BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan tentang *Pteridophyta*

2.1.1 Karakteristik *Pteridophyta*

Pteridophyta adalah tumbuhan peralihan karena menggabungkan karakteristik tumbuhan bertalus dan tumbuhan cormophyta. Hal ini terlihat dari sifat dan bentuk tubuhnya yang merupakan perpaduan antara sifat dan bentuk tumbuhan *Bryophyta* dan tumbuhan *Phanerogamae* (Afriani et al., 2020). Tumbuhan ini tidak memiliki bunga atau biji, melainkan bereproduksi dengan spora di daun atau organ reproduksi khusus. *Pteridophyta* terdiri dari bagian vegetatif (akar, batang, dan daun) yang bertanggung jawab untuk pertumbuhan dan metabolisme, serta bagian generatif (spora, sporangium, anteridium, arkegonium) yang bertanggung jawab untuk reproduksi (Pranita et al., 2017).

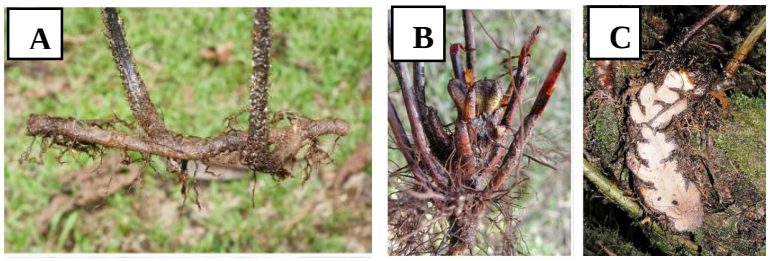
1. Akar

   Pteridophyta memiliki sistem akar serabut bercabang-cabang dilindungi tudung akar (kaliptra), bersifat endogen, dan tumbuh secara horizontal di permukaan atau bawah tanah. Beberapa anggota primitif seperti *Psilophytales* dan *Psilotales* tidak memiliki akar sejati. Akar embrionik utama berumur pendek digantikan oleh akar adventif. Berkas pembuluh terdiri dari xylem dan floem, terletak di tengah batang, dan terlihat seperti bintang atau bulatan kecil saat dipotong melintang.

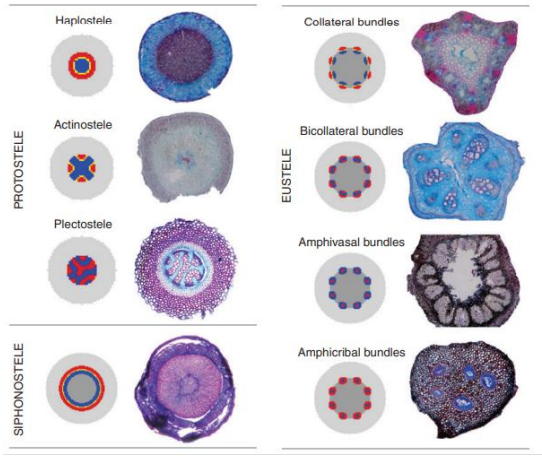
Gambar 2.1 Akar *Dennstaedtia globulifera*
Sumber: (Yañez et al., 2014)

2. Batang

Pteridophyta memiliki batang rimpang yang merambat atau memanjat dengan daun tumbuh secara berkala. Cabang batang umumnya bercabang menggarpu (dikotom). Rimpang dorsiventral dengan stipe, akar tumbuh di permukaan bawah. Struktur anatomi batang menjadi penting dalam taksonomi. Stele (silinder vaskuler) dapat berbentuk protostele, siphonostele, atau eustele. Contohnya, pada ordo *Polypodiales* sebagian besar genus memiliki tipe stele siphonostele (dictyostele), tetapi genus *Adiantum* dan *Calciphilopteris* memiliki tipe yang berbeda (Siska et al., 2019).



Gambar 2.2 Rhizoma a) merayap b) tegak c) decumbent
Sumber: (Moran et al., 2014)



Gambar 2.3 Tipe stele
Sumber: (Carteni et al., 2014)

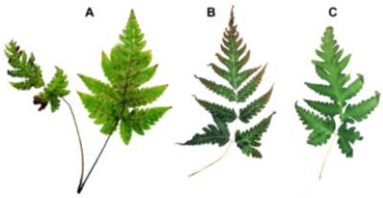
3. Daun

Daun *Pteridophyta* memiliki tangkai dan variasi bentuk helaian daun. Perbedaannya adalah adanya fiddlehead atau tunas daun menggulung (circinate) serta aerophore atau pneumatophores (Vasco et al., 2013). *Pteridophyta* memiliki dua jenis daun, yaitu daun fertile

(sporofil) sebagai tempat pembentukan spora yang dilindungi sporangium, dan daun steril (tropofil) yang berfungsi untuk fotosintesis namun tidak terlibat dalam produksi spora. Bentuk daun *Pteridophyta* bervariasi, seperti bulat telur, jorong, lonjong, dan lanset, dengan permukaan yang biasanya halus, mengkilap, suram, berlilin, kasar, atau berambut pendek lembut dengan berbagai susunan tulang daun (penninervis, palminervis, cervinervis, dan rectinervis).

