

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Tumbuhan Paku

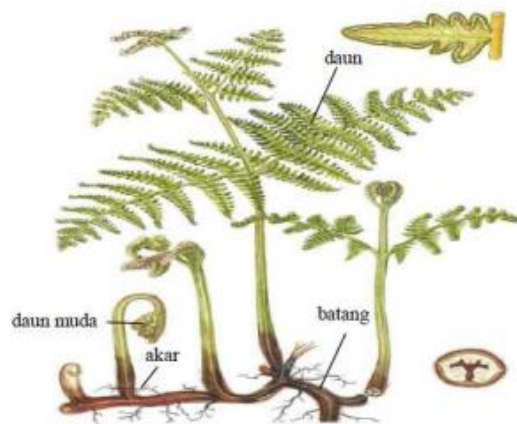
2.1.1.1 Tumbuhan Paku Secara Umum

Tumbuhan paku merupakan suatu subdivisi dari Tracheophyta yang jelas sudah mempunyai kormus, artinya tumbuhan tersebut dapat dibedakan antara akar, batang dan daunnya (Dewanti et al., 2020). Tumbuhan paku merupakan tumbuhan tingkat rendah yang hampir dapat dijumpai pada setiap wilayah di Indonesia. Sebagai tumbuhan tingkat rendah, tumbuhan paku lebih maju dari pada lumut karena sudah ada sistem pembuluh, sporofitnya hidup bebas, berumur panjang, dan dikelompokkan dalam satu divisi yang jenis-jenisnya telah jelas mempunyai kormus. Tumbuhan paku dapat hidup epifit, higrofit, hidrofit, dan hidup pada sisa-sisa tumbuhan lain (Wahyuningsih et al., 2019). Selain itu, tumbuhan paku memiliki habitat tersebar di seluruh bagian bumi, namun paling banyak ditemukan hidup di tropika.

Menurut Mirna (dalam Jannah et al. 2019), tumbuhan paku memiliki banyak manfaat bagi manusia, yaitu sebagai tanaman hias sebagai contoh *Platyserium*, *Adiantum*, *Asplenium* dan *Sellaginella*; sebagai sayuran yaitu *Marsilia crenata*, *Pteridium aquilinu*; sebagai dekorasi dan karangan bunga yaitu *Gleichenia linearis*, sebagai bahan pembersih yaitu *Equisetum*, sebagai bahan obat-obatan yaitu *Aspidium filixmas*, *Lycopodium clavatum*. Selain itu, tumbuhan paku juga memiliki peran dalam ekosistem hutan yaitu berperan dalam pembentukan humus dan melindungi tanah dari erosi.

2.1.1.2 Morfologi Tumbuhan Paku

Dari segi morfologinya, anggota tumbuhan paku telah jelas memiliki kormus, sehingga secara nyata dapat dibedakan bagian antara akar, batang dan daun sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Struktur Morfologi Tumbuhan Paku
Sumber: (Sianturi et al., 2020)

1) Akar

Akar pada tumbuhan paku biasanya tumbuh dari batang tumbuhan paku yang dikenal sebagai rimpang (*rhizome*). Rimpang ini dapat berupa rimpang menjalar (*creeping*) yang tersebar/merayap di tanah atau bahkan memanjat pada batang pohon atau cabang, rimpang tegak (*caudex/root-stock*) dan berupa batang yang besar (*trunk*) (Agrawal et al., 2017). Rimpang (*rhizome*) pada umumnya ditutupi dan dilindungi oleh sisik atau rambut yang berfungsi untuk melindungi dari kerusakan dan memperkuat rimpang.

2) Daun

Daun pada tumbuhan paku pada umumnya dikenal dengan istilah ental (Frond). Daun tumbuhan paku terdiri atas helaian daun (lamina) dan tangkai (stipe). Daun tumbuhan paku umumnya mengumpul atau menyebar di sepanjang stipe dan rachis. Beberapa tumbuhan paku, ada yang memiliki daun berukuran kecil seperti sisik, berupa helaian dan hanya dilengkapi dengan satu pertulangan saja yang dinamakan dengan mikrofil, serta ada juga yang memiliki daun berukuran besar, bertangkai dan memiliki banyak pertulangan daun yang dinamakan dengan makrofil/megafil. Pada tumbuhan paku, terdapat dua jenis daun berdasarkan ada atau tidak adanya spora yang dihasilkan, yaitu: Fertil (Sporofil); daun yang menghasilkan spora dan Steril (Tropofil); daun yang tidak menghasilkan spora. Berdasarkan hal tersebut, sporofil dan tropofil pada tumbuhan paku biasanya memiliki ukuran dan bentuk yang sama (monomorfik), namun pada beberapa

