berguna untuk

mengangkut air dan garam – garam mineral (makanan). Jadi pada tumbuhan lumut belum terdapat floem maupun xylem.

4. Daun lumut umumnya setebal satu lapis sel, kecuali ibu tulang daun, lebih dari satu lapis sel. Sel – sel daun kecil , sempit panjang dan mengandung kloroplas yang tersusun seperti jala.

tumbuhan lumut hanya terdapat pertumbuhan memanjang dan tidak ada pertumbuhan membesar.

6. Rizoid tampak seperti rambut / benang – benang , berfungsi sebagai akar untuk melekat

d. Struktur sporofit (sporogonium) tubuh lumut terdiri atas:

1. Vaginula , kaki yang diselubungi sisa dinding arkegonium.
2. Seta atau tangki
3. Apofisis, yaitu ujung seta yang agak melebar yang merupakan peralihan antara seta dan kotak spora
4. Kaliptra atau tudung berasal dari dinding arkegonium sebelah atas menjadi tudung kotak spora.
5. Kolumela, jaringan yang tidak ikut mengambil bagian dalam pembentukan spora

## 2. Reproduksi

Reproduksi lumut bergantian antara seksual dengan aseksualnya, reproduksi aseksualnya dengan spora haploid yang dibentuk dalam sporofit, sedangkan reproduksi seksualnya dengan membentuk gamet – gamet, baik gamet jantan maupun gamet betina yang dibentuk dalam gametofit.

Ada 2 macam gametangium , yaitu sebagai berikut:\

1. **Arkegonium** adalah gametangium betina yang bentuknya seperti botol dengan bagian lebar yang disebut perut, bagian yang sempit disebut leher
2. **Anteredium** adalah gametangium jantan yang berbentuk bulat seperti gada. Dinding anteredium terdiri dari selapis sel yang mandul dan didalamnya terdapat sejumlah sel induk spermatozoid. Reproduksi aseksual dan seksual berlangsung secara bergantian melalui suatu pergiliran keturunan yang disebut **metagenesis**.

Pada tumbuhan lumut, proses reproduksi baik secara seksual dan aseksual berlangsung melalui suatu proses yang disebut sebagai metagenesis. Dalam metagenesis, terjadi pergiliran keturunan antara generasi sporofit ( $2n$ ) dan generasi gametofit ( $n$ ). Ketika ada spora yang jatuh pada tempat yang sesuai, maka spora tadi akan tumbuh menjadi protonema. Protonema tadi akan segera tumbuh menjadi tumbuhan lumut dewasa yang akan menghasilkan gamet jantan, yaitu anteridium yang akan menghasilkan spermatozoid dan juga menghasilkan gamet betina, yaitu arkegonium yang akan menghasilkan ovum. Apabila terjadi fertilisasi antara spermatozoid dengan ovum maka akan terbentuk zigot, zigot tadi akan segera berkembang menjadi sporogonium yang akan menghasilkan spora. Spora yang dihasilkan sporogonium akan membelah dan akan keluar serta tumbuh lagi menjadi protonema. Siklus akan berjalan seperti semula.

### 3. Reproduksi Tumbuhan Paku

Tumbuhan paku atau dikenal dengan (Pteridophyta) adalah kelompok kingdom Plantae yang secara evolusi lebih maju dibandingkan Bryophyta (Lumut) karena sudah mempunyai jaringan pengangkut Xilem dan Floem (Tracheophyta), selain akarnya sudah jelas dan membentuk sistem perakaran serabut. Secara keseluruhan Paku dan Lumut mempunyai persamaan adanya metagenesis, yaitu adanya peristiwa pergiliran keturunan dari fase seksual ke fase aseksual ke fase seksual lagi sehingga membentuk daur/cyclus.

Karakter khas pada Pteridophyta ( tumbuhan paku) Tumbuhan paku dewasa yang dijumpai di alam merupakan fase sporofit yang menghasilkan spora sebagai alat perkembangbiakan seksual. Spora yang jatuh ditempat lembab akan tumbuh menjadi protalium atau prothallus yang merupakan fase gametofit yang berwujud tumbuhan kecil berupa lembaran berwarna hijau Fase gametofitnya lebih pendek daripada fase sporofitnya. Daur hidup tumbuhan paku mengenal pergiliran keturunan, yang terdiri dari dua fase , yaitu fase gametofit dan fase sporofit. Tumbuhan paku yang mudah kita lihat merupakan bentuk fase sporofit karena menghasilkan spora. Bentuk generasi fase gametofit dinamakan protalus (prothallus) atau protalium (prothallium), Prothallium berwujud tumbuhan kecil berupa lembaran berwarna hijau, mirip lumut hati, tidak berakar (tetapi memiliki rizoid sebagai penggantinya) tidak berbatang, tidak berdaun.