Gambar 2.4 Fiddlehead dan pneumatophora
Sumber: (Vasco et al., 2013)

Pteridophyta memiliki dua ukuran daun, yaitu makrofil dan mikrofil. Bentuk daunnya bisa dimorfik atau monomorfik, dengan berbagai bentuk seperti lanset, bulat, bulat telur, lanset bertelinga, dan lainnya. Macam-macam daun *Pteridophyta* termasuk tunggal, majemuk menyirip tunggal, majemuk menyirip ganda, dan dikotom. Tepi daun (*Margo Folii*) memiliki berbagai tipe seperti integer, dentatus, dan lainnya, sementara ujung daun (*Apex Follii*) bisa acutus, obtusus, rotundatus, retusus, emarginatus, dan lain-lain. Bentuk pangkal daun (*Basis Folii*) antara lain kordatus, perfoliatus, atenuatus, kuneatus, obtusus, rotundatus, trunkatus dan lainnya.



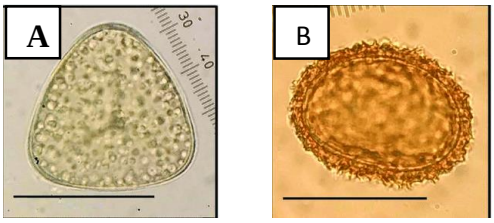
Gambar 2.5 Bentuk daun a) dimorfik b,c) monomorfik
Sumber: (Shin et al., 2017)

Stipe (tangkai daun) *Pteridophyta* memiliki berbagai warna terang (cokelat, cokelat kehitaman, hijau, cokelat kehijauan, hijau kecokelatan), berbentuk bulat atau lonjong, dengan rambut glandula, sementara

beberapa memiliki akar udara (pneumatophora) pada stipe. Pada beberapa jenis, rachis adalah kelanjutan linier dari stipe, sementara pada yang lain dapat bercabang dichotomous atau pseudodichotomous. Tipe daun *Pteridophyta* dibagi menjadi pinnatifid, bipinnatifid, dan tripalmatifid. Banyak *Pteridophyta* memiliki lamina yang sederhana (1-pinnatifid) atau bercabang (2-4 (-5)-pinnate), serta memiliki daun dimorfik.

Pada tahap dewasa, *Pteridophyta* membentuk sporangium yang berisi spora. Sporangium-sporangium ini tumbuh bersama-sama dalam sorus, yang merupakan kelompok sorangium. Sori berperan penting dalam melindungi kotak spora hingga matang dan siap dilepaskan (Febiana et al., 2021). Dalam banyak spesies, sori dilindungi oleh indusium khusus atau tepian daun yang melengkung dengan berbagai bentuk seperti linear, bulat, lonjong, atau berbentuk cangkir atau perisai/terompet.

Spora monolet memiliki bentuk ginjal atau ellipsoid dengan satu celah memanjang di bagian ventral atau dekat pangkal. Pada famili lebih maju seperti *Pteridaceae*, spora bilateral lebih umum, namun jarang ditemukan pada famili *Polypodiaceae*, *Vittariaceae*, dan *Thelypteridaceae*. Spora trilet memiliki tiga permukaan yang saling berhubungan membentuk sudut disetiap titik pertemuannya. Bentuknya biasanya bulat tetrahedral, hampir bulat sampai agak bersudut tiga, atau kadang berbentuk bola. Spora yang matang memiliki tiga lapisan utama: endospora, eksospora, dan perispora.

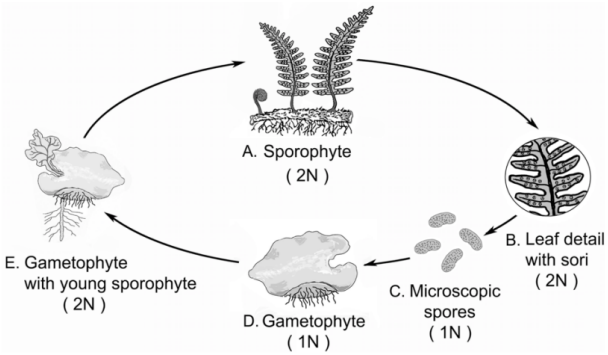


Gambar 2.6 a) Spora trilet b) Spora monelet
Sumber: (Barrington et al., 2020)

2.1.2 Siklus Hidup *Pteridophyta*

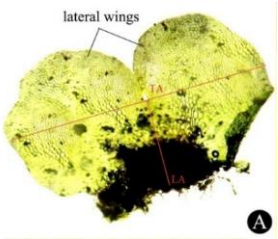
Pteridophyta memiliki siklus hidup yang disebut metagenesis dengan dua fase, yaitu gametofit (seksual) dan sporofit (aseksual). Gamet jantan dihasilkan dalam antheridia dan disebut antherozoid karena memiliki flagella, sementara

gamet betina (sel telur) dihasilkan dalam archegonia. Sel telur yang dibuahi membentuk zigot, yang berkembang melalui pembelahan mitosis (2n) menjadi sporofit muda. Spora non-motil dilepaskan dari sporofit dan berkecambah menjadi gametofit haploid (n). Siklus hidup tumbuhan paku terdiri dari lima fase, yaitu pembelahan, protalium (gametofit) muda, protalium (gametofit) dewasa, sporofit muda, dan sporofit dewasa, sesuai dengan penelitian (Akbar et al., 2018).