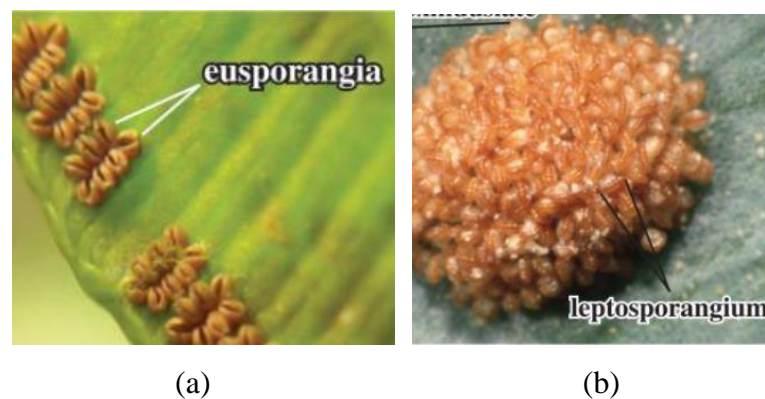
tumbuhan paku memiliki sprofil dan tropofil dengan bentuk dan ukuran yang berbeda (dimorfik) sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.2 berikut.



(a) (b)
Gambar 2.2 (a) Monomorfik; (b) Dimorfik
 Sumber: (Knapp, 2011)

3) Spora

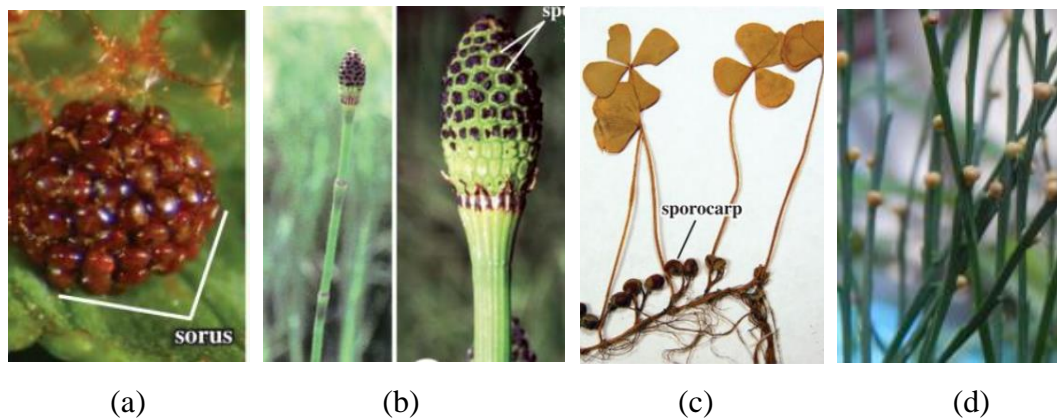
Spora dibentuk di dalam suatu selubung kotak spora yang dinamakan dengan sporangium (jamak: sporangia) (Mardiyah et al., 2016). Sporangium pada tumbuhan paku dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu eusporangia dan leptosporangia. Eusporangia memiliki ukuran yang relatif besar dan berasal dari beberapa sel epidermis, membentuk dinding sporangium yang terdiri dari beberapa lapisan sel, serta menghasilkan spora yang sangat banyak. Sedangkan leptosporangia berasal dari suatu lapis sel epidermis serta membentuk dinding sporangium yang terdiri dari satu lapis sel. Sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.3 berikut.



(a) (b)
Gambar 2.3 Tipe-tipe Sporangia
 (a) Eusporangia; (b) Leptosporangia
 Sumber: (Simpson, 2010)

Adapaun Tipe-tipe sporangia berdasarkan letaknya antara lain:

- Sorus : letaknya paling banyak ditemukan atau kebanyakan di tumbuhan paku, sporangia tumbuh secara berkelompok dalam suatu bentuk yang dikenal sebagai sorus, kumpulan dari sorus inilah dinamakan dengan sori.
- Strobilus : sporangia membentuk suatu karangan bangun kerucut bersama sporofilnya, letak Sporangia pada tumbuhan paku yang termasuk ke dalam kelas Lycopodiopsida dan sub kelas Equisetidae umumnya terletak pada suatu sistem tunas terminal.
- Sporakarpium : sporangia dibungkus oleh daun buah (karpelum). Terdapat pada pada *salvinia*, *marsilea*, *azolla* dan paku air lainnya.
- Synangium : memiliki sporangia terdiri dari 2–3 lobus dan terletak pada ketiak daun pelindung dan termasuk ke dalam Psilotales. Sebagaimana yang tercantum pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Variasi Letak Sporangia
 (a) Sorus; (b) Strobilus; (c) Sporokarp; (d) synangium
 Sumber: : (Simpson, 2010)

2.1.1.3 Klasifikasi Tumbuhan Paku

Menurut Integrated Taxonomic Information System System (2022) Tracheophyta memiliki 3 anak divisi yaitu Lycopodiophytina, Polypodiophytina dan Spermatophytina. Namun yang termasuk kedalam tumbuhan paku hanya 2 sub-divisi saja yaitu Lycopodiophytina dan Polypodiophytina, sebagaimana yang tercantum pada gambar 2.5 berikut.

Taxonomic Hierarchy	
Kingdom	Plantae - plantes, Planta, Vegetal, plants
Subkingdom	Viridiplantae - green plants
Infrakingdom	Streptophyta - land plants
Superdivision	Embryophyta
Division	Tracheophyta - vascular plants, tracheophytes
Direct Children:	
Subdivision	Lycopodiophytina
Subdivision	Polypodiophytina
Subdivision	Spermatophytina - spermatophytes, seed plants,

Gambar 2. 5 Klasifikasi Tumbuhan Paku

Sumber: (Integrated Taxonomic Information System, 2022)

2.1.1.3.1 Sub-divisi Lycopodiophytina

Lycopodiophytina merupakan salah satu sub-divisi dari Tracheophyta, yang mana pada sub-divisi memiliki 1 Kelas yaitu Lycopodiopsida dan 3 Bangsa yaitu Isoetales, Lycopodiales dan Selaginellales.

1) Kelas Lycopodiopsida

Kelas ini memiliki bentuk batang dan akarnya bercabang menggarpu. Daun yang tergolong dalam mikrofil atau daun kecil, tidak bertangkai dan bertulang daun satu pada beberapa ordo dan daun daunnya mempunyai ligula. Spora dihasilkan oleh strobilus, dibentuk di ujung cabang. Daun yang kecil menunjukkan bahwa tumbuhan ini masih rendah tingkat perkembangannya. Kelas lycopodiopsida ini dibedakan menjadi tiga Bangsa:

a. Bangsa Isoetales

Tumbuhan yang tergolong dalam bangsa ini berupa terna, sebagian hidup tenggelam di dalam air, dan sebagian juga hidup pada tanah yang basah. Batang dari tumbuhan ini seperti umbi, dan jarang sekali bercabang menggarpu. Dari batang keluar suatu rozet, daun pada pangkalnya melebar, mempunyai mesofil sederhana, dan pada sisi atas memiliki suatu cekungan yang dinamakan foveum. Diatas foveum terdapat lidah-lidah berupa selaput berbentuk segitiga dengan pangkal yang terbenam. Ligula berguna sebagai alat penghisap air dan zat-zat makanan. Terdiri atas satu suku saja yaitu Isoetaceae contoh spesiesnya antara lain *Isoetes lacustris*, *I. echinasporum*, *I. duvieri* dan *I. maritima*, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.6 berikut (Tjitrosoepomo, 2011).



Gambar 2.6 *Isoetes lacustris*, salah satu jenis dari bangsa Isoetales
Sumber: (Rahmi 2018)

b. Bangsa Lycopodiales

Menurut (Tjitrosoepomo, 2011) menjelaskan bahwa pada bangsa ini batang mempunyai berkas pengangkut yang masih sederhana, tumbuh tegak atau berbaring dengan cabang cabang yang menjulang ke atas. Daun-daun berambut, berbentuk garis atau jarum dan mempunyai satu tulang yang tidak bercabang. Akar biasanya bercabang menggarpu. Sporofil berbentuk segi tiga sama sisi, mempunyai sporangium agak pipih, berbentuk ginjal. Letak sporangium pada sisi atas daun dekat dengan pangkalnya. Terdiri dari suku Lycopodiaceae contohnya *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium cernuum*, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 *Lycopodium cernuum*, salah satu jenis dari bangsa lycopodiales
Sumber: (Sofiyanti dan Isda 2019)

c. Bangsa Selaginellales

Anggota dari bangsa ini, yang sering dijumpai adalah spesies dari *Selaginella wildenowii*. Merupakan tumbuhan paku rane atau paku lumut sehingga sangat banyak ditemukan di bawah naungan namun terkadang juga ada yang hidup di tempat terbuka. Memiliki ciri-ciri diantaranya yaitu memiliki batang yang tegak, namun ada juga yang merambat memiliki sisik halus, percabangan menyirip. Ental berwarna hijau, bulat lonjong, licin dan agak kaku. Ental subur dalam bentuk strobili berbentuk tabung (Widiyanto et al., 2017). Terdiri dari satu suku yaitu Selaginellaceae, contohnya *Selaginella plana*, *Selaginella willdenowii*, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 *Selaginella wildenowii*, salah satu jenis dari bangsa Selaginellales
Sumber: (Widiyanto et al., 2017)

2.1.1.3.2 Sub-divisi Polypodiophytina

Polypodiophytina merupakan salah satu sub-divisi dari Tracheophyta, yang mana pada sub-divisi memiliki 1 Kelas yaitu Polypodiopsida dan 11 Bangsa yaitu Cyatheales, Equisetales, Gleicheniales, Hymenophyllales, Marattiales, Ophioglossales, Osmundales, Polypodiales, Psilotales, Salviniiales dan Schizaeales.

1) Kelas Polypodiopsida

Pada kelas Polypodiopsida telah dapat dibedakan akar, batang dan daunnya, spora yang dihasilkan pada sporofit terutama dibawah daun dan daun mudanya menggulung. Kelas polypodiopsida ini memiliki 11 Bangsa dari subkelas yang berbeda-beda.

a. Bangsa Equisetales

Bangsa ini sebagian tumbuh di darat dan sebagian tumbuh di rawa. Di dalam tanah tumbuhan ini mempunyai semacam rimpang yang merayap, dengan cabang yang berdiri tegak itu hanya mencapai umur 1 tahun. Batang atau cabang beralur dan terdiri atas ruas-ruas yang panjang. Pada penampang melintang, batang kelihatan mempunyai suatu lingkaran berkas-berkas pengangkut kolateral, dua lingkaran saluran-saluran antar sel dan satu ruangan udara lisigen di pusat. Berkas pengangkut mempunyai susunan konsentris. Pada buku-buku batang terdapat suatu karangan daun serupa selaput atau sisik, berbentuk meruncing, mempunyai satu berkas pengangkut yang kecil. Beberapa contoh jenis paku ekor kuda yang masih hidup dan ditemukan di Indonesia antara lain *Equisetum debile*, *Equisetum hiemale*, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.9 berikut (Tjitrosoepomo, 2011).



Gambar 2.9 *Equisetum hiemale*, salah satu jenis dari bangsa Equisetales
Sumber: (Sianturi et al., 2020)

b. Bangsa Marattiales

Merupakan paku terrestrial yang memiliki perawakan yang besar sehingga sering disebut dengan “king of fern”. Akar serabut menjalar. Batang tegak, bentuk batang rimpang pendek, tinggi batang mencapai 1 m, bagian pangkal batang bersisik-sisik. Daunnya berwarna hijau, menyirip tunggal, ujung anak daun meruncing, kedudukan daun berselang-seling. Sorus, terletak di bawah daun, menyebar tidak beraturan, bentuk sorus bulat, warna coklat muda, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.10 berikut (Widiyanto et al., 2017).



Gambar 2.10 *Angiopteris avecta*, salah satu jenis dari bangsa Marattiales
Sumber: (Widiyanto et al., 2017)

c. Bangsa Ophioglossales

Tumbuhan ini biasanya mempunyai batang di dalam tanah yang pendek, pada bagian bawah masih mempunyai protosteles, tetapi ke atas mengadakan diferensiasi dalam berkas pengangkutnya. Daun biasanya mempunyai bagian yang khusus untuk asimilasi, dan bagian lain yang fertil yang menghasilkan alat-alat reproduksi. Bagian daun yang fertil itu berbentuk malai atau bulir dan keluar dari tangkai, dari pangkal, dari tengah, atau dari tepi daun yang steril. Sporangium besar, hampir bulat, tidak mempunyai anulus, dindingnya kuat, membuka dengan suatu retak melintang atau membujur. Contoh spesiesnya *Ophioglossum reticulatum*, *Botrychium ternatum* dan *Helminthostachys zeylanica*, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.11 berikut (Tjitrosoepomo, 2011).



Gambar 2.11 *Botrychium daucifolium*, salah satu jenis dari bangsa Ophioglossales
Sumber: (Fatahillah et al., 2018)

d. Bangsa Psilotales

Dari bangsa ini ada spesies (warganya) yang sekarang masih hidup yaitu marga psilotum, yang berupa terna kecil rendah dan bercabang-cabang menggarpu. Kumpulan sporangium bernama sinangium berada diketiak ruas batang. Tumbuhan ini sama sekali tidak berakar, hanya mempunyai tunas-tunas tanah dengan rhizoid-rhizoid, dan pada batangnya terdapat mikrofil (daun-daun kecil) berbentuk sisik, tidak bertulang dan tersusun jarang jarang dalam garis spