

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hakikat Pembelajaran

2.2. Hakikat Keterampilan Proses Sains

Rahayu & Anggraeni (2017) menyatakan bahwa Keterampilan Proses Sains (KPS) merupakan kemampuan siswa dalam mempraktikkan prinsip-prinsip ilmiah untuk mengetahui dengan benar, mendapatkan dan mengembangkan pengetahuan. Keterampilan proses ilmiah dapat digunakan tidak hanya pada kegiatan belajar di kelas, tetapi juga dapat dimanfaatkan dalam pemecahan masalah pada lingkungan sekitar dan yang kita alami setiap harinya (Dewi & Dewi, 2016). Dalam pembelajaran IPA siswa dituntut untuk melakukan proses penemuan yang dapat merangsang siswa untuk aktif terlibat di dalamnya (Kelana dan Wardani, 2021).

Keterampilan proses sains juga didefinisikan sebagai kemampuan yang digunakan untuk menyelidiki fenomena alam dan membangun konsep IPA (Gultepe, 2016). Guru sebagai fasilitator harus mampu membimbing siswa agar berperan aktif dalam meningkatkan keterampilan proses sains. Keterampilan proses sains melibatkan keterampilan kognitif, sosial dan psikomotorik yang apabila diajarkan kepada siswa akan menjadikan pembelajaran IPA yang lebih bermakna (Nugraha et al., 2017). Keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA perlu diimplementasikan karena ilmu pengetahuan semakin cepat sehingga tidak memungkinkan semua konsep dan fakta diajarkan kepada siswa (Yusuf & Nisa, 2018). Keterampilan proses sains dibedakan menjadi dua kelompok yaitu keterampilan proses sains dasar (*basic science process skills*) dan keterampilan proses sains terintegrasi (*integrated science process skills*). Keterampilan proses sains dasar meliputi mengkomunikasikan, mengamati, mengukur, mengklasifikasi, memprediksi, dan menyimpulkan, sedangkan keterampilan proses sains terintegrasi meliputi merumuskan hipotesis, menafsirkan data, pengendalian variabel, mendefinisikan secara operasional, serta bereksperimen (Yildirim et al., 2016). Keterampilan proses sains sama halnya dengan melatih kecakapan hidup dikarenakan dapat mempersiapkan siswa dalam menghadapi permasalahan (Wijayaningputr et al., 2018). Namun pada kenyataannya, siswa SMP/MTS masih memiliki tingkat keterampilan proses sains rendah.

Rendahnya keterampilan proses sains diakibatkan karena pemahaman konsep dalam pembelajaran IPA yang dimiliki siswa masih kurang (Af'idayani *et al*, 2018). Dalam proses pembelajaran, keterampilan proses sains penting dimunculkan dan dikembangkan sebab dengan itu siswa tidak sekedar belajar mengenai apa yang sudah ada namun belajar juga mengenai cara mendapatkan pengetahuan baru, oleh karena itu dengan adanya keterampilan proses sains, siswa diminta dapat lebih aktif dan kreatif ketika menemukan masalah harus dipecahkan dan mengaitkan pelajaran dengan setiap hal yang berlangsung di keseharian mereka (Putri *et al.*, 2015).

Kurikulum 2013 menjelaskan bahwa guru hanya sebagai fasilitator dan peserta didik di harapkan mencari tahu informasi atau ilmu pengetahuan sendiri (Rahayu & Anggraeni, 2017). Proses penerapan yang dilakukan belum optimal, penyebabnya yaitu guru belum menerapkan keterampilan proses sains, sehingga peserta didik masih kurang untuk menemukan konsep dengan proses kerja ilmiah, (Handayani *et al.*, 2016) meningkatkan keterampilan berpikir kritis serta tercapainya pembelajaran saintifik (Hasanah *et al*, 2020). Kenyataannya kemampuan keterampilan proses sains masih rendah, diantaranya seperti mengamati sumber permasalahan, memprediksi perubahan, fenomena ilmiah, menarik kesimpulan dan komunikasi Pratiwi *et al*, 2020).

Berdasarkan pendapat para ahli diatas tentang keterampilan proses sains bahwa dapat dipahami keterampilan proses sains adalah keterampilan yang diperoleh dari kemampuan mental, fisik, dan sosial dan dapat diaplikasikan dalam satu kegiatan ilmiah dan memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan pembelajaran guna memperoleh pengetahuan baru untuk mengembangkan pengetahuan yang dimiliki peserta didik tersebut. Keterampilan proses sains juga dapat diartikan sebagai keterampilan yang digunakan untuk memahami fenomena-fenomena sains.

2.3. Kelebihan Dan Kekurangan Keterampilan Proses Sains

A. Kelebihan

1. Peserta didik dapat dilibatkan secara aktif dalam pembelajaran
2. Mengalami sendiri proses untuk mendapatkan konsep-konsep pengetahuan.
3. Mengembangkan sikap ilmiah dan merangsang rasa ingin tahu peserta didik.

4. Mengurangi ketergantungan peserta didik terhadap orang lain dalam belajar.
5. Menumbuhkan motivasi intrinsik pada diri peserta didik.
6. Memiliki keterampilan-keterampilan dalam melakukan suatu kegiatan ilmiah sebagaimana yang biasa dilakukan para saintis.

B. Kekurangan

1. Membutuhkan waktu yang relatif lama untuk melakukannya.
2. Jumlah peserta didik dalam kelas harus relative kecil, karena setiap peserta didik memerlukan perhatian pendidik.
3. Memerlukan perencanaan dengan sangat teliti.
4. Tidak menjamin bahwa setiap peserta didik akan dapat mencapai tujuan sesuai dengan tujuan pembelajaran.
5. Sulit membuat peserta didik turut aktif secara merata selama berlangsungnya proses pembelajaran.

2.4.Pentingnya Keterampilan Proses Sains Pada Pembelajaran IPA

Menurut (Kumalasari 2023) Keterampilan proses sains perlu dilatihkan dan dikembangkan dalam proses belajar mengajar IPA karena keterampilan proses memiliki peranan penting dalam proses belajar mengajar IPA. Terdapat beberapa peranan dari keterampilan proses sains, yaitu:

1. Membantu siswa belajar mengembangkan pikirannya.
2. Memberi kesempatan kepada siswa untuk melakukan penemuan.
3. Meningkatkan daya ingat siswa.
4. Memberikan kepuasan intrinsik bila anak telah berhasil melakukan sesuatu.
5. Membantu siswa mempelajari konsep-konsep sains.

Dengan menggunakan keterampilan proses sains akhirnya akan terjadi interaksi antara konsep, prinsip maupun teori yang telah ditemukan atau dikembangkan dengan pengembangan keterampilan proses sainsitu sendiri. Akibat dari interaksi tersebut, akan timbul sikap dan nilai yang diperlukan dalam penemuan ilmu pengetahuan. Nilai ini meliputi: teliti, kreatif, tekun, tenggang rasa, tanggungjawab, kritis, objektif, rajin, jujur, terbuka, dan disiplin.

2.5.Materi Plantae Tumbuhan Tingkat Rendah

Kingdom plantae merupakan organisme eukariotik multiseluler yang mempunyai dinding sel dan klorofil. Klorofil adalah merupakan suatu zat hijau daun yang gunanya untuk dapat melakukan fotosintesis. Dilansir *Encyclopaedia Britannica* (2015), Kingdom Plantae merupakan segala bentuk kehidupan yang kompleks multiseluler yang ditandai dengan *nutrisifotosintetis*. Di mana energy kimia dihasilkan dari air, mineral, dan karbondioksida dengan bantuan pigmen (zat warna) dan energy sinar matahari. Sebagian besar tanaman tidak tergantung pada kebutuhan nutrisi dan mereka menyimpan makanan berlebih dalam bentuk makromolekul. Pada dasarnya tumbuhan tidak terbatas di daerah terlokalisasi. Ukuran tanaman berkisar dari kecil yang hanya beberapa millimeter panjangnya hingga raksasa dengan mencapai 90 meter atau lebih. Diperkirakan ada 390.900 spesies tumbuhan berbeda yang dikenal dalam ilmu pengetahuan.

Plantae ialah salah satu organisme eukariotik multiseluler yang mempunyai dinding sel dan klorofil. Klorofil yaitu zat hijau daun yang fungsinya untuk fotosintesis yang sehingga tumbuhan mampu membuat makanannya sendiri atau yang sifatnya autotrof. Plantae adalah salah satu kingdom dalam taksonomi yang dikenal sebagai tumbuhan. Anggotanya merupakan kelompok organisme eukariotik multiseluler yang memiliki dinding sel dan klorofil. Karena mempunyai klorofil, jadi tumbuhan bersifat autotrof, yaitu bisa membuat makanannya sendiri. Plantae merupakan kingdom tertinggi kedua setelah kingdom Animalia. Hal tersebut menunjukkan bahwa anggota pada kingdom Plantae sudah memiliki ciri-ciri yang lebih maju dari pada kingdom sebelumnya. Tumbuhan tingkat rendah merupakan kelompok tumbuhan yang berstruktur tubuh dan perkembangan organ tubuhnya masih sangat sederhana. Meskipun sebagian ada yang memiliki organ seperti batang, akar, dan daun namun bukan merupakan organ sejati. Tumbuhan yang tidak memiliki bunga dan jaringan pembuluh bukan termasuk organ sejati. Tumbuhan tersebut tidak memiliki bunga dan jaringan pembuluh angkut sehingga penyaluran materi di dalam tubuh dilakukan dengan cara difusi. Termasuk kelompok tumbuhan tingkat rendah diantaranya ciri-ciri tumbuhan tingkat rendah memiliki ciri khas tumbuhan tingkat rendah yaitu tumbuhan belah (*schizophyta*), tumbuhan talus (*thallophyta*), tumbuhan lumut (*bryophyta*), serta tumbuhan paku (*pteridophyta*)

sesuai dengan tumbuhan belah merupakan tumbuhan yang berkembangbiak dengan cara membelah diri dan merupakan tumbuhan bersel satu.

Tumbuhan paku disebut juga *pterydophyta*. Tumbuhan paku memiliki tingkatan lebih tinggi dari lumut karena memiliki akar, daun, dan batang sejati sehingga disebut kormofita. Tumbuhan paku memiliki habitat utama ditempat yang lembab, namun tumbuhan paku juga dapat hidup diberbagai tempat seperti di air, permukaan batu, tanah, sertadapat juga menempel (epifit) pada pohon. Tumbuhan paku merupakan organisme multiseluler dan eukariotik. Kata Kunci: Taksonomi tumbuhan rendah, tumbuhan paku (*Pteridophyta*). dalam kingdom plantae dikelompokkan menjadi dua tumbuhan,yakni tumbuhan tidak dalam tidak berpembuluh (*atracheophyta*) adalah kelompok lumut (*bryophyte*) dan tumbuhan berpembuluh (*tracheophyta*) adalah kelompok paku (*ptridophyta*).

2.6 Fungi, Lichenes dan Micoriza

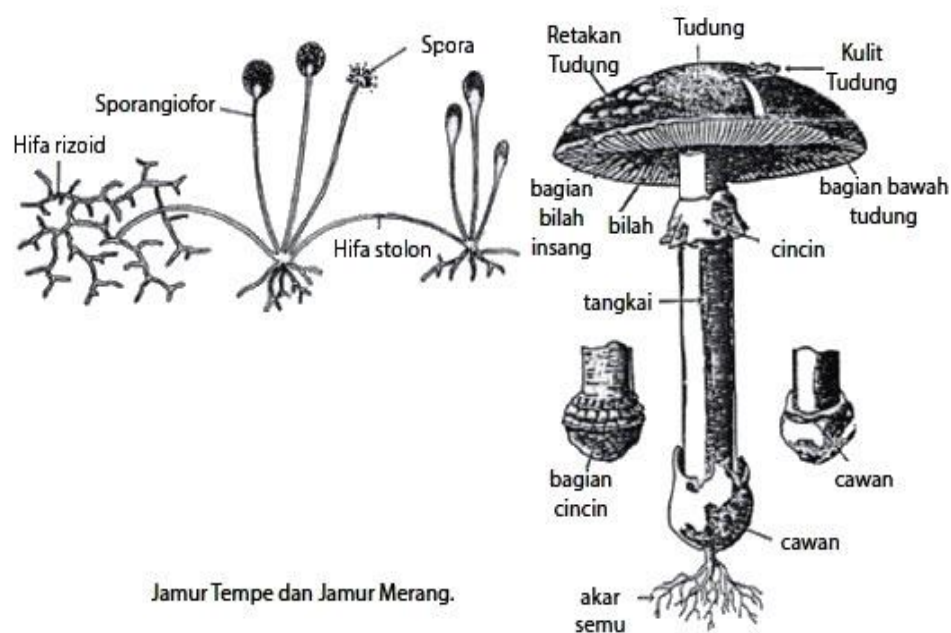
1. Pengertian

Kata jamur berasal dari kata latin yakni fungi. Jamur (fungi) bereproduksi secara aseksual yang menghasilkan spora, kuncup, dan fragmentasi. Sedangkan dengan cara seksual pada zigospora, askospora, dan basidiospora. Jamur (fungi) hidup di tempat-tempat yang lembab, air laut, air tawar, tempat yang asam dan bersimbiosis dengan ganggang hingga kemudian membentuk lumut (lichenes). Menurut Gandjar (2006) jamur atau fungi adalah sel eukariotik yang tidak memiliki klorofil, tumbuh sebagai hifa, memiliki dinding sel yang mengandung kitin, bersifat heterotrof, menyerap nutrisi melalui dinding selnya, mengekskresikan enzim ekstraseluler ke lingkungan melalui spora, dan melakukan reproduksi secara seksual dan aseksual. Sementara menurut Campbell (2003) Fungi adalah eukariota, dan sebagian besarnya merupakan eukariota multiseluler. Meskipun fungi pernah dikelompokkan ke dalam kingdom tumbuhan, fungi adalah organisme unik yang umumnya berbeda dari eukariota lainnya ditinjau dari caranya memperoleh makanan, organisasi struktural, pertumbuhan dan cara bereproduksi.

2. Struktur Tubuh Jamur

Tubuh jamur tersusun atas komponen dasar yang disebut Hifa. Hifa membentuk jaringan yang disebut Miselium. Miselium menyusun jalinan-jalinan semu membentuk tubuh buah. Hifa sendiri adalah struktur menyerupai benang yang

tersusun dari dinding berbentuk pipa. Dinding ini menyelubungi membran plasma dan sitoplasma hifa. Sitoplasmanya mengandung organel eukariotik. Kebanyakan hifa dibatasi oleh dinding melintang atau septa. Septa memiliki pori besar yang cukup untuk dilewati ribosom, mitokondria, dan inti sel yang mengalir dari sel ke sel. Namun demikian adapula hifa yang tidak berseptata atau hifa senositik. Struktur hifa senositik dihasilkan oleh pembelahan inti sel berkali-kali yang tidak diikuti dengan pembelahan sitoplasma. Hifa pada jamur yang bersifat parasit biasanya mengalami modifikasi menjadi haustoria yang merupakan organ penyerap makanan dari substrat, haustoria dapat menembus jaringan substrat.



Gambar 2.1. Jamur Tempe dan Jamur Merang

Sumber : <https://www.mikirbae.com/2016/12/kelompok-jamur-atau-fungi.html>

Semua jenis jamur bersifat heterotrof. Namun, berbeda dengan organisme lainnya, jamur tidak memangsa dan mencernakan makanan. Untuk memperoleh makanan, jamur menyerap zat organik dari lingkungan melalui hifa dan miseliumnya, kemudian menyimpannya dalam bentuk glikogen. Oleh karena jamur merupakan konsumen maka jamur bergantung pada substrat yang menyediakan karbohidrat, protein, vitamin, dan senyawa kimia lainnya. Semua zat itu diperoleh dari lingkungannya. Sebagai makhluk heterotrof, jamur dapat bersifa:

- a) Parasit obligat: Merupakan sifat jamur yang hanya dapat hidup pada inangnya, sedangkan di luar inangnya tidak dapat hidup. Misalnya, *Pneumonia carini* (khamir yang menginfeksi paru-paru penderita AIDS).

- b) Parasit fakultatif: Jamur yang bersifat parasit jika mendapatkan inang yang sesuai, tetapi bersifat saprofit jika tidak mendapatkan inang yang cocok.
- c) Saprofit: Merupakan jamur pelapuk dan pengubah susunan zat organik yang mati. Jamur saprofit menyerap makanannya dari organisme yang telah mati seperti kayu tumbang dan buah jatuh.

Sebagian besar jamur saprofit mengeluarkan enzim hidrolase pada substrat makanan untuk mendekomposisi molekul kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mudah diserap oleh hifa. Selain itu, hifa dapat juga langsung menyerap bahan organik dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya.

Cara hidup jamur lainnya adalah melakukan simbiosis mutualisme. Jamur yang hidup bersimbiosis, selain menyerap makanan dari organisme lain juga menghasilkan zat tertentu yang bermanfaat bagi simbiionnya. Simbiosis mutualisme jamur dengan tanaman dapat dilihat pada mikoriza, yaitu jamur yang hidup di akar tanaman kacang-kacangan atau pada lichen. Jamur berhabitat pada bermacam-macam lingkungan dan berasosiasi dengan banyak organisme. Meskipun kebanyakan hidup di darat, beberapa jamur ada yang hidup di air dan berasosiasi dengan organisme air. Jamur yang hidup di air biasanya bersifat parasit atau saprofit, dan kebanyakan dari kelas Oomycetes.

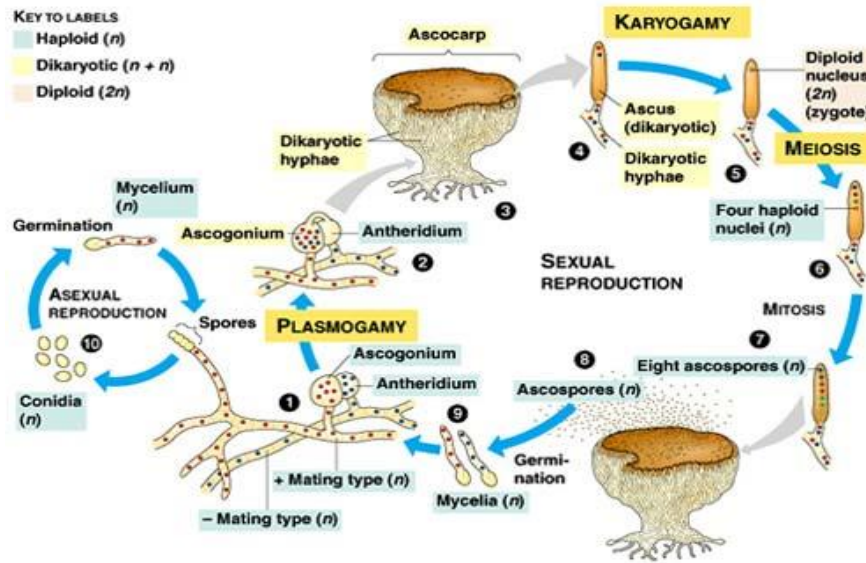
3. Reproduksi Jamur

Reproduksi pada jamur terdiri atas dua cara, yaitu reproduksi secara generative (seksual) dan vegetative (aseksual).

a) Reproduksi Generatif (Seksual)

Biasanya jamur bereproduksi secara generative karena kondisi lingkungan yang berubah atau pada kondisi darurat lainnya. Keturunan yang dihasilkan sendiri memiliki genetik yang beragam dan lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan. Reproduksi secara generative didahului dengan pembentukan spora seksual yang memiliki jenis hifa berbeda. Hifa (+) dan hifa (-) yang berkromosom haploid mendekat dan membentuk gametangium (organ yang menghasilkan gamet). Gametangium berplasmogami yaitu peleburan sitoplasma dan kemudian membentuk zigosporangium dikariotik (heterokarotik) dengan pasangan nucleus haploid yang belum bersatu. Zigosporangium ini memiliki dinding sel yang tebal

dan kasar yang memungkinkan untuk bertahan pada kondisi lingkungan yang buruk dan kering.



Gambar 2.2 Reproduksi Generatif Jamur

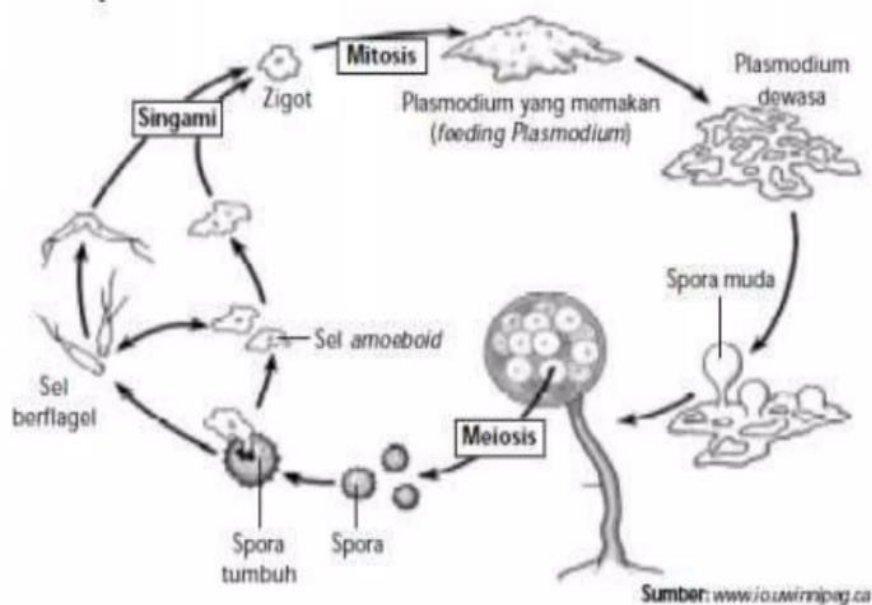
Sumber: <https://www.biologiik.com/2018/02/reproduksi-jamur-secara-generatif-dan-vegetatif.html>

Bila kondisi lingkungannya membaik, zigosporangium akan menjadi kariogami (peleburan inti) sehingga zigosporangium memiliki inti yang berkromosom diploid ($2n$). Zigosporangium yang berinti haploid ($2n$) akan mengalami pembelahan secara mitosis yang menghasilkan zigospora haploid didalam zigosporangium. Zigospora haploid akan berkecambah membentuk sporangium bertangkai pendek dengan kromosom haploid. Sporangium haploid akan menghasilkan spora-spora yang haploid yang memiliki keanekaragaman genetik. Bila spora-spora haploid jatuh di tempat yang sesuai, spora akan berkecambah (germinasi) menjadi hifa jamur yang haploid. Hifa akan tumbuh membentuk jaringan miselium yang semuanya haploid.

b) Reproduksi Vegetatif (Aseksual)

Pada jamur yang uniseluler reproduksi vegetative dilakukan dengan pembentukan tunas yang akan tumbuh menjadi individu baru. Pada jamur yang multiseluler dilakukan dengan cara fragmentasi hifa dan pembentukan spora vegetative. Fragmentasi hifa (pemutusan hifa), potongan hifa yang putus tumbuh menjadi individu baru. Pembentukan spora vegetative yang berupa sporangiospora

dan konidiospora. Jamur yang telah dewasa menghasilkan spongiofor (tangkai kotak spora). Pada ujung sporangiofor terdapat sporangium (kotak spora). Di dalam kotak spora pembelahan sel dilakukan secara mitosis dan menghasilkan banyak sporangiospora dengan kromosom yang haploid (n). Adapun jamur jenis lain menghasilkan konidiofor (tangkai konidia). Pada ujung konidiofor terdapat konidium (kotak konidiospora). Di dalam konidium terjadi pembelahan sel secara mitosis yang menghasilkan banyak konidiospora dengan kromosom yang haploid (n). Baik sporangiospora maupun konidiospora, bila jatuh di tempat yang sesuai akan tumbuh menjadi hifa baru yang haploid (n).



Gambar2.3 Reproduksi Vegetatif Jamur

4. Klasifikasi Jamur

Berdasarkan struktur tubuh dan reproduksinya jamur dibagi menjadi 4 divisi, yaitu :

a) Divisi *Zygomycota*

Zygomycotina disebut juga sebagai the coenocytic true fungi. Jenis jamur yang terkenal dari kelompok ini adalah jamur hitam pada roti (black bread mold) atau *Rhizopus* sp. Divisi *Zygomycotina* memiliki anggota yang hampir semuanya hidup pada habitat darat, kebanyakan hidup sebagai saprofit. Tubuhnya bersel banyak,

berbentuk benang (hifa) yang tidak bersekat, dan tidak menghasilkan spora yang berflagella. Reproduksi Zygomycotina terjadi secara aseksual dan seksual.

Pada reproduksi seksual, jamur ini menghasilkan zigospora. Sedangkan reproduksi aseksualnya dengan perkecambahan (germinasi) spora. Spora tersebut tersimpan di dalam sporangium (kotak spora). Jika spora matang, sporangium akan pecah, sehingga spora menyebar terbawa angin. Apabila spora tersebut jatuh di tempat yang sesuai, maka spora akan tumbuh menjadi hifa baru. Zygomycotina memiliki beberapa jenis yang mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa diantaranya merupakan jamur pada makanan. Jenis-jenis jamur tersebut antara lain:

- a. *Rhizopus stolonifera*: Jamur ini tampak sebagai benang-benang berwarna putih, memiliki rizoid dan stolon. Merupakan saprofit yang hidup pada bungkil kedelai dan bermanfaat dalam pembuatan tempe.
- b. *Rhizopus nigricans*: Jamur ini dapat menghasilkan asam fumarat.
- c. *Mucor mucedo*: Jamur ini hidup secara saprofit. Sering dijumpai pada roti, sisa-sisa makanan dan kotoran ternak. Miselium jamur ini berkembang di dalam substrat. Memiliki sporangium yang dilengkapi oleh sporangiofor.

b) Divisi *Ascomycotina*

Ascomycotina disebut juga sebagai the sac fungi. Merupakan fungi yang reproduksi seksualnya dengan membuat askospora di dalam askus (ascus = sac atau kantung atau pundi-pundi). Askus adalah semacam sporangium yang menghasilkan askospora. Beberapa askus biasanya mengelompok dan berkumpul membentuk tubuh buah yang disebut askorkarp atau askoma. Askomata dapat berbentuk mangkok, botol, atau seperti balon).

Hifa dari *Ascomycotina* umumnya monokariotik (uninukleat atau memiliki inti tunggal) dan sel-sel yang dipisahkan oleh septa sederhana. Jadi, askus merupakan struktur umum yang dimiliki oleh anggota Divisi *Ascomycotina*. Tubuhnya ada yang berupa uniseluler dan ada pula yang multiseluler. Hidup sebagai saprofit dan parasit. Beberapa jenis diantaranya dapat juga bersimbiosis dengan makhluk hidup ganggang hijau-biru dan ganggang hijau bersel satu membentuk lumut kerak.

Siklus hidup *Ascomycotina* dimulai dari askospora yang tumbuh menjadi benang (hifa) yang bercabang-cabang. Kemudian, salah satu dari beberapa sel pada ujung hifa berdiferensiasi menjadi askogonium, yang ukurannya lebih lebar dari

hifa biasa. Sedangkan ujung hifa yang lainnya membentuk Anteridium. Anteridium dan Askogonium tersebut letaknya berdekatan dan memiliki sejumlah inti yang haploid. Berikut adalah beberapa contoh jamur anggota Divisi Ascomycotina:

- a. *Saccharomyces cerevisiae*: Merupakan jamur mikroskopis, bersel tunggal dan tidak memiliki badan buah, sering disebut sebagai ragi, khamir, atau yeast. Dalam kehidupan manusia, *S. cerevisiae* dimanfaatkan dalam pembuatan roti, tape, peuyeum, minuman anggur, bir, dan sake. Proses yang terjadi dalam pembuatan makanan tersebut adalah fermentasi.
- b. *Penicillium spp*: Sebagai saprofit pada substrat yang banyak mengandung gula, seperti nasi, roti, dan buah yang telah ranum. Pada substrat gula tersebut, jamur ini tampak seperti noda biru atau kehijauan. Kedua jenis jamur ini biasa dimanfaatkan dalam membarti cita rasa atau mengharumkan keju.

c) Divisi *Basidiomycota*

Divisi Basidiomycota beranggotakan sekitar 25.000 spesies. Jamur ini mudah dikenal karena umumnya memiliki tubuh buah seperti payung. Walaupun sebagian jamur divisi ini dapat dikonsumsi, beberapa jamur dapat pula mematikan. Beberapa jenis Basidiomycota lainnya juga dapat membahayakan tumbuhan, misalnya menyebabkan kematian pada tanaman ladang. Contoh Basidiomycotina :

- a. *Volvariella Volvacea*
- b. *Auricularia Polytricha*
- c. *Puccinia Graminis*
- d. *Amanita Phalloides*
- e. *Agaricus Campertis*
- f. *Lycoperdon*
- g. *Lentinus Edodes*
- h. *Ezobasidium Vexans*

d) Divisi *Deuteromycota*

Siklus hidup deuteomycota, pada cara reproduksi aseksual dengan menghasilkan konidia atau menghasilkan hifa khusus yang disebut konidiofor. Jamur ini bersifat saprofit dibanyak jenis materi organik, sebagai parasit pada tanaman tingkat tinggi dan perusak tanaman budidaya dan tanaman hias. Jamur ini juga menyebabkan penyakit pada manusia, yaitu dermatokinosis (kurap dan panu) dan menimbulkan pelapukan pada kayu. Contoh jamur ini adalah monilia

sitophila yaitu jamur oncom. Sering digunakan untuk pembuatan oncom dari bungkil kacang. *Monilia* juga dapat tumbuh dari roti, sisa- sisa makanan. Contoh jamur Divisi Deuteromycota:

- a. *Aspergillus*: Merupakan jamur yang hidup pada medium dengan derajat keasaman dan kandungan gula tinggi.
- b. *Epidermophyton* dan *Mycosporium*: Kedua jenis jamur ini merupakan parasit pada manusia. *Epidermophyton* menyebabkan penyakit kaki pada atlet, sedangkan *Mycosporium* penyebab penyakit kurap.
- c. *Fusarium*, *Verticellium*, dan *Cercos*: Ketiga jenis jamur ini merupakan parasit pada tumbuhan. Jamur ini jika tidak dibasmi dengan fungisida dapat merugikan tumbuhan yang diserangnya.

5. Manfaat Jamur

Penggunaan manusia jamur untuk persiapan makanan atau pelestarian dan keperluan lainnya sangat luas dan memiliki sejarah panjang. Studi tentang dampak menggunakan historis dan sosiologis dari jamur ini dikenal sebagai ethnomycology. Baru-baru ini, metode telah dikembangkan untuk rekayasa genetika jamur, yang memungkinkan rekayasa metabolik spesies jamur. Sebagai contoh, modifikasi genetik dari spesies ragi yang mudah tumbuh pada tingkat yang cepat dalam fermentasi besar. Berikut ini beberapa manfaat lain dari beragam jenis jamur:

- a. Spesies Zygomycetes berguna dalam pembuatan makanan misalnya *Rhizopus*. Beberapa spesies anggota Zygomycetes antara lain *Rhizopus* sp, *Pliobolus* sp dan *Muncor* sp. Peran Ascomycotina dalam Kehidupan.
- b. Berperan dalam Fermentasi: Misal pada Proses pembuatan tape, yaitu jamur *Aspergillus oryzae*, Proses pembuatan roti, yaitu jamur *Saccharomyces cereviceae*, Proses pembuatan kecap, yaitu jamur *Aspergillus wentii*, Proses pembuatan oncom, yaitu *Neurospora sithophila*, Proses pembuatan keju oleh *Penicellium camemberti* dan *Penicellium requoforti*, terakhir Proses pembuatan alcohol oleh *Saccharomyces ovale*
- c. Bidang Medis: Alexander Flemming adalah orang pertama yang mengetahui khasiat penisilin, yaitu zat antibiotik yang dihasilkan oleh jamur jenis *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum*. Namun demikian obat (antibiotik) tersebut baru dikembangkan secara besar-besaran setelah Perang

Dunia II. Jamur ini dapat tumbuh dimana-mana, terutama pada buah yang telah ranum dan tampak sebagai noda hijau atau biru.

- d. Bidang Pertanian: Tidak disangsikan lagi, bahwa jamur sebagai organisme saprofit sangat penting dalam membantu mengembalikan kesuburan tanah. Jamur-jamur saprofit menghancurkan kayu daun-daunan sehingga menjadi mineral kembali.
- e. Berbagai jenis jamur dapat dikonsumsi, dan salah satu contohnya adalah jamur tiram yang menghasilkan laba yang besar bagi para pengusahanya. Pelajari cara membudidayakan jamur tiram ini pada buku Untung Besar Budi Daya Jamur Tiram.

6. Lichens dan Mikoriza

Liken (lichens) juga disebut dengan lumut kerak. Liken (lichens) adalah bentuk simbiosis mutualisme antara Algae dengan Fungi. Fungi yang bersimbiosis biasanya dari golongan Ascomycotina, Basidiomycotina, dan Deuteromycotina. Adapun organisme fotosintetik yang terlibat dalam fotosintesis yaitu Cyanobacteria atau Algae hijau uniseluler. Struktur tubuh liken berbentuk talus, bagian luar merupakan miselium, dan bagian dalam tersusun atas hifa. Di antara miselium dan hifa jamur terdapat sel-sel Algae.

Mikoriza adalah jamur yang bersimbiosis dengan akar tumbuh-tumbuhan. Simbiosis tersebut bersifat saling menguntungkan, yaitu jamur memperoleh zat organik dan akar tumbuh-tumbuhan memperoleh air dan unsur hara. Beberapa jamur Zygomycotina, Ascomycotina, dan Basidiomycotina dapat bersimbiosis dengan akar tumbuhan pinus atau belinjo. Berdasarkan kedalaman jaringan tumbuhan yang digunakan, mikoriza digolongkan menjadi dua yaitu ektomikoriza dan endomikoriza.

7. Peranan Masing-masing Symbion Penyusun Liken dan Mikoriza

Symbion penyusun mikoriza adalah jamur (fungi) dengan sistem perakaran tingkat tinggi yang bersimbiosis dengan rizoid (akar semu). Secara khusus fungi yang memiliki tingkat perakaran yg tinggi dapat menyerap nutrisi yg diperlukan untuk proses fotosintesis tetapi tidak dapat berfotosintesis dengan sempurna jadi dia memerlukan alga utk melakukan proses fotosintesis. Sedangkan symbion liken

(lichens) merupakan gabungan antara fungi dan alga sehingga secara morfologi dan fisiologi merupakan satu kesatuan. Fungi bertugas sebagai tanaman yg berguna dlm proses fotosintesis sedangkan alga berfungsi utk penyerapan nutrisi tanah yg berguna dlm proses fotosintesis.

2.7 Tumbuhan Lumut(*Bryophyta*)

Dikutip situs resmi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendibud), tumbuhan lumut memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan tumbuhan lain. Tumbuhan lumut ada yang berbentuk tumbuhan kecil dan tegak. Seperti lumut daun, ada yang berbentuk lembaran, seperti lumut hati. Ukuran tumbuhan lumut bervariasi. Tumbuhan lumut kecil tingginya mencapai satu hingga dua senti meter, sedangkan yang besardengan tinggai 20 sentimeter. Tumbuhan lumut yang kecil berdiri tegak dan mempunyai bagian tubuh yang mirip akar (*rizoid*), batang dan daun serta tidak memiliki organ pengangkut pada organ tubuhnya. Rizoid adalah struktur yang menyerupai rambut atau benang-benang itu memiliki fungsi melekatkan tubuh pada tempat tumbuhnya dan menyerap air serta garam-garam mineral. Batang dan daun tidak punya pembuluh angkut floem dan xilem. Air diserap oleh rizoid secara imbibisi kemudian diedarkan keseluruh bagian tubuh melalui proses difusi. Tumbuhan lumut tidak memiliki sistem pembuluh pengangkut yang khusus untuk mengangkut air dan mineral. Pada ujung batang ada titik tumbuh yang menyebabkan tumbuh memanjang. Lumut dapat kamu jumpai di berbagai tempat yang lembab atau basah. Seperti di daratan, tanah, tembok, bebatuan yang lapuk, menempel di kulit pohon, atau air. Lumut mengalami pergiliran keturunan (*metagenesis*). Alat perkembangbiakan jantan berupa antheridium dan alat perkembangbiakan betina berupa archegonium.

Ada beberapa penggolongan pada lumut, yakni:

1. Lumut daun

Lumut daun merupakan lumut yang paling banyak dikenal. *Bryophyta* mempunyai struktur seperti akar yang disebut rizoid, struktur seperti batang, dan struktur seperti daun. Tubuh fase gametofit lumut daun memiliki gametangium di bagian atasnya. Kebanyakan spesies lumut menghasilkan gamet berbeda sehingga

dapat dibedakan antara tumbuhan jantan dan tumbuhan betina. Akan tetapi, ada juga yang menghasilkan anteridium dan arkegonium pada satu tumbuhan.

Tubuh fase sporofit yang dihasilkan akan tumbuh di bagian atas tubuh gametofit betina. Sporofit akan terus menempel pada gametofit dan bergantung untuk memperoleh nutrisi. Setelah dewasa, sporofit akan berubah warnamenjadi kecokelatan. Pada beberapa spesies sporangium dilapisi struktur seperti tudung yang disebut kaliptra yang dihasilkan oleh arkegonium. Jika spora lumut sampai ke lingkungan yang sesuai, sporangium akan berkecambah dan tumbuh menjadi filamen yang disebut Protonema. Contoh lumut ini antara lain *Polytrichum juniperinum*, *Funaria*, *Pogonatum cirratum*, *Aerobryopsis longissima*, dan lumut gambut *sphagnum*.



Gambar 2.4. Polytrichum juniperinum
(Sumber: google images)

2. Lumut hati

Lumut hati mencakup 6.000 spesies tumbuhan tak berpembuluh. Bentuk tubuh gametofit lumut hati berbeda dengan gametofit lumut daun. Pada lumut hati tubuhnya tersusun atas struktur berbentuk hati pipih, disebut talus, yang tidak terdiferensiasi menjadi akar, batang, dan daun. Tubuhnya terbagi menjadi dua lobus sehingga tampak seperti lobus pada hati. Siklus hidup lumut hati mirip dengan lumut daun, walaupun bentuk tubuhnya agak berbeda.

Didalam sporangium terdapat sel yang berbentuk gulungan yang disebut elatera. Elatera akan terlepas saat kapsul terbuka, sehingga membantu memencarkan spora. Pada beberapa lumut hati, gametangium berada pada struktur batang yang disebut arkegoniofor (yang menghasilkan arkegonium) dan anteridiofor (yang menghasilkan anteridium). Lumut hati juga dapat melakukan reproduksi aseksual

dengan sel yang disebut gemma yang merupakan struktur seperti mangkok di permukaan gametofit. Contoh lumut hati adalah *Marchantia polymorpha* dan *Porella*



Gambar 2.5 Lumut hati
(Sumber: google images)

3. Lumut tanduk

Lumut tanduk mempunyai gametofit mirip dengan gametofit lumut hati, perbedaannya hanya terletak pada sporofitnya. Sporofit lumut tanduk mempunyai kapsul memanjang yang tumbuh seperti tanduk dari gametofit. Masing– masing mempunyai kloroplas tunggal yang berukuran besar, lebih besar dari kebanyakan lumut. Contohnya adalah *Anthoceros natans*. Pada spesies ini arkegonium dan anteridium melekat pada talus gametofit. Ciri unik dari lumut tanduk adalah sporofit akan terus tumbuh selama masa hidup gametofit.



Gambar 2.6 Lumut Tanduk
(Sumber: google images)

Ciri-Ciri Tumbuhan Lumut (*Bryophyta*)

- a. Talofita yaitu tumbuhan yang tidak bisa dibedakan antara akar, batang dan daun.
- b. Kormofita yaitu suatu tumbuhan yang sudah bisa dibedakan antara akar, batang dan daun
- c. Tumbuhan lumut disebut juga dengan tumbuhan peralihan karena ada berupa tumbuhan yang masih berupa talus (lembaran, yakni lumut hati), tetapi ada juga yang sudah mempunyai struktur tubuh mirip dengan akar, batang dan daun sejati (lumut daun).
- d. Tumbuhan lumut juga merupakan suatu tumbuhan pelopor (vegetasiperintis), yang tumbuh disuatu tempat sebelum tumbuhan lain mampu tumbuh
- e. Tumbuhan ini berukuran makroskopis 1-2 cm, dan ada juga yang mencapai 40 cm.
- f. Tumbuhan ini tubuhnya berbentuk mempunyai dua bentuk generasi, yakni generasi Gametofit dan generasi Sporofit.

Reproduksi Tumbuhan Lumut

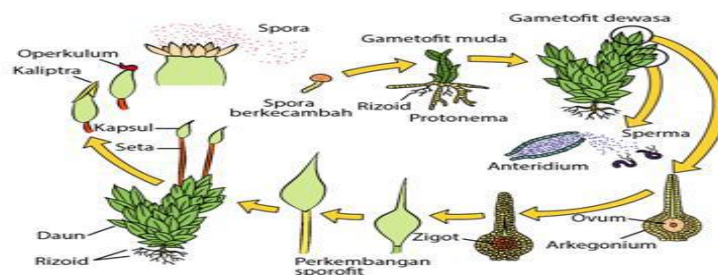
Pada lumut terjadi reproduksi secara vegetatif dan generatif. Reproduksi vegetative terjadi dengan pembentukan spora melalui pembelahan meiosis selindukspora di dalam sporangium (kotakspora). Spora tersebut kemudian tumbuh menjadi gametofit Pada lumuthati, reproduksi secara vegetatif (asesual) juga dapat dilakukan dengan pembentukan gemmaecup (piala tunas) dan fragmentasi (pemutusan sebagian tubuhnya). Reproduksi generative terjadi melalui fertilisasi ovum oleh spermatozoid yang menghasilkan zigot. Zigot tersebut akan tumbuh menjadi sporofit. Sporofit berumur pendek; sekitar 3 – 6 bulan. Reproduksi lumut terjadi secara bergantian antara generative dengan vegetatifnya, reproduksi vegetatifnya dengans pora haploid yang dibentuk dalam sporofit, sedangkan reproduksi generatifnya dengan membentuk gamet – gamet, baik gamet jantan mau pun 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 selinduk spermatozoid.
3. Tumbuhan lumut yang menghasilkan dua macam alat kelamin pada tubuh yang sama disebut lumut berumah satu (*monoesis*), sedangkan tumbuhan lumut yang menghasilkan alat kelamin pada tubuh yang berbeda disebut lumut berumah dua (*diesis*). Pada lumut berumah dua, tumbuhan yang menghasilkan anteredium disebut gametofit jantan dan tumbuhan yang menghasilkan arkegonium disebut gametofit betina

Metagenesis Tumbuhan Lumut

Tumbuhan lumut mengalami metagenesis antara generasi gametofit dan generasi sporofit. Tahapan metagenesis pada tumbuhan lumut adalah sebagai berikut

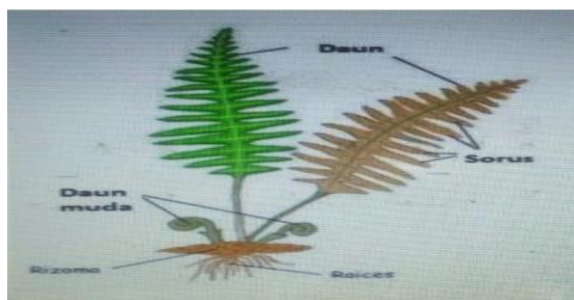
1. Spora haploid yang jatuh di tempat lembap akan berkecambah menjadi protonema
2. Protonema akan berkembang menjadi gametofit. Gametofit adalah tumbuhan lumut itu sendiri. Gametofit akan menghasilkan anteredium dan arkegonium
3. Anteredium menghasilkan gamet jantan dan arkegonium menghasilkan gamet betina.
4. Fertilisasi antara gamet jantan dan gamet betina akan menghasilkan zigot diploid. Zigot akan berkembang menjadi sporofit. Pada sporofit terdapat sporangium (kotak spora)
5. Di dalam sporangium, terdapat sel-sel induk spora diploid yang akan mengalami pembelahan meiosis menjadi spora haploid.



Gambar 2.7 Metagenesis tumbuhan lumut
sumber : <https://www.google.com>

2.1.6 Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Tumbuhan paku dikenal juga dengan nama pakis. *Pteridophyta* berasal dari bahasa Yunani, pteron yang berate bulu dan phyton dengan arti tumbuhan. Jadi *Pteridophyta* adalah kelompok tumbuhan yang tubuhnya berbentuk kormus atau sudah memiliki akar, batang, dan daun sejati. Tumbuhan paku memiliki ukuran yang bervariasi dari dua sentimeter hingga 5 meter. Bentuk tumbuhan ini ada yang berupa lembaran dan perdu. Tumbuhan paku juga mengalami pergiliran keturunan dari gametofit kesporofit.ada umumnya tumbuhan paku berdaun dan punya urat-urat daun. Daun tumbuhan paku ada yang berukuran besar dan disebut makrofil, ada juga berukuran kecil disebut mikrofil. Batang ada yang tumbuh tegak dan menjalar di atas tanah, akarnya berupa akar serabu



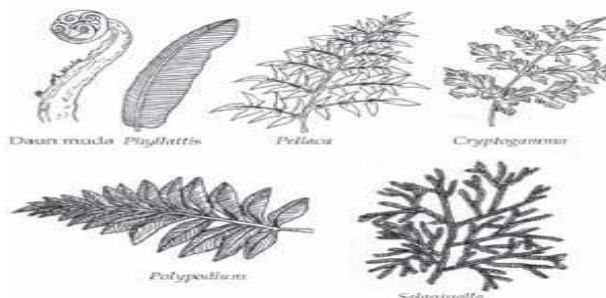
Gambar 2.8 Morfologitumbuhanpaku

Sumber : <https://brainly.co.id/tugas/31068160>

1) Daun

Daun muda pada tumbuhan paku bisanya melingkar dan menggulung, daun tumbuhan paku biasanya terdiri dari dua bagian yaitu tangkai dan helai daun. Helaian daun pada umumnya majemuk akan tetapi ada yang bentuknya tunggal. Helaian daun ada dua macam yaitu daun fertil dan infertil. Kebanyak daun fertil pada tumbuhan paku terdapa tspora yang menempel pada sis ibawah daun. Daun memiliki bermacam-macam bentuk, ukuran dan susunanannya. Jika dilihat dari ukurannya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi dua, yaitu mikrofil dan makrofil. Mikrofil adalah daun-daun kecil berupa rambut atau sisik yang tidak bertangkai dan tidak bertulang. Daun mikrofil belum bisa dibedakan antara epidermis, mesofil dan tulang daun. Pada makrofil, merupakan daun-daun besar

yang sudah dapat dibedakan antara tangkai daun, daging daun yang terdiri atas jaringan tiang dan bunga karang. Umumnya makrofil memiliki stomata yang berfungsi sebagai fotosintesis, transpirasi, respirasi dll. Daun ditinjau berdasarkan fungsinya terdiri dari tropofil dan sporofil, tropofil berfungsi untuk proses fotosintesis, sedangkan sporofil daun yang berfungsi sebagai penghasil spora.



Gambar 2.9 macam-macam bentuk daun tumbuhan paku

Sumber : <https://www.siswapedia.com/tumbuhan-paku>

2) Batang

Batang tumbuhan paku pada fase gametofit disebut protalium yang berbentuk seperti lembaran kecil fungsinya sebagai tempat fotosintesis. Sedangkan tumbuhan paku pada fase sporofit telah memiliki akar, batang dan daun sejati. Dan telah mempunyai jaringan pembuluh angkut xylem, namun ada juga yang belum memiliki akar dan daun sejati. Batang tumbuhan paku memiliki ukuran yang bervariasi, mulaidari yang berukuran seperti pohon. Batang yang tumbuh diatas tanah ada yang bercabang, menggarpu dan ada juga yang lurus tidak bercabang.

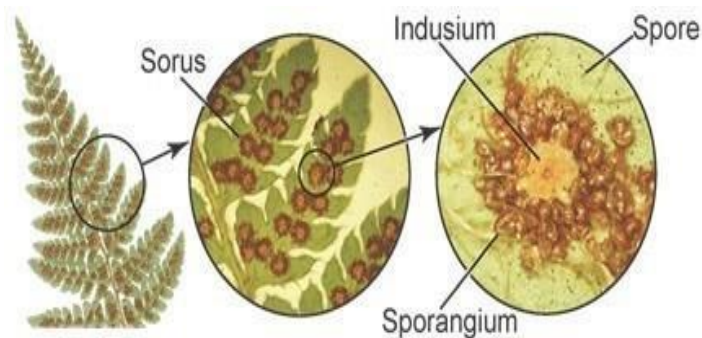
3) Akar

Sistem perakaran tumbuhan paku adalah serabut, biasanya terjadi karena akar yang keluar pertama kali tidak bersifat dominan sehingga akar lain yang keluar dari batang menyusul dan menjadi akar serabut . Pada tumbuhan paku *Cyathea* sejumlah akar berada dekat dengan dasar batang, yang berfungsi untuk kestabilan. Fungsi rambut-rambut akar tumbuhan paku biasanya untuk menyerap air dan garam mineral yang berada dalam tanah Golongan tumbuhan paku seperti *Cyathea*, sejumlah akar ditemukan dekat dengan dasar caudis, berfungsi untuk kestabilan. Rhizome paku bercabang baik pada tipe irregular atau dikotomi. Rhizoid tumbuhan paku banyak berkembang ke arah akar untuk kepentingan hidupnya. Rambut-rambut akar tersebut akan menyerap air dan garam mineral terlarut. Kelompok lain

darimempunyai akar yang berupa benang yang tumbuh dari batang misalnya *Selaginella* .

4) Spora

Alat perkembangbiakkan paku secara generative disebut spora, sedangkan alat perkembang biakkan secara vegetative disebut rhizome. Spora tumbuhan paku umumnya akan muncul dibawah dan maupun dibagian ujung tepi daun. Spora tersebut terletak didalam kotak spora yang disebut sporangia/ sporangium, didalam sporangia berisiribuansel, kemudian sporangia akan berkumpul membentuk sorus, sorus berbentuk titik-titik hitam dan terlihat seperti menggumpal pada daun. Sorus yang masih muda dilindungi oleh insidium (selaputsel). Sporangium bisa terdapat pada strobilus (kumpulan sporofil membentuk struktur kerucut pada ujung tunas tumbuhan paku), pada sorus (kumpulan sporangia), dan pada sinagium (ketiakdaun). Setiap sporangium dikelilingi oleh sederetansel yang berbentuklingkaran yang disebut annulus, fungsiny asebagai pengatur pengeluaran spora.



Gambar 2.10 sorus yang terletak pada daun
Sumber :<https://www.studiobelajar.com/tumbuhan-paku/>

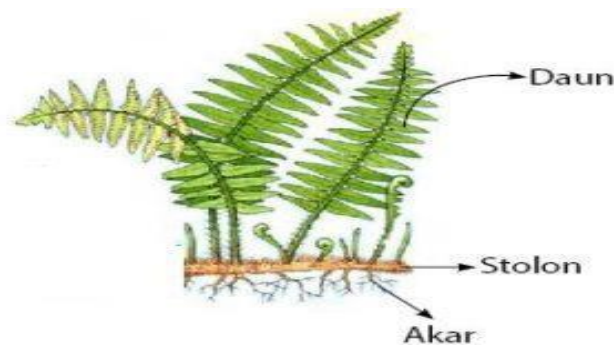
Siklus Hidup Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Tumbuhan paku memiliki system pembuluh sejati, akan tetapi dalam perkembang biakkan generatifnya masih menggunakan spora. Akar tumbuhan paku berasal dari embrio kemudian lenyap dan diganti dengan akar yang mirip seperti kawat atau serabut dan memiliki warna gelap dan dalam jumlah yang banyak. Semua tumbuhan paku mengalami pergantian antara dua jenis tumbuhan yang berbeda didalam siklusnya. Tumbuhan paku memiliki dua fase dalam siklus

hidupnya yaitu fasegametofit dan fasesporofit. Fase gametofit merupakan fase pembentuk angamet. Fase gametofit pada tumbuhan paku berupa protalium. Sedangkan fasesporofit merupakan fase pembentukan spora dalam daur hidup tumbuhan paku, fasesporofit tumbuhan paku itu sendiri, dan fase yang dominan pada tumbuhan paku adalah sporofit. Siklus hidup secara metagenesis terdiri dari dua fase utama yaitu, gametofit dan sporofit.

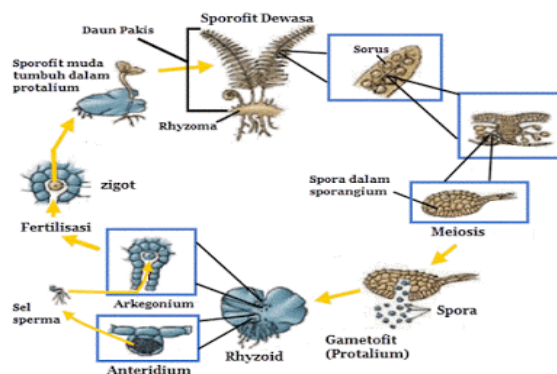
Bentuk generasi fase gametofit dinamakan prothallus atau prothallium. Prothallium tumbuhan berasal dari spora yang jatuh di tempat yang lembab. Dari prothallium berkembang menjadi anteridium (organpenghasil spermatozoid atau sel kelamin jantan) dan arkegonium (organ penghasil sel telur atau ovum). Pembuahan mutlak memerlukan bantuan air sebagai media spermatozoid berpindah menuju arkegonium. Ovum yang terbuahi kemudian berkembang menjadi zigot yang pada gilirannya tumbuh menjadi tumbuhan paku baru. (Anonim).

Zigot yang bersala dari peleburan sperma dan ovum melakukan pembelahan mitosis didalam arkegonium, kemudian berkembang menjadi embrio. Zigot yang terbentuk membelah diri menjadi empat kuadran yang kemudian berkembang menjadi daun, batang, akar, dan sporofitmuda. Kaki adalah struktur yang hanya berkembang pada embrio tidak terdapat sporofit dewasa. Organ ini menembus jaringan protalium dan menyerap air dan makanan untuk keperluan akar, rimpang dan daun, selama organ organ ini belum mandiri. Protalium merupakan tumbuhan autotrof yang mandiri bahkan dapat menunjang tahap awal kehidupan sporofit embrionya. Protalium kemudian mati setelah sporofit mampu hidup sendiri. Sporofit yang sudah dewasa dicirikan oleh munculnya sporangium pada permukaan bawah daunnya.



Gambar 2.11 reproduksisecara vegetative

Sumber: <https://saintif.com/pteridophyta/>



Gambar2.12 reproduksisecara generative

Sumber:http://www.galeripustaka.com/2013/09/perkembangbiakandan-manfaat-tumbuhan_26.html

Warna spora pada tumbuhan paku bermacam-macam, yaitu:

- Sorus berwarna coklat Sorus Paku Sarang Burung (*Asplenium nidus L*), Paku Kenying (*Asplenium macrophyllum Sw.*), Paku Lubang (*Blechnum indicum Burm.*), Paku Perak (*Pityrogrammatartarea Link.*), Paku Ekor Merak (*Pteris longifolia L*)



Gambar 2.13 sorus pada paku sarang burung

Sumber :https://bobo.grid.id/read/081909328/pakis_sarang-burung-berdaun-panjang-ini-suka-menempel-dipohon?page=al

- Sorus berwarnakuning

Sorus Paku Rasam (*Gleichenia linearis Burm. F*)



Gambar 2.14 sorus pada paku rasam

Sumber :<https://id.wikipedia.org/wiki/Sorus>

c. Sorus berwarna hitam

Sorus Paku Hata (*Lygodium circinnatum* Burm. F),
 Sorus Paku Kadal (*Cyclosorus acuminata* Houtt.),
 Sorus Paku Sayur (*Diplazium dilatatum* Blume.)



Gambar 2.15 sorus pada paku Hata

Sumber : <http://tumbuhanbali.blogspot.com/2012/11/atahata.htm>

d. Sorus berwarna coklat gelap

Paku Pedang (*Pteris ensiformis*)



Gambar 2. 16 sorus pada pakupedang

Sumber : https://www.canbr.gov.au/images/photo_cd/LH3124GJ01283/097.html

Faktor –faktor yang mempengaruhi pertumbuhan paku

Lingkungan ini dibentuk oleh faktor-faktor ketinggian, iklim.

1. Ketinggian atau Topografi Faktor ketinggian sangat berpengaruh

Pertumbuhan suatu tumbuhan. Hal ini karena faktor ketinggian sangat berhubungan erat dengan faktor lingkungan yang lain. Ketinggian suatu tempat sangat mempengaruhi iklim, terutama curah hujan dan suhu udara. Tumbuhan paku merupakan satu vegetasi yang umumnya lebih beragam di daerah dataran tinggi dari pada dataran rendah. Hal ini karena tumbuhan paku menyukai empat yang lembab terutama dataran tinggi.

2. Suhu Udara, Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan abiotik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan paku. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan paku di daerah tropis berkisar antara 21-27°C. Tumbuhan paku hidup pada suhu yang berbeda-beda, tergantung pada ukuran daunnya. Tumbuhan paku yang berdaun kecil membutuhkan suhu yang berbeda-beda, tergantung pada ukuran daunnya. Tumbuhan paku yang berdaun kecil membutuhkan suhu yang rendah yaitu kisaran antara 13-18°C. Sedangkan kelompok tumbuhan paku yang berdaun besar membutuhkan suhu yang lebih tinggi yaitu berkisar antara 15-21°C. Keadaan suhu di kawasan hutan hujan tropis yang sesuai akan memungkinkan banyak jenis tumbuhan paku yang dapat hidup.

3. Intensitas Cahaya, Intensitas cahaya juga dapat mempengaruhi pertumbuhan paku, intensitas cahaya dibutuhkan oleh tumbuhan paku berkisar antara 200-300 fc. (*foot candles*). Cahaya yang dibutuhkan oleh tumbuhan paku yang lebih muda. Kondisi naungan yang rapat dapat menyebabkan frond (daun yang menggulung) akan memanjang dan kurus, memperlambat siklus untuk memproduksi sori atau warnanya lebih cenderung menguning dan mati dengan cepat, sehingga kondisi tersebut kurang baik bagi pertumbuhannya. Tumbuhan paku yang tumbuh pada intensitas cahaya yang cukup biasanya berukuran besar dan tumbuhan lebih subur. Frond (daun yang menggulung) menjadi lebih keras lebih tebal, lebih banyak memproduksi sori serta menjadi lebih cepat tanggap terhadap perubahan lingkungan, sedangkan tumbuhan paku (*pteridophyta*) yang kelebihan cahaya biasanya berukuran lebih kecil, kurang subur, daunnya hijau kekuning-kuningan serta bagian tepi daunnya berwarna coklat.

4. Kelembapan, Kelembapan adalah suatu faktor pembatas dalam pertumbuhan paku. Kelembapan udara yang tinggi, memungkinkan tumbuhan paku tumbuh tidak sehat. Tumbuhan paku yang tetap dapat hidup pada kelembapan paling rendah yaitu sebanyak 30%. Kelembapan relative bagi pertumbuhan tumbuhan paku pada umumnya berkisar antara 60-80%.

5. pH, faktor lingkungan abiotik yang juga dapat mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan paku adalah pH. Kebanyakan tumbuhan paku-pakuan tumbuh pada substrat asam hingga basa antar pH 5-8. Tumbuhan paku-pakuan seperti jenis suplir (*Adiantum*) menyukai pH 6-8.

6. Tanah dan Unsur Hara, Terbentuknya tanahh utan disebabkan oleh pengaruh vegeta sihutan. Hal ini dikarenakan dalamnya perakaran dari organisme tanah hasil proses dekomposisi bahan organic berupa unsure-unsur hara yang terdapat didalam tanah.

Ekologi Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Beberapa tumbuhan paku tidak dapattumbuh pada tempat yang tidak terkena cahaya matahari penuh (shade ferns). Kondisi lingkungannya tertutup oleh kanopi tumbuhan yang lebih tinggi. Jenis tumbuhan paku yang terdapat didaerah ini, kondisi hidupnya seragam. Hal ini dikarenakan jumlah tumbuhan paku yang beradaptasi dengan cahaya matahari penuh tidak pernah dijumpai di hutan yang benar-benar tertutup. Beberapa tumbuhan paku lainnya menyukai tempat-tempat terbuka yang terkena cahaya matahari, namun memerlukan perlindungan dari sinarmatahari. Jenis ini sering beradaptasi dengan tumbuhan lain. Selain itu, cara lain untuk beradaptasi dengan cahaya matahari adalah dengan membuat daunnya rimbun untuk mempertahankan kelembapan ditempat terbuka. Tumbuhan paku membentuk semak dengan jumlah individu yang banyak.

Berdasarkan tempat hidup, tumbuhan paku dapat dikelompokkan kedalam enam kelompok yaitu tumbuhan paku yang perakarannya bertumbuh ditanah, tumbuh tegak dan tidak memanjat pada pohon, kelompok kedua yaitu jenis tumbuhan paku yang hidup menempel pada pohon, kelompok ketiga yaitu tumbuhan paku yang perakarannya bertumbuh ditanah, namun segera memanjat setelah mendapat pohon inang, kelompok keempat yaitu kelompok tumbuhan paku yang perakarannya menempel pada bebatuan atau bebatuan pinggir sungai, kelompok kelima yaitu tumbuhan paku yang hidup di air, dan kelompok keenam yaitu kelompok tumbuhanp aku yang hidupnya lebih dominan terdapat didaerah gunung.

Klasifikasi Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Berdasarkan jenis spora yang dihasilkan, tumbuhan paku dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Paku Homospora Paku homospora yaitu tumbuhan paku yang dapat menghasilkan satu jenis spora dengan ukuran yang sama dan tidak dapat

dibedakan antar spora jantan dan spora betina. Contohnya paku kawat (*Lycopodium*).

2. Paku Heterspora Paku heterspora yaitu jenis paku yang menghasilkan dua jenis spora yang berbeda ukuran. Spora yang besar merupakan makrospora (gametbetina) sedangkan spora yang kecil merupakan mikrospora (gametjantan). Contohnya adalah paku rane (*Selaginella*) dan semanggi (*Marsilea*).
3. Paku Peralihan Paku peralihan merupakan jenis tumbuhan paku yang menghasilkan sporan dengan bentuk dan ukuran yang sama, serta diketahui gamet jantan dan betinanya. Contoh paku peralihan adalah pakuekor kuda (*Equisetum*). Berdasarkan ciri morfologinya tumbuhan paku dibedakan menjadi empat subdivisi yaitu paku purba (*psilopsida*), paku kawat (*Lycopsidea*), paku ekor kuda (*Sphenopsida*), dan paku sejati (*Pteropsida*).

2.9 Tumbuhan Berbiji (*Spermatophyta*)

Tumbuhan Biji (*Spermatophyta*) berasal dari bahasa Yunani, yaitu sperma yang berarti biji, dan phyton yang berarti tumbuhan. Meliputi semua tumbuhan berpembuluh yang bereproduksi secara generatif dengan membentuk biji. Di dalam biji terdapat calon individu baru (embrio sporofit atau lembaga) beserta cadangan makanan yang terbungkus oleh lapisan pelindung. *Spermatophyta* merupakan anggota *Plantae* sejati dan menghasilkan biji untuk perkembangbiakannya (kormofita berbiji) sedang alat perkembangbiakannya tampak jelas dapat diamati sehingga disebut sebagai *Phanerogamae*. Tumbuhan berbiji meliputi semua tumbuhan yang menghasilkan biji. Tumbuhan ini memiliki arti penting bagi organisme lain di bumi. Bahan makanan manusia dan hewan banyak yang berasal dari tumbuhan berbiji.

Ciri-ciri Tumbuhan Biji (*spermatophyte*)

- a. Memiliki biji.
- b. Memiliki berkas pengangkut (xilem dan floem)
- c. Merupakan tumbuhan kormophyta (memiliki akar, batang dan daun sejati)
- d. Menghasilkan bunga (*Anthophyta*).
- e. Bersifat autotrof.

f. Alat perkembangbiakan sudah jelas antara jantan dan betina yang berupa bunga atau strobilus.

g. Generasi saprofitnya berupa tumbuhan dan generasi gametofitnya berupa bunga

Reproduksi dan Siklus Hidup Tumbuhan Biji Perkembangbiakan tumbuhan biji terjadi secara generatif (seksual) dengan membentuk biji yang diawali dengan pembentukan gamet (*gametogenesis*), penyerbukan (*polinasi*), peleburan gamet jantan dan betina (*fertilisasi*) yang menghasilkan Misal, kemudian menjadi embrio. Perkembangan secara vegetatif (aseksual) dengan organ-organ vegetatif seperti tunas, tunas adventif, rhizoma, dan stolon. Gymnospermae bereproduksi secara generatif (seksual) dengan membentuk biji. Alat reproduksinya berupa strobilus terbentuk ketika tumbuhan sudah dewasa.

Gymnospermae mengalami pembuahan tunggal. Angiospermae memiliki alat perkembangbiakan yaitu berupa bunga. Reproduksi pada Angiospermae diawali dengan adanya proses penyerbukan (menempelnya serbuk sari pada kepala putik) dan proses pembuahan (penyerbukan sel telur dan kantong lembaga pada bakal biji dengan inti yang berasal dari serbuk sari). Selanjutnya zigot berkembang menjadi embrio dan kemudian menjadi buah. Pembuahan yang terjadi pada Angiospermae disebut pembuahan ganda, karena dua inti generatif (sperma) masing-masing membuahi sel telur yang akan menjadi lembaga dan inti kandung lembaga menjadi endosperm.

Klasifikasi tumbuhan berbiji (*Spermatophyta*)

1. *Gymnospermae* (Berbiji terbuka)

Disebut biji terbuka karena bijinya tidak ditutupi oleh daging buah. Disebut biji terbuka karena bijinya tidak ditutupi oleh daging buah. Gymnospermae umumnya memiliki struktur daun tebal, banyak cabang, tudung daun membentuk kerucut, dan belum memiliki bunga sesungguhnya. Reproduksi generatif terjadi satu kali pembuahan (pembuahan tunggal) yang menghasilkan zygote. Waktu antara penyerbukan dan pembuahan berlangsung relatif lama.

Ciri-ciri *gymnospermae*:

- 1) Memiliki bakal biji yang tidak tertutup oleh daun buah.

2) Berupa perdu atau pohon, batang dapat tumbuh membesar dan bercabang-cabang.

3) Belum memiliki bunga sejati (hanya berupa strobilus jantan dan betina).

Gymnospermae mempunyai 4 divisi, yaitu:

1. **Kelas *Cycadophyta*** Tumbuhan ini merupakan tumbuhan biji yang primitif, hidup di daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia kita kenal pakis haji (*Cycas rumphii*) merupakan tanaman hias, akarnya bersimbiosis dengan ganggang biru (*Anabaena*) yang dapat mengikat nitrogen. Perkembangan dari Pteridophyta. Memiliki daun yang besar seperti tumbuhan palem.
2. **Kelas *Ginkgophyta*** Sebagian besar sudah punah yang ada ginkgo biloba. *Ginkgo* (*ginkgo biloba*) merupakan spesies tunggal dari salah satu divisi anggota tumbuhan berbiji terbuka yang pernah tersebar luas di dunia. Pada masa kini tumbuhan ini diketahui hanya tumbuh liar di Asia Timur Laut, namun telah tersebar luas di berbagai tempat beriklim sedang lainnya sebagai pohon penghias taman atau pekarangan. Bentuk tumbuhan modern ini tidak banyak berubah dari fosil-fosilnya yang ditemukan
3. **Kelas *Peniphyta*** Memiliki daun berbentuk seperti jarum dan selalu berwarna hijau sepanjang tahun. Contoh : *taxus baccata*, *agathis alba*, *araucaria cunninghamii*.
4. **Kelas *Gnetophyta*** Berupa pohon dengan banyak cabang dan dengan daun tunggal juga memiliki bunga majemuk. Contoh : *Melinjo* dan *ephedra altissima*



Gambar pinus merkusil
(sumber google images)



Gambar agathis alba damar
(Sumber: google images)



(Sumber google images)



((sumber google images))

Gambar 2.17 Beberapa tanaman Gymnospermae

2. *Angiospermae* (Berbiji tertutup)

Disebut biji tertutup karena bijinya terbungkus oleh daging buah. Memiliki alat reproduksi berupa bunga sempurna (benang sari, putik, bakal buah, bakal biji, mahkota, kelopak, dan tangkai). Reproduksi generatif mengalami dua kali pembuahan (pembuahan ganda) yang menghasilkan zygote (pembuahan inti generatif/sperma dengan ovum) dan endosperm (pembuahan inti generatif/sperma dengan kandung lembaga sekunder). Pada umumnya tumbuhan ini berupa pohon, perdu, semak, liana, atau herba.

Ciri-ciri *Angiospermae*:

- a. Bakal biji diselubungi daun buah yang merupakan bakal buah.
- b. Berupa herba, perdu, atau pohon.
- c. Mempunyai organ yang berupa bunga lengkap (terdapat kelopak bunga, mahkota bunga, serta alat kelamin berupa benang sari dan putik).

Klasifikasi *Angiospermae*:

A. Kelas *Monocotyledoneae*

1. Ciri-ciri kelas *Monocotyledoneae* adalah sebagai berikut :
2. Berbiji tunggal (hanya memiliki 1 daun lembaga), sistem akar serabut, batang sama besar dan tidak bercabang.
3. Daun tunggal berpelelah dan bertulang sejajar. Bagian bunga kelipatan tiga.
4. Akar dan batang tidak berkambium, sehingga tidak dapat tumbuh membesar.
5. Xilem dan floem tersebar. Contoh kelas *monocotyledoneae* adalah : *Oryza sativa*(padi), *Zea mays* (jagung), dan *Cocos nucifera* (kelapa).

B. Kelas *Dicotyledoneae*

Ciri-ciri kelas *dicotyledoneae* adalah sebagai berikut :

1. Berkeping dua (memiliki dua daun lembaga), memiliki akar tunggang.
2. Batang kerucut panjang, bercabang dan berkambium.
3. Daun tunggal atau majemuk, tulang daun menyirip atau menjari.
4. Bagian bunga kelipatan dua, empat atau lima.
5. Memiliki kambium sehingga dapat mengalami pertumbuhan sekunder (pertumbuhan melebar), xilem dan floem tersusun dalam lingkaran. Contoh kelas dicotyledoneae: *Mangifera indica* (mangga), *Manihot utilissima* (ketela pohon), dan *Psidium guajava* (jambu biji).

2.10 Kerangka Berpikir