Gambar 2.7 Siklus hidup *Pteridophyta*
Sumber: (Anderson, 2021)

Pteridophyta memiliki beragam bentuk gametofit (protalium). Sebagian besar gametofit berbentuk hati berwarna hijau dengan archegonia, antheridia, dan rizoid di permukaan bawah yang ditutupi rambut. Namun, *Ophioglossaceae* memiliki gametofit seperti umbi tanah, tanpa klorofil, sementara *Hymenophyllaceae* berbentuk filamen dan cabang banyak. *Schizaea* memiliki gametofit seperti benang dengan gametangia pada cabang pendek. Sistem reproduksi *Pteridophyta* meliputi apogami, apospora, dan pembentukan bulbil (tunas) di beberapa spesies *Asplenium* dan *Polystichum*. Pembentukan sporofit dapat melalui amfimikus atau apogami, tanpa proses seksual.



Gambar 2.8 Prothallium dewasa
Sumber: (Yumkham et al., 2019)

2.1.3 Klasifikasi *Pteridophyta*

Klasifikasi *Pteridophyta* menurut Smith et al (2006) terdiri dari empat kelas yaitu *Psilotopsida*, *Equisetopsida (Sphenopsida)*, *Marattiopsida*, dan *Polypodiopsida (Filicopsida)*. Sedangkan menurut Tjitrosoepomo (2011) *Pteridophyta* dibedakan dalam beberapa kelas yaitu kelas *Psilophytinae* (paku purba), kelas *Lycopodinae* (paku rambut atau paku kawat), kelas *Equisetinie* (paku ekor kuda) dan kelas *Filicinae* (paku sejati dengan tiga sub kelas *Eusporangiate*, *Leptosporangiate*, *Hydropterides*).

Klasifikasi menurut Smith et al (2006) sebagai berikut:

1. Kelas *Psilotopsida*
2. Kelas *Equisetopsida (Sphenopsida)*
3. Kelas *Marattiopsida*
4. Kelas *Polypodiopsida (Filicopsida)*
   a. Ordo *Cyatheales*
      1) Famili *Cyatheaceae*

         Famili *Cyatheaceae* memiliki ciri khas seperti pohon dengan batang berkayu biasanya dengan batang tunggal (*arborescent*), berukuran besar mencapai ketinggian 20 m pada beberapa spesies, daun besar majemuk dengan panjang beberapa meter dan memiliki pertulangan daun beragam, adanya sisik pada batang dan tangkai daun. Tergolong kelompok paku leptosporangiate yaitu sporangia berkembang dari satu sel membentuk sorus sehingga mempunyai ukuran lebih kecil yang terletak di abaksial. *Cyatheaceae* dapat tumbuh di lingkungan yang cenderung lebih terbuka dengan tingkat intensitas cahaya mencapai 1945 lux (Khairunisa & Wisanti, 2023).

Gambar 2.9 a) *Cyathea ruttenbergi* b) *Cyathea pungens*
Sumber: (Tejedor & Areces-Berazain, 2018)

b. Ordo *Polypodiales*

1) Famili *Dennstaedtiaceae*

Pakis terrestrial dengan rimpang merambat panjang atau kadang-kadang pendek, sering berambut multiseluler atau jarang bersisik. Daun monomorfik, biasanya 2-5 menyirip, anadromous, herba atau coriaceous, umumnya berbulu atau jarang gundul, tanpa sisik. Vena biasanya bebas atau jarang beranastomosis. Sorus bulat, memanjang ke samping, atau hampir melingkupi tepi daun, terletak di permukaan bawah daun, marjinal atau submarginal, kadang-kadang dengan parafisis, indusia bulat telur menempel di pangkal, setengah cangkir atau berbentuk cangkir menempel di pangkal dan samping, atau dengan pseudoindusium (terbentuk dari tepi daun yang dimodifikasi yang melengkung ke belakang), kadang-kadang dengan indusium bagian dalam, atau tanpa indusium. Sporangia dengan anulus vertikal atau sedikit miring, biasanya 64 spora per sporangium. Menurut penelitian Nuraini & Wisanti (2022) famili ini dapat dijumpai di ketinggian 1200 m dpl, suhu lingkungan 21˚C , kelembaban udara 65%, dan intensitas cahaya sebesar 397 lux.

Gambar 2.10 *Microlepia firma*
Sumber: (Singh et al., 2014)

2) Famili *Pteridaceae*

Tumbuhan paku terrestrial atau litofit, terkadang di habitat basah. Rimpang biasanya pendek hingga tegak, solenostelic atau dictyostelic, dilapisi sisik dengan dasar lebar dan pinggiran tipis serta pucat. Daun monomorfik sedangkan helaian daun umumnya 1-4-pinnate-pinnatifid, kadang-kadang tripartite-pedate atau decompound, jarang sederhana, herbaceous hingga coriaceous, biasanya ± tidak berbulu. Tangkai daun halus berwarna coklat keemasan, jarang keungu-unguan.

Vena biasanya bebas atau membentuk areola. Sori linear, submarginal hingga marginal, ditutupi oleh tepi pinna yang melengkung (pseudoindusium), atau sporangia menutupi permukaan bawah pinna yang subur. Famili *Pteridaceae* jenis *Pteris biaurita*, tumbuh ditempat dengan suhu lingkungan berkisar 28˚C-31˚C dan pH tanah 6,18 yang berarti asam (Riastuti et al., 2018).

Gambar 2.11 *Pteris vittata*
Sumber: (Renjana, 2021)

3) Famili *Thelypteridaceae*

Rimpang pada tumbuhan ini merambat, tumbuh tegak, memiliki sisik di ujungnya dan seringkali dilengkapi dengan rambut halus. Tangkai daun pada penampangnya memiliki dua bundel vaskular yang membentuk bentuk bulan sabit saling berhadapan. Bilah daun dapat berbentuk monomorfik atau terkadang dimorfik, umumnya menyirip atau menyirip-pinnatifid. Vena menyirip bebas atau beranastomosis, biasanya tersusun dengan sangat teratur. Rambut halus hialin tampak pada bilah daun dan sisik rimpang. Sori berada di bagian bawah daun, berbentuk bulat hingga lonjong, kadang-kadang memanjang sepanjang vena, dengan indusia yang berbentuk reniform atau tanpa indusium. Spesies dari famili ini dapat tumbuh di lereng, hutan sekunder, pinggir jalan, dan daerah yang terbuka pada kisaran ketinggian sekitar 800 m dpl (Son et al., 2022).

Gambar 2.12 *Macrothelypteris torresiana*

Sumber: (Callado et al., 2016)

4) Famili *Woodsiaceae*

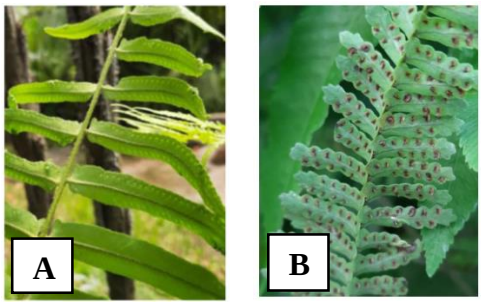
Rimpang pada tumbuhan ini dapat merambat, tumbuh tegak. Sisiknya terletak di bagian ujung rimpang, umumnya tidak membentuk klatrat, gundul, kelenjar, atau bersilia. Tangkai daun memiliki dua bundel pembuluh darah yang membentuk struktur panjang atau berbentuk bulan sabit yang saling berhadapan. Bilah daun cenderung monomorfik, meskipun jarang dimorfik. Vena bisa menyirip atau bercabang, bebas, sering beranastomosis, dan kadang-kadang tidak memiliki vena kecil. Sori berada di bagian bawah daun, berbentuk bulat, berbentuk J, atau linier dengan indusia yang berbentuk reniform ke linear, atau tanpa indusium. Salah satu spesies dari famili ini yaitu *Diplazium esculentum* dapat hidup pada pH tanah 7,5 dan kelembaban tanah 30%-40% (Kurniawati et al., 2016).

Gambar 2.13 *Diplazium esculentum*
Sumber: (Renjana, 2021)

5) Famili *Lomariopsidaceae*

Rimpang tumbuhan ini cenderung merayap atau terkadang memanjat (tanaman hemiepifit). Bilah daunnya umumnya menyirip, bisa menyirip seluruhnya atau memiliki krenasi, sering kali mengalami artikulasi, dan beberapa genus memiliki aurikula. Vena daunnya bersifat bebas, sejajar, atau menyirip. Sori memiliki variasi bentuk, bisa bulat dengan indusia yang berbentuk bulat-reniform hingga reniform, atau tanpa indusium. Beberapa juga memiliki sporangia acrostichoid dan daun yang dimorfik. Spora bersifat bilateral, monolete, dengan sayap atau ornamen yang beragam. Salah

satu spesies dari famili ini yaitu *Nephrolepis biserrata* dapat hidup di kelembaban tanah 10% dan pH tanah 4,2 (Wahyuningsih et al., 2019).



Gambar 2.14 a) *Nephrolepis bisserata* b) *Nephrolepis cordifalia*
Sumber: (Renjana, 2021)

6) Famili *Tectariaceae*

Famili *Tectariaceae* merupakan kelompok tumbuhan paku terrestrial berukuran sedang yang memiliki beberapa ciri morfologi, antara lain rimpang yang tumbuh tegak atau suberect, bersisik, dengan jaringan pengangkut air dan zat makanan yang terorganisir secara dictyostelic. Tangkai daunnya tidak mengalami absisi, dan terdapat cincin ikatan pembuluh pada penampang melintang. Vena daun bisa bersifat bebas atau beranastomosis. Bilah daunnya bervariasi dari menyirip sederhana hingga tripinnatifid.

Indumenta terdiri dari rambut artikulasi multiseluler berwarna coklat pucat yang disebut ctenitis-hairs. Sorus biasanya berbentuk bulat atau acrostichoid. Indusia dapat berbentuk reniform, peltate, atau dalam beberapa genus, tidak ada. Habitatnya berada di lantai hutan dengan serasah yang basah dan lembab serta pepohonan yang lebat dengan tajuk yang rapat. Kondisi ini menyebabkan tingginya evapotranspirasi, sehingga lebih banyak uap air yang menyebabkan meningkatnya kelembapan udara (Aluyah & Rusdianto, 2020).

Gambar 2.15 *Tectaria fuscipes*
Sumber: (Shin et al., 2017)

7) Famili *Davalliaceae*

Tumbuhan epifit atau epipetrik ini memiliki rimpang yang merambat panjang, dengan struktur dictyostelic yang terorganisir secara dorsiventral dan dilengkapi dengan sisik. Bilah daun umumnya menyirip 1-4, jarang sederhana, dan bersifat monomorfik, walaupun dalam beberapa kasus bisa dimorfik. Vena daun bersifat bebas, bercabang atau menyirip. Indumentum pada umumnya kurang terdapat pada bilah, tetapi terkadang tidak memiliki rambut artikulasi. Sori terletak pada bagian abaxial, inframarginal, dan dapat meluas hingga jauh dari tepi daun, biasanya berbentuk bulat, dengan indusia yang berbentuk cangkir hingga reniform atau bulan sabit. Famili *Davalliaceae* jenis *Davallia denticulata* dapat tumbuh pada suhu lingkungan 28˚C-31˚C (Riastuti et al., 2018).

Gambar 2.16 *Davallia denticulata*
Sumber: (Mildawati et al., 2022)

8) Famili *Polypodiaceae*

Polypodiaceae adalah salah satu kelompok tumbuhan vaskuler yang sangat beragam dan melimpah dalam hutan tropis dan subtropis. Tumbuhan paku yang hidup sebagai epifit, litofit, atau jarang sebagai tumbuhan terrestrial. *Polypodiaceae* memiliki rimpang yang menjalar, ditutupi dengan sisik berbentuk perisai. Daun yang monomorfik atau dimorfik, lamina sederhana, berlobus, pinnate atau bercabang secara dichotomous. Sorus umumnya berbentuk bulat tanpa indusium dan terkadang tenggelam di dalam rongga permukaan daun, atau memanjang dan sejajar dengan vena utama atau ke tepi, atau menutupi

seluruh atau sebagian khusus dari daun. Famili *Polypodiaceae* jenis *Drymoglossum piloselloides* dapat hidup di kelembaban tanah 8% (Wahyuningsih et al., 2019).

Gambar 2.17 *Pyrrosia longifolia*
Sumber: (Vasques et al., 2017)

9) Famili *Aspleniaceae*

Rimpang tegak hingga menjalar panjang. Daun sederhana hingga 1-5 menyirip. Sisik terdapat pada rimpang dan daun, terkadang juga rambut. Sporangia terdapat pada permukaan abaksial pelepah, dalam sori memanjang di sepanjang urat, dilindungi oleh indusium memanjang. *Asplenium nidus* dari famili *Aspleniaceaae* menyukai daerah yang agak lembab dan tahan terhadap sinar matahari langsung (A. Pradipta et al., 2020).

Gambar 2.18 *Asplenium nidus*
Sumber: (Afriani et al., 2020)

2.1.4 Habitat *Pteridophyta*

Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) pertama kali muncul sebagai tumbuhan vaskuler darat, kebanyakan tumbuh di lingkungan terrestrial yang sejuk, lembab, dan teduh. Meskipun sebagian besar mendominasi habitat hutan hujan tropis dengan kecenderungan higrofit (tumbuh di tempat lembab), beberapa juga dapat ditemukan di lingkungan epifit, xerofit, semi akuatik, atau akuatik. Tumbuhan paku cenderung tumbuh di tempat terlindung atau teduh dengan tajuk yang

tinggi, namun ada yang dapat ditemukan di daerah terbuka. Lingkungan dengan tingkat pencahayaan tinggi, seperti pada bukaan kanopi, dapat memengaruhi kondisi ekosistem, mengurangi kelembapan, dan mengakibatkan penurunan diversitas spesies tumbuhan paku di area tersebut.

Tumbuhan paku terrestrial umumnya ditemukan di tanah yang lembab, kaya akan unsur hara, dan memiliki drainase yang baik. Keberagaman spesies tumbuhan paku terrestrial di darat lebih tinggi pada tanah dengan nutrisi organik yang melimpah. Meskipun beberapa jenis tumbuhan paku terrestrial dapat beradaptasi di daerah yang cukup kering, kelembapan udara tetap menjadi faktor penting. Penelitian oleh Moulatlet et al (2019) menunjukkan bahwa daerah dengan kandungan pasir dan tanah liat yang tinggi memiliki spesies tumbuhan paku yang dapat secara khusus beradaptasi dengan kondisi tersebut.

Tumbuhan paku epifit tumbuh di atas permukaan tumbuhan lain, seperti kulit batang pohon atau semak, disebut epifit. Mereka tidak menyerap nutrisi dari tempat tumbuhnya, tetapi menggunakan tempat itu sebagai tempat melekat dan tumbuh. Adaptasi khusus memungkinkan mereka bertahan di habitat kurang menguntungkan seperti kekurangan air dan nutrisi, memperolehnya dari udara dan embun sekitarnya. Habitat yang cocok untuk *Pteridophyta* epifit adalah pohon-pohon tinggi di hutan. Contoh spesiesnya termasuk *Platycerium* dan *Asplenium*.

Tumbuhan paku xerofit, yang tumbuh di tebing, antara batu-batu, atau di daerah berbatu dengan sedikit tanah dan kelembapan, memiliki adaptasi untuk mengurangi penguapan air dan menghindari kekeringan contohnya seperti *Polypodium*. Tumbuhan paku akuatik melekat pada permukaan air dengan rambut halus atau dapat membentuk koloni besar. Jenis lain dapat tumbuh pada substrat bebatuan. Beberapa *Pteridophyta* tumbuh di habitat akuatik (*Marsilea*, *Salvinia*, *Azolla*) dan semi-akuatik (*Isoetes*).

2.1.5 Manfaat *Pteridophyta*

Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) memiliki peran penting secara ekologis dan ekonomis. Secara ekologis, berperan dalam menjaga kestabilan tanah dan mencegah erosi dengan akar yang menahan tanah (Astuti et al., 2017). Membantu mengatur tata air di hutan dengan menyerap dan menyimpan air,

mengurangi debit air saat hujan dan meningkatkan ketersediaan air pada musim kemarau. Selain itu, tumbuhan paku berkontribusi pada peningkatan kualitas tanah melalui proses dekomposisi daun dan akar, menghasilkan bahan organik dan mineral yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Selain memiliki nilai ekologi, *Pteridophyta* juga memiliki manfaat ekonomi bagi kehidupan manusia antara lain sebagai bahan pangan, obat-obatan, tanaman hias, bahan kerajinan. Beberapa spesies seperti *Diplazium esculentum*, *Diplazium repanum*, *Blechnum orientale*, dan *Pneumatopteris callosa* dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh penduduk lokal di Bali (Sujarwo et al., 2014). Menurut Nikmatullah et al (2020) spesies *Pteridophyta* seperti *Asplenium nidus* (*Aspleniaceae*), *Deparia esculentum* (*Athyriaceae*), *Blechnum orientale* (*Blechnaceae*), *Cibotium barometz* (*Cibotiaceae*) dimanfaatkan sebagai obat penutup luka dan penyakit akibat infeksi parasite. Spesies *Pteridophyta* seperti *Davalia trichomanoies*, *Adiantum sp*, *Asplenium nidus*, *Alshophoila sp* dimanfaatkan sebagai tanaman hias karena memiliki bentuk dan warna daun yang indah (A'tourrohman et al., 2020).

2.2 Sumber belajar

2.2.1 Pengertian sumber belajar

Ada beberapa pengertian sumber belajar (*learning resources*) menurut pandangan para ahli pendidikan yaitu:

1. Sumber belajar merupakan semua sumber yang bisa dimanfaatkan oleh siswa sehingga dapat menimbulkan perilaku belajar.
2. Secara fundamental sumber belajar merupakan segala hal, baik benda fisik, informasi, fakta, ide, manusia, dan lain-lain yang dapat menyebabkan proses belajar seperti buku paket, modul, LKS (Prastowo, 2015).
3. Sumber belajar merupakan kumpulan bahan atau situasi yang dipersiapkan dengan sengaja untuk memfasilitasi proses belajar bagi peserta didik secara individual (Syukur, 2008).
4. Sumber belajar merupakan segala hal mulai dari media, benda, informasi, fakta, ide, manusia, dan lain sebagainya yang memfasilitasi proses belajar bagi siswa (Yusuf, 2010).

5. AECT (*Association for Education and Communication Technology*), sumber belajar (*learning resources*) adalah segala sesuatu yang bersifat eksternal meliputi pesan (informasi yang berwujud ide, fakta, informasi), metode, media, manusia yang bertindak sebagai penyampai pesan, bahan, peralatan merupakan segala sesuatu berupa software atau hardware untuk mentransmisikan pesan, teknik (prosedur yang diterapkan dalam menyampaikan pesan), barang dan lingkungan sekitar tempat memperoleh informasi atau pesan yang digunakan oleh peserta didik baik secara individu maupun dalam kombinasi.

Berdasarkan beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli pendidikan dapat disimpulkan bahwa sumber belajar (*learning resources*) segala sesuatu yang dapat digunakan siswa sehingga menimbulkan proses belajar.

2.2.2 Jenis Sumber Belajar

1) Sumber belajar berbasis manusia adalah ketika guru berperan sebagai inti utama sumber belajar, berfungsi sebagai pengirim pesan, penyedia informasi, penyaji materi, dan peran lainnya.
2) Sumber belajar berbasis cetakan yaitu mencakup semua materi yang dicetak, seperti buku, majalah, ensiklopedi, brosur, koran, poster, peta, dan lain sebagainya.
3) Sumber belajar berbasis visual yaitu sumber belajar yang bersumber dari visual atau penglihatan, misalnya melalui gambar.
4) Sumber belajar berbasis audio-visual yaitu sumber belajar yang melibatkan unsur suara dan penglihatan, seperti video rekaman dan sejenisnya.
5) Sumber belajar berbasis komputer yaitu sumber belajar yang menggunakan komputer sebagai alat dan materi ajarannya.

2.2.3 Fungsi Sumber Belajar

Sumber belajar memiliki beberapa fungsi dan peranan yaitu:

1. Meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran dengan memberikan dukungan kepada guru dalam pengelolaan waktu, aliran informasi, dan penurunan beban kerja, sehingga lebih banyak waktu tersedia untuk bimbingan dan pengembangan minat belajar.

2. Menyajikan peluang pendidikan yang lebih personal dengan mengurangi keterbatasan pendekatan pengawasan guru, memberikan ruang bagi siswa untuk tumbuh dan berkembang sesuai dengan kemampuan dan potensi masing-masing.
3. Memastikan landasan pembelajaran berkualitas dengan merancang program pendidikan yang terstruktur dan meningkatkan materi ajar melalui penelitian mendalam.
4. Meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memperkuat keterampilan manusia melalui berbagai media komunikasi, menyajikan informasi dan data secara jelas, mudah, dan terperinci.
5. Dengan peningkatan sumber belajar, baik guru maupun siswa akan merasakan peningkatan produktivitas, motivasi, dan minat belajar, mencapai tingkat keberhasilan belajar yang optimal melalui pendekatan individual, pengelolaan pembelajaran terstruktur, dan pemanfaatan multimedia dalam proses pengajaran.

2.3 Inventarisasi

Inventarisasi dalam dunia tumbuhan merupakan kegiatan untuk mengumpulkan data dan informasi tentang jenis-jenis tumbuhan yang ada di suatu daerah atau lokasi tertentu. Inventarisasi tumbuhan dapat dilakukan untuk berbagai tujuan, seperti untuk mengetahui keanekaragaman hayati, menentukan potensi dumber daya alam yang tersedia. Kegiatan inventarisasi meliputi eksplorasi dan identifikasi tumbuhan, pengumpulan dan pencatatan data, serta penyusunan laporan hasil inventarisasi. Hasil inventarisasi tumbuhan dapat memberikan informasi yang berguna bagi berbagai pihak, seperti pemerintah, peneliti, pelaku industri, dan masyarakat setempat dalam pengelolaan dan pelestarian tumbuhan serta sumber daya alam secara berkelanjutan.

Langkah-langkah dalam kegiatan inventarisasi:

1. Menentukan tujuan dan cakupan inventarisasi
2. Menyiapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan
3. Melakukan survey awal untuk mengetahui kondisi lingkungan dan potensi jenis tumbuhan yang ada di lokasi inventarisasi
4. Mengumpulkan data tentang jenis tumbuhan

5. Menyimpan data inventarisasi
6. Menganalisis dan menginterpretasikan data inventarisasi untuk mendapatkan informasi yang berguna.
7. Menyusun laporan hasil inventarisasi tumbuhan.

2.4 Tinjauan tentang Candi Sumberawan

Lokasi candi Sumberawan berada di Dusun Sumberawan, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Candi Sumberawan terletak di daerah pegunungan, tepatnya di lereng Gunung Arjuno, yang terletak di bagian timur Pulau Jawa dengan ketinggian 650 m di atas permukaan laut, yang memiliki luas kawasan sebesar 18,50 Ha (Soka et al., 2021). Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2018), suhu rata-rata di Kabupaten Malang berkisar antara 19,1°C hingga 26,6°C. Kelembaban udara rata-rata berada dalam rentang 71% hingga 89%, dan curah hujan rata-rata berkisar antara 2 mm hingga 780 mm. Menurut Ramli dan Wikantiyoso (2018) lingkungan sekitar Candi Sumberawan masih terjaga kelestariannya dikelilingi dengan hutan pinus dan bambu yang dikelola dinas perhutani, dengan udara yang sejuk dan segar serta pemandangan yang indah. Sebagian besar area sekitar candi merupakan lahan hutan, pertanian, perkebunan, sungai dan perumahan penduduk (Soka et al., 2021). Candi Sumberawan beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun. Berdasarkan kondisi fisik Candi Sumberawan yang berada di daerah pegunungan, menjadikan tempat ini sebagai habitat yang ideal bagi pertumbuhan *Pteridophyta*. Dipilihnya kawasan ini sebagai tempat penelitian karena belum adanya penelitian perihal keanekaragaman *Pteridophyta* yang ada di kawasan Candi Sumberawan.

2.5 Indeks Keanekaragaman Jenis (H') dan Indeks Kelimpahan Jenis (e) Tumbuhan Paku

2.5.1 Indeks Keanekaragaman Jenis (H')

Indeks keanekaragaman jenis mengukur sejauh mana spesies-spesies dalam suatu komunitas memiliki distribusi yang merata atau heterogen. Salah satu indeks keanekaragaman jenis yang umum digunakan adalah Indeks Shannon-Wiener (H’). Rumus umumnya adalah:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi \ \ln Pi$$

Keterangan:

H’ = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

Pi = Jumlah individu suatu jenis / jumlah total seluruh spesies (ni/N)

ni = Jumlah individu jenis ke-i

N = Jumlah seluruh inividu

S = Jumlah jenis

Kriteria nilai indeks keanekaragaman menurut Shanon-Wiener (H’) dalam (Gunawan & Huda, 2020) adalah sebagai berikut:

a. Nilai H’<1 menunjukan keanekaragaman rendah

b. Nilai H’ 1<H’≤ 3 menunjukan keanekaragaman sedang

c. Nilai H’ > menunjukan keanekaragaman tinggi

Tingkat keanekaragaman jenis yang tinggi biasanya menunjukkan ekosistem yang stabil dan sehat karena adanya variasi spesies.

2.5.2 Indeks Kelimpahan Jenis (e)

Indeks kelimpahan jenis mengukur jumlah individu dalam suatu spesies dalam suatu komunitas. Indeks ini memberikan informasi tentang dominansi spesies dan distribusi jumlah individu di antara spesies-spesies tersebut yang dapat dihitung dengan rumus:

$$e = \frac{H'}{Log\ S}$$

Keterangan:

e = Indeks kelimpahan jenis

H’ = Indeks keanekaragaman jenis

S = Jumlah jenis yang di amati

Indeks kelimpahan jenis membantu mengidentifikasi spesies-spesies yang dominan dalam suatu ekosistem dan dapat memberikan petunjuk tentang stabilitas ekosistem.

2.6 Syarat-syarat Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar

Hasil penelitian dapat digunakan menjadi sumber belajar dengan memenuhi

syarat yang berlaku. Syarat hasil penelitian dapat digunakan sebagai sumber belajar menurut Suhardi (2012) terdiri dari enam yaitu meliputi: (1) kejelasan potensi ketersediaan objek dan masalah yang dianalisis, (2) kesesuaian dengan tujuan belajar yang ingin dicapai, (3) sasaran materi dan peruntukannya, (4) informasi yang akan diungkap, (5) pedoman eksplorasi yang jelas, (6) hasil yang dicapai.

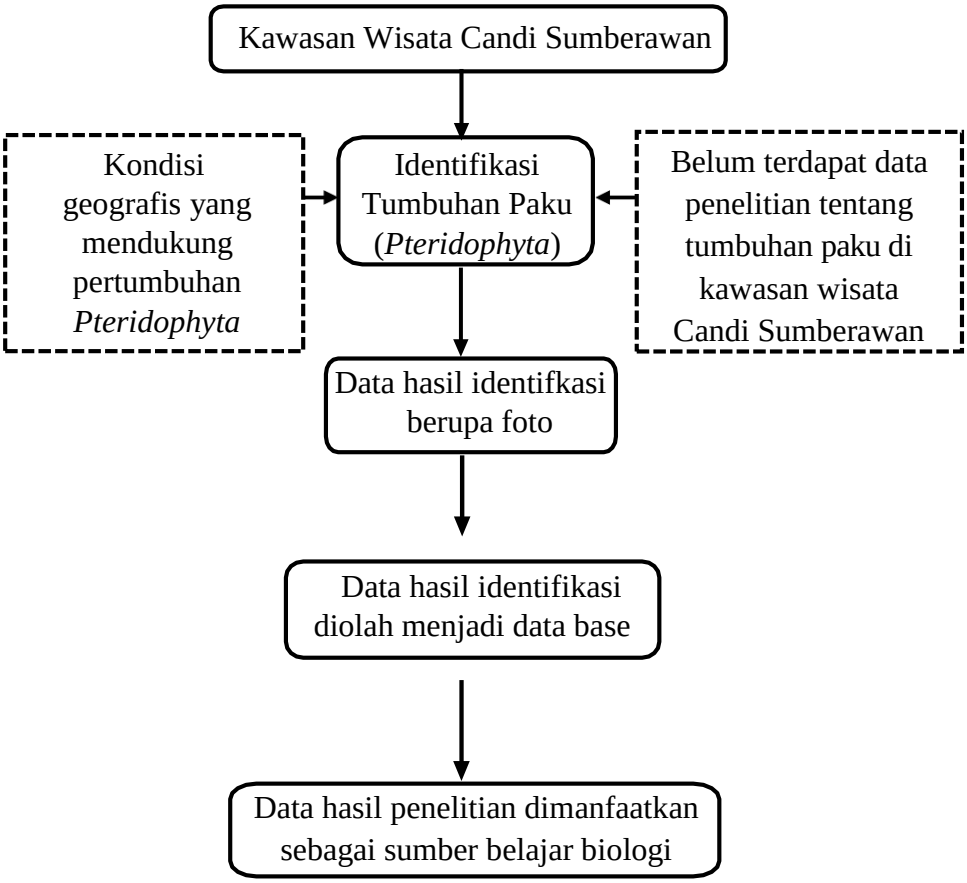
Tabel 2.1 Syarat dan Deskripsi Syarat Hasil Penelitian digunakan sebagai Sumber Belajar

No	Syarat hasil penelitian digunakan sebagai sumber belajar	Deskripsi Syarat
1.	Kejelasan potensi ketersediaan objek dan masalah yang dianalisis	Hasil penelitian harus mampu mengungkapkan objek dan fenomena yang memiliki potensi menjadi sumber belajar yang baik dengan cara menentukan apakah objek dan masalah yang terkait tersedia dan sesuai terhadap capaian yang diharapkan dalam kurikulum (Munajah & Susilo, 2015).
2.	Kesesuaian dengan tujuan belajar yang ingin dicapai	Kesesuaian hasil penelitian terhadap kompetensi dasar (KD) berdasarkan kurikulum 2013.
3.	Sasaran materi dan peruntukannya	Ketepatan sasaran merujuk pada kejelasan dari objek dan subjek belajar yang ada (Eurika & Hapsari, 2017).
4.	Informasi yang akan diungkap	Ketetapan informasi yang diungkap berdasarkan hasil penelitian ditinjau dari dua aspek yakni proses dan produk penelitian yang sesuai

		dengan Kurikulum.
5.	Pedoman eksplorasi yang jelas	Ketepatan pedoman eksplorasi yakni diperoleh dari penelitian yang didasarkakan pada prosedur kerja meliputi penentuan objek penelitian, penggunaan alat dan bahan, penyusunan prosedur kerja, penentuan analisis data, serta penarikan kesimpulan.
6.	Hasil yang dicapai	Ketepatan hasil dari proses dan produk penelitian berupa sumber belajar yang dapat diterapkan pada kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan belajar biologi yang meliputi aspek kognitif, aspek afektif, serta aspek psikomotorik (Munajah & Susilo, 2015).

2.7 Kerangka Konseptual

Berikut kerangka konsep penelitian ini disusun secara skematis:



Gambar 2.19 Kerangka Konseptual