Prothallium tumbuh dari spora yang jatuh di tempat yang lembab.

Dari prothallium tumbuh anteridium (antheridium, organ penghasil spermatozoid atau sel kelamin jantan) dan arkegonium (archegonium, organ penghasil ovum atau sel telur). Pembuahan mutlak memerlukan bantuan air sebagai media spermatozoid berpindah menuju archegonium. Ovum yang terbuahi berkembang menjadi zigot, yang pada gilirannya tumbuh menjadi tumbuhan paku baru. Tumbuhan paku berupa tumbuhan yang dewasa yang berakar, berbatang dan berdaun.

Daun yang muda menggulung. Daunnya ada yang berukuran besar (makrofil) maupun kecil ( mikrofil ) dan ditemukan pula daun sporofil ( daun penghasil spora) dan Tropofil( daun untuk fotosintesis yang sering pula disebut daun steril. Daun sporofil dibagian permukaan bawahnya terdapat sporogonium penghasil spora sehingga permukaan daun bagian bawahnya tidak rata. Karena sering dijumpai dialam tentu ia lebih lama hidupnya maka pada paku Fase sporofit lebih

dominan / lebih lama hidupnya dibandingkan dengan fase gametofitnya yang berupa fase gametofit. Tumbuhan paku juga bereproduksi secara vegetative dengan rizom,. Rizom tumbuh menjalar ke segala arah membentuk koloni-koloni tumbuhan paku. Rizom adalah batang yang tumbuh di dalam tanah.

Berdasarkan jenis spora yang dihasilkan tumbuhan paku dapat dibedakan sebagai berikut:

### **1. Tumbuhan paku homospora**

Tumbuhan paku homospora hanya memproduksi satu macam ukuran spora. Sering pula uhan paku berumah satu, contohnya *Lycopodium clavatum* (paku kawat). Tumbuhan ini batangnya seperti kawat , hidup memanjat pada tumbuhan lain . Tumbuhan paku homospora memiliki metagenesis sebagai berikut.

### **2. Tumbuhan Paku Heterospora**

Paku heterospora memproduksi dua macam ukuran spora. Spora yang berukuran kecil dan berkelamin jantan disebut *mikrospora*. Spora yang berukuran besar dan berkelamin betina disebut *makrospora*. Mikrospora akan tumbuh menjadi mikroprotalium Sedangkan makrospora akan tumbuh menjadi makroprotalium. Mikroprotalium membentuk mikrogametofot yang akan menghasilkan anteridium, sednagkan makroprotalium membentuk arkegonium. Anteridium menghasilkan sperma dan arkegonium menghasilkan ovum. Fertilisasi antara sperma dan ovum menghasilkan zigot. Zigot akan tumbuh menjadi tumbuhan paku yang akan menghasilkan spora.

### **3. Tumbuhan Paku Peralihan dari Homospora ke Heterospora**

Tumbuhan paku peralihan menghasilkan spora yang berukuran sama, tetapi dapat dibedakan jantan (spora +) dengan spora betina (spora -). Contohnya paku ekor kuda (*Equisetum debile*)

#### 4. Reproduksi Vegetatif Tumbuhan biji

Reproduksi Vegetatif yaitu cara reproduksi tanpa melalui perkawinan (fertilisasi) gamet jantan dan betina. Sifat dari reproduksi vegetatif adalah menghasilkan keturunan yang identik (sifat sama) dengan induknya. Reproduksi Vegetatif dapat terjadi secara :

##### 1. Vegetatif Alami

cara reproduksi yang dilakukan oleh organ vegetatif tumbuhan tanpa bantuan manusia. Organ

vegetatif yang berperan antara lain :

##### a. *Rhizoma (rimpang/akar tinggal)*

Rhizoma yaitu batang yang menjalar secara horisontal dalam tanah, dari batang

yang but akan muncul akar dan batang baru yang akan menjadi individu baru. Misal :

bunga tasbih, kunyit, jahe, alang-alang.

##### b. *Stolon (geragih)*

Stolon yaitu batang yang menjalar di atas tanah dari batang utama. Dari batang

tersebut akan muncul akar dan tunas baru sehingga tumbuh menjadi individu baru.

Misal : arbei (stroberi), daun kaki kuda (*Centella asiatica*)

##### c. *Umbi Lapis (Bulbus)*

Umbi lapis yaitu batang berukuran pendek yang dikelilingi daun berlapis-lapis

yang tumbuh di bawah tanah. Bentuk umbi lapis menggelembung, berair, dan memiliki

sisik-sisik daun yang berfungsi sebagai cadangan makanan. Umbi lapis memiliki tunas

samping (anak umbi lapis) yang tumbuh di antara daun. Tunas samping akan tumbuh

menjadi individu baru dan memisahkan diri dari induknya. Misal: bawang merah (*Allium*

*cepa*).

##### d. *Umbi Batang*

Umbi batang yaitu batang yang membengkak atau menggelembung di dalam tanah. Umbi batang berisi cadangan makanan. Pada umbi batang terdapat mata tunas-mata tunas yang kelak tumbuh menjadi tumbuhan baru. Misal : ubi jalar, kentang

*e. Tunas*

Biasanya tunas muncul pada tumbuhan yang telah dewasa (tua). Tunas ini dapat muncul dari akar, batang, atau daun. Pembentukan tunas batang misalnya terjadi pada tumbuhan bamboo, tebu, dan pisang. Tunas akar misalnya pada tumbuhan cemara, sukun, kesemek. Tunas daun pada tumbuhan cocor bebek. Tunas-tunas yang muncul selain pada batang dinamakan tunas adventif (liar).

*f. Kormus*

Kormus yaitu pangkal batang yang membesar dan memiliki beberapa kuncup.

Misal : bunga tasbih, gladiol

## 2. Vegetatif Buatan

yaitu cara reproduksi yang dilakukan oleh tumbuhan dengan bantuan manusia. Macam

reproduksi vegetatif secara buatan :

Vegetatif buatan dengan Cara (a) merunduk, (b) meyambung, dan menempel (okulasi)

*a. Merunduk*

Pada teknik merunduk, akar akan tumbuh dari tumbuhan dari batang yang masih terhubung dengan tumbuhan induk. Pada teknik ini, cabang dibengkokkan hingga menyentuh tanah.

Cabang yang menyentuh tanah tersebut ditutupi oleh tanah. Dari cabang yang ditutupi tanah tersebut akan tumbuh akar. Individu baru dapat diperoleh dengan cara memotong cabang tersebut.

*b. setek*

Setek merupakan teknik reproduksi vegetatif buatan yang paling mudah dilakukan. Pada teknik ini, daun dan batang dipotong dan diletakkan di air atau di tanam di dalam tanah. Dari



potongan batang atau daun tersebut akan tumbuh akar sehingga tumbuh menjadi individu baru

c. Menempel

Pada teknik menempel (okulasi), tunas dari satu tumbuhan ditempelkan ke tumbuhan lainnya. Kulit kayu tumbuhan yang akan ditempel tunas diiris membentuk huruf T. Tunas akan tumbuh menjadi batang. Bagian tumbuhan di atas tunas baru tersebut harus dipotong agar bagian tunas tersebut menjadi ujung meristem dari tumbuhan tersebut.

d. Mencangkok

Cangkok adalah cara perkembangbiakan dengan membuang sebagian kulit dan kambium secara melingkar pada cabang batang, lalu ditutup dengan tanah yang kemudian dibungkus dengan pembalut (sabut atau plastik). Setelah akar tumbuh, batang dipotong kemudian ditanam. Cangkok hanya dapat dilakukan pada tumbuhan yang tergolong dikotil, terutama buah-buahan.

Keuntungan reproduksi secara vegetatif buatan antara lain, sifat-sifat tumbuhan hasil reproduksi sama dengan sifat-sifat tumbuhan induknya dan cepat menghasilkan buah.

Kekurangannya antarlain sistem perakaran kurang kuat, terutama yang dilakukan dengan stek atau cangkok; dan jika tanaman dipotong ranting-rantingnya maka dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan.

## 5. Variasi macam bunga

a. Berdasarkan kelengkapan bagian bunga

**1) Bunga lengkap**

Merupakan bunga yang memiliki semua bagian bunga tanpa terkecuali, yaitu tangkai bunga, kelopak bunga, mahkota bunga, benang sari, dan putik. Contohnya adalah bunga mawar, melati (*Jasminum sambac*), dan bunga sepatu.

## **2) Bunga tidak lengkap**

Merupakan bunga yang tidak memiliki salah satu bagian bunga. Contohnya adalah bunga tanaman rumput-rumputan yang tidak memiliki mahkota bunga.

## **3) Bunga sempurna**

Merupakan bunga yang memiliki benang sari dan putik sekaligus, selain itu juga memiliki bagian-bagian bunga yang lain. Contohnya adalah bunga sepatu.

## **4) Bunga tidak sempurna**

Merupakan bunga yang hanya memiliki benang sari atau hanya memiliki putik saja, selain itu juga memiliki bagian-bagian bunga yang lain. Contohnya adalah bunga salak, bunga kelapa, jagung, dan melinjo. Bunga yang hanya memiliki benang sari biasa disebut juga sebagai bunga jantan dan bunga yang hanya memiliki putik saja biasa disebut sebagai bunga betina.

Bagian-bagian bunga :

### **a. Kelopak (calyx)**

Kelopak daun-daun hiasan bunga yang merupakan lingkaran luar, biasanya berwarna hijau. Lebih kecil dan lebih kasar daripada hiasan bunga yang sebelah dalam. Kelopak berguna sebagai pelindung bunga terutama waktu bunga masih kuncup (sebelum mekar) dari pengaruh-pengaruh luar . jika bunga sudah mengadakan persarian dan pembuahan, biasanya kelopak lalu runtuh. Kelopak terdiri atas beberapa daun kelopak (sepala). Daun-daun kelopak pada bunga dapat berlekatan satu sama lain, dapat pula terpisah-pisah

b. Mahkota bunga (corolla)

Mahkota yaitu bagian hiasan bunga yang terdapat pada lingkaran dalam, biasanya tidak berwarna hijau lagi. Warna bagian inilah yang lazimnya merupakan warna bunga. Warna yang menarik itu berguna untuk memikat kupu-kupu atau serangga lainnya agar hinggap pada bunga, untuk membantu proses penyerbukan. Mahkota bunga terdiri atas sejumlah daun mahkota (petala), yang seperti halnya dengan daun-daun kelopak dapat berlekatan atau tidak.

c. Putik ( Pistillum / alat kelamin betina )

Bagian ini terletak di bagian tengah-tengah bunga dan biasanya dikelilingi oleh benang sari.

Putik terdiri atas :

1. Kepalaputik (Stigma)

Bentuk kepala putik beraneka ragam, biasanya disesuaikan dengan cara penyerbukan pada bunga. Seperti benang (pada bunga jagung), Seperti bulu ayam (pada bunga padi), (Seperti bulu-bulu (pada kecipir), Bulat (pada jeruk) dan lainnya.

2. tangkai putik (stillus)

terletak di bagian yang akan menjadi buah dan Biji, dan berfungsi untuk menopang

kepala putik

3. bakal buah (ovarium)

4. bakal biji (ovulum)

d. Benang Sari ( Stamen / alat kelamin jantan )

Terletak pada bagian tengah bunga yang berdekatan dengan mahkota bunga, bersifat ringan dan mudah terbang tertiup angin.

1. Benang sari terdiri atas kepala sari dan tangkai sari. Tangkai sari tersusun oleh jaringan dasar, yaitu sel-sel parenkimatis yang menyerupai vakuola, tanpa ruang antar sel. Kepala sari mempunyai struktur yang sangat kompleks, terdiri atas dinding yang berlapis-lapis, dan dibagian terdapat loculus ruang sari (mikrosporangium) yang berisi butir-butir serbuk sari

2. Stamen terdiri dari tangkai sari atau filamen dan dibagian distal terdapat kepala sari atau antera. Pada antera biasanya terdapat dua bagian, masing-masing berkeping dua. Kedua bagian antera bersambungan di tengah dengan penghubung kepala sari, atau konektivum. Setiap bagian mengandung dua buah kantung sari atau kumpulan karpel yang bersatu menjadi ginesium.

Biasanya terdiri dari 3 bagian, yakni bakal buah dengan bakal biji atau ovulum, tangkai putik atau stylus, serta kepala putik atau stigma yang strukturnya memudahkan polinasi

3. Jumlah lapisan dinding kepala sari bervariasi. Lapisan dinding ini merupakan diferensiasi dari lapisan parietal primer, yang terletak disebelah dalam epidermis. Epidermis merupakan lapisan dinding terluar, kadang-kadang berbentuk papila. **Endotesium**, terletak di bawah epidermis.

Pada waktu kepala sari masak, endotesium membentuk dinding sekunder, pada bagian antiklinal dan dinding tangensial bagian dalam. Penebalan antiklinal menyebabkan terbentuknya struktur yang berserabut oleh karena itu endotesium sering disebut lamina fibrosa. Lapisan tengah terletak sebelah dalam endotesium, yang terdiri atas 2-3 lapisan sel. Pada waktu kepala sari masak, sel-selnya terdesak oleh endotesium, sehingga lapisan ini disebut pula lapisan tertekan.

**Tapetum**, merupakan lapisan terdalam dari dinding kepala sari. Sel-selnya mengandung protoplas yang padat dengan inti yang jelas. Tapetum mempunyai fungsi nutritif bagi sel induk serbuk sari maupun serbuk sari yang masih muda. Serbuk sari yang telah masak keluar melalui lubang yang terjadi pada dinding antera yang disebut stomium. Serbuk sari berasal dari sel induk

## 6. Megasporogenesis dan mikrosporogenesis pada tumbuhan angiospermae dan gymnospermae

Putik bunga lili memiliki bagian ovul sebagai tempat pembentukan gametofit betina (megasporogenesis) dan ovari. Ketika bunga berkembang di dalam tunas, megasporosit ( $2n$ ) di ovul mengalami meiosis dan menghasilkan 4 megaspora ( $n$ ). Tiga dari megaspora ini akan

mengalami degenerasi dan hilang, sedangkan satu megaspora akan mengalami mitosis dan tumbuh membesar menghasilkan dua inti haploid. Kedua inti haploid ini mengalami pembelahan mitosis sebanyak dua kali sehingga menghasilkan delapan inti haploid. Delapan inti haploid ini akan berkembang dan dilapisi dinding sehingga terbentuk 3 inti sebagai antipodal (3 sel), 2 inti sebagai inti polar (1 sel), 2 inti sebagai sinergid (2 sel), dan 1 inti sebagai sel telur (1 sel). Sel telur berfungsi sebagai gamet betina, sinergid akan berdegenerasi selama atau setelah pembuahan, dan antipodal belum diketahui fungsinya, nantinya juga akan berdegenerasi. Kantung yang besar yang berisi 8 inti dalam 7 sel ini menjadi gametofit betina (megagametofit) atau lebih dikenal dengan kantung embrio. Dua lapis terluar dari ovul akan berdeferensiasi menjadi integumen yang kemudian akan menjadi kulit biji. Selama perkembangannya, integumen akan membentuk pori dan di bagian ujung pori ini disebut mikrofil, tempat masuknya serbuk sari ke ovul (Stern, 2006).

a. *Mikrospora dan gametofit jantan*

Mikrospora atau butir polen adalah haploid, bentuk, ukuran, serta ornamentasi dindingnya etofit jantan endosporik pertumbuhannya sebagian didalam mikrosporangium dan sebagian didalam ruang serbuk sari pada ovulum.

Pada golongan Cycadophyta mikrogametofit mempunyai sel protalus jantan yang akan menghasilkan sel steril yang besar atau sel tangkai yang diikuti oleh sel tubuh (sel spermatogen). Sel tubuh membelah menjadi 2 sel gamet yang berflagel banyak Pada Angiospermae, waktu tumbuhan berbunga dihasilkan mikrospora dan megaspora. Mikrospora berkembang menjadi gametofit jantan yang memancar sebagai serbuk sari, sedangkan megaspora berkembang menjadi gametofit betina yang merupakan kantung embrio yang tetap berada dalam ovarium, dan merupakan bagian dari bakal biji.

#### b. *Megasporogenesis dan Mikrosporogenesis pada Gymnospermae*

Gymnospermae belum memiliki alat perkembangbiakan berupa bunga sesungguhnya menurut pengertian sehari-hari. Alat perkembangbiakannya berupa strobilus. Strobilus tersebut merupakan kumpulan sporofil. Jika tumbuhan itu kompak dan membentuk kerucut, disebut konus. Sporofil pada strobilus tersebut sering disebut juga sebagai sisik strobilus. Sporofil merupakan bagian daun yang berfungsi menghasilkan spora di samping juga sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Ada dua macam sporofil, yaitu megasporofil (betina) dan mikrosporofil (jantan)

Pada megasporofil (sisik strobilus betina) terdapat bakal biji. Dengan demikian, bakal biji ini tidak dilindungi oleh dinding bakal buah. Dalam bakal biji terdapat megasporangium(nuseus). Struktur bakal biji ini berupa integumen , merupakan satu nuseus. Pada nuseus akan terdapat sel induk megaspore yang mengalami meiosis dan menjadi 4 megaspore, hanya satu megaspore terdalam yang berkembang menjadi jaringan megagametofit. Sebagian dari sel-sel gametofit ini yang dekat dengan mikropil membentuk satu atau beberapa arkegonium. Arkegonium berbentuk seperti botol dan di dalamnya terdapat sel telur. Proses terbentuknya megagametofit dari megaspore disebut megagametogenesis.

Pada mikrosporofil terdapat banyak mikrosporangium. Di dalam mikrosporangium terdapat banyak mikrospora yang akan berkembang menjadi banyak serbuk sari.

## 7. Penyerbukan

Proses reproduksi seksual memerlukan gamet jantan dan betina. Proses perkawinan tumbuhan berbiji diawali oleh proses penyerbukan dan dilanjutkan dengan proses pembuahan.

#### a. Penyerbukan pada tumbuhan biji terbuka

Penyerbukan pada tumbuhan biji terbuka (Gymnospermae) adalah menempelnya serbuk sari ke mikrofil (liang bakal biji) dan terjadi pembuahan tunggal. Proses penyerbukan pada gymnospermae umumnya dibantu oleh angin. Contoh tumbuhan berbiji terbuka ini antara lain: melinjo, pinus, damar, pakis haji dan cycas.

b. Penyerbukan pada tumbuhan biji tertutup

Penyerbukan pada tumbuhan biji tertutup (Angiospermae) adalah menempelnya serbuk sari ke kepala putik dan terjadi pembuahan ganda. Alat perkembangbiakan angiospermae adalah bunga. Bunga meliputi berdasarkan perhiasan bunga dan alat kelamin bunga. Bagian sebelah dalam dari lingkaran perhiasan bunga adalah alat kelamin bunga. Bagian alat kelamin bunga terdiri dari benang sari sebagai alat pembiakan jantan dan putik sebagai alat pembiakan betina. Benang sari berada pada lingkaran sebelah luar dari putik.

Penyerbukan atau polinasi merupakan proses awal sebelum terjadinya pembuahan. Pada angiospermae, penyerbukan adalah proses melekatnya serbuk sari di kepala putik, sedangkan pada gymnospermae merupakan peristiwa melekatnya serbuk sari pada bala biji

Macam penyerbukan dapat dibedakan berdasarkan asal serbuk sari dan faktor yang membantu proses penyerbukan.

Penyerbukan berdasarkan asal serbuk sari. Serbuk sari dapat berasal dari beberapa sumber. Berdasarkan asal serbuk sari, penyerbukan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

1. Ototogami

Ototogami merupakan proses penyerbukan oleh serbuk sari yang berasal dari bunga yang sama (satu bunga). Pada saat ototogami, dapat saja terjadi beberapa gangguan yang menghalangi pertemuan antara serbuk sari dan putik. Berikut ini beberapa istilah atau bentuk gangguan yang

menghalangi penyerbukan. Protandri, yaitu peristiwa serbuk sari yang matang lebih dulu dari pada putik. Protagini, yaitu peristiwa putik yang matang lebih dulu daripada serbuk sari. Serbuk sari tidak dapat sampai di kepala putik.

## 2. Kleistogami

Kleistogami merupakan bagian dari otogami yang terjadi pada saat bunga belum mekar.

## 3. Geistonogami

Geistonogami merupakan proses penyerbukan oleh serbuk sari yang berasal dari bunga lain, tetapi masih dalam satu individu. Geistonogami disebut juga penyerbukan tetangga.

## 4. Alogami

Alogami atau xenogami merupakan proses penyerbukan oleh serbuk sari yang berasal dari individu lain, namun masih dalam satu jenis. Alogami disebut juga penyerbukan silang.

## 5. Penyerbukan bastar

Penyerbukan bastar terjadi jika serbuk sari berasal dari bunga pada tumbuhan lain yang berbeda jenisnya, atau sekurang-kurangnya mempunyai satu sifat berbeda. Macam bastar : Bastar antar kultivar (varietas). Contohnya antara mangga golek dengan mangga gadung.; Bastar antar jenis (spesies). Contoh antara mangga dengan kweni.; Bastar antar mangga (genus). Contoh cabai dengan terong.

Penyerbukan berdasarkan faktor penyebab sampainya serbuk sari di kepala putik, penyerbukan dapat dibedakan sebagai berikut:

### 1. Anemogami

Anemogami adalah penyerbukan dengan bantuan angin. Anemogami terjadi pada tumbuhan yang memiliki bunga dengan ciri-ciri: bunga berukuran kecil; tidak mempunyai mahkota bunga atau mahkota bunganya berukuran kecil, mahkota bunga tidak berwarna menarik atau berwarna



seperti daun; tidak mempunyai kelenjar madu; tangkai bunga panjang. bunga terletak jauh di atas daun; serbuk sari kecil, sangat banyak, dan ringan sehingga mudah diterbangkan angin; kedudukan benang sari bergantung, serbuk sarinya berhamburan jika digoyang; kepala putik besar, berbulu, tangkai putik terjulur ke luar, kepala putik menyembul keluar dari bunga sehingga mudah menangkap serbuk sari. Anemogami clapat terjadi pada rumput-rumputan, padi, dan jagung.

## 2. Hidrogami

Hidrogami adalah penyerbukan dengan bantuan air. Hidrogami dapat terjadi pada Hydrilla sp, eceng gondok, dan teratai. Penyerbukan dengan bantuan air akan terjadi jika tubuh tanaman terendam dalam air.

## 3. Zoidiogami

Zoidiogami adalah penyerbukan dengan bantuan hewan. Zoidiogami terjadi pada tumbuhan yang memiliki bunga dengan ciri-ciri: bunga berukuran besar; mahkota bunga berwarna mencolok dengan aroma khas; memiliki kelenjar madu; serbuk sari bersifat lengket (mudah melekat). Zoidiogami dapat terjadi pada jambu, mangga, jeruk, dan pepaya. Zoidiogami dibedakan berdasarkan jenis hewan yang membantu penyerbukan. Entomogami (penyerbukan dengan bantuan serangga, antara lain lalat, kumbang, dan lebah); Malakogami (penyerbukan dengan bantuan siput/bekicot), dan kiropterogami (penyerbukan dengan bantuan kelelawar).

## 4. Antropogami

Penyerbukan dengan bantuan manusia (antropogami), sampainya serbuk sari ke kepala putik dengan bantuan manusia. Hal ini terjadi karena tidak ada perantara yang membantu

penyerbukan. Penyerbukan ini dapat terjadi pada vanili dan beberapa jenis anggrek. Penyerbukan ini dilakukan untuk mendapatkan jenis bibit baru yang unggul.

## **8. Pembuahan Pada Tumbuhan**

Pada tumbuhan berbiji dikenal ada dua macam pembuahan, yaitu pembuahan tunggal pada Gymnospermae, dan pembuahan ganda pada Angiospermae.

a. Pembuahan tunggal contoh proses pembuahan tunggal pada Pinus (Gymnospermae).

Terjadi pada tumbuhan Gymnospermae atau tumbuhan berbiji terbuka. Serbuk sari akan sampai pada tetes penyerbukan, kemudian dengan mengeringnya tetes penyerbukan, serbuk sari yang telah jatuh di dalamnya akan diserap masuk ke ruang serbuk sari melalui mikrofil. Serbuk sari ini sesungguhnya terdiri atas dua sel, yaitu sel generatif atau yang kecil dan sel vegetatif yang besar, hampir menyelubungi sel generatif. Serbuk sari ini kemudian tumbuh membentuk buluh serbuk sari, yang kemudian bergerak ke ruang arkegonium. Karena pembentukan buluh serbuk sari maka sel-sel yang terdapat di antara ruang serbuk sari dan ruang arkegonium terdesak ke samping akan terlarut. Sementara itu di dalam buluh ini sel generatif membelah menjadi dua dan menghasilkan sel dinding atau sel dislokator, dan sel spermatogen atau calon spermatozoid. Sel spermatogen kemudian membelah menjadi dua sel permatozoid.

Setelah sampai di ruang arkegonium, sel vegetatif lenyap, dan kedua sel spermatozoid lepas ke dalam ruang arkegonium yang berisi cairan, sehingga spermatozoid dapat berenang di dalamnya. Pada ruang arkegonium terdapat sejumlah sel telur yang besar. Tiap sel telur bersatu dengan satu spermatozoid, sehingga pembuahan pada Gymnospermae selalu menghasilkan zigot yang kemudian tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Pembuahan tunggal seperti ini misalnya terjadi pada pohon Pinus.

b. Pembuahan ganda . Terjadi pada tumbuhan Angiospermae atau tumbuhan berbiji tertutup.

Perkembangan serbuk sari. Serbuk sari yang jatuh di kepala putih terdiri atas satu sel dengan dua dinding pembungkus, yaitu: eksin (selaput luar) dan intin (selaput dalam). Eksin pecah, kemudian intin tumbuh memanjang membuat buluh serbuk sari. Buluh serbuk sari ini akan tumbuh menuju ke ruang bakal biji. Bersamaan dengan ini inti sel serbuk sari membelah menjadi 2, yang besar didepan adalah inti vegetatif sebagai penunjuk jalan, dan yang kecil di belakang adalah inti generatif. Inti generatif membelah lagi menjadi dua inti generatif atau spermatozoid, yaitu inti generatif 1 dan inti generatif 2.

Pembentukan sel telur. Bersamaan dengan perkembangan serbuk sari dalam buluh serbuk sari, di dalam ruang bakal biji sel induk megaspora (megasporosit/makrosporosit) membelah secara meiosis menjadi 4 sel. Tiga di antaranya mati dan yang satu tumbuh menjadi sel megaspora/makrospora (inti kandung lembaga primer). Inti sel megaspora ini selanjutnya membelah mitosis 3x, sehingga terbentuklah 8 inti. Ke-8 inti tersebut kemudian masing-masing akan terbungkus membran sehingga menjadi sel yang terpisah. Karena itu sel-sel di dalam bakal biji sering disebut multigamet. Langkah berikutnya, 8 sel tersebut membentuk formasi di dalam bakal biji. Tiga sel menempatkan diri di bagian atas bakal biji disebut antipoda. Yang di bagian bawah dekat mikrofil, 3 sel menempatkan diri berdekatan. Yang tengah adalah ovum, sedang mengapitnya sebelah kanan dan kiri adalah sinergid. Dua sel yang tersisa bergerak ke tengah bakal biji dan bersatu melebur membentuk inti kandung lembaga sekunder sehingga menjadi sel yang diploid ( $2n$ ).

Jika terjadi pembuahan inti generatif 1 membuahi ovum membentuk zigot, sedang inti generatif 2 membuahi inti kandung lembaga sekunder menghasilkan endosperm ( $3n$ ) sebagai

cadangan makanan untuk zigot. Inilah yang dinamakan pembuahan ganda. Sementara itu inti vegetatif akan mati setelah sampai di bakal biji.

- inti generatif 1 (n) + ovum (n)  $\longrightarrow$  zigot (2n)
- inti generatif 2 (n) + inti kandung lembaga sekunder (2n)  $\longrightarrow$  endosperm (3n)

Masuknya inti generatif ke dalam ruang bakal biji ada beberapa cara, yaitu:

- Porogami : bila dalam pembuahan masuknya spermatozoid melalui mikrofil.
- Aporogami : bila masuknya spermatozoid tidak melalui mikrofil. Bila masuknya spermatozoid melalui kalaza, maka disebut kalazogami

## 9. Metagenesis pada Tumbuhan Biji

Metagenesis merupakan pergiliran daur hidup antara generasi yang bereproduksi secara seksual dan generasi lainnya yang bereproduksi secara aseksual. Metagenesis pada tumbuhan dapat diamati dengan pada tumbuhan berbiji. Pada tumbuhan biji, yang tampak oleh kita adalah generasi sporofit. Adapun generasi gametofit betina berkembang di dalam bakal biji dan masih berhubungan dengan tumbuhan induknya. Perkembangan gametofit jantan dimulai saat terbentuknya mikrospora. Setelah itu, dilanjutkan dengan penyerbukan. Perbedaannya dengan tumbuhan paku, generasi gametofit pada tumbuhan biji semakin kecil, perkembangannya semakin terlindung, dan ketergantungan hidup terhadap generasi sporofitnya (tumbuhan induknya) semakin tinggi.

Mikrospora berkembang menjadi serbuk sari setelah dipancarkan dari dalam kotak spora. Setelah penyerbukan, serbuk sari berkembang membentuk buluh serbuk sari. Di dalam buluh

serbuk sari terbentuklah sel sperma. Pada tumbuhan biji, yang disebut dengan generasi mikrogametofit adalah buluh serbuk sari. Adapun yang disebut generasi megagametofit (makrogametofit) pada Angiospermae adalah kandung lembaga (kantong embrio). Setelah terjadi pembuahan ovum oleh sel sperma, maka terbentuklah zigot dan kemudian berkembang menjadi embrio (lembaga) di dalam biji. Saat biji berkecambah, embrio akan berkembang lebih lanjut lagi menjadi kecambah. Setelah itu, menjadi tumbuhan muda dan akhirnya menjadi tumbuhan dewasa. Tumbuhan dewasa menghasilkan bunga dan seterusnya, daur hidup dimulai kembali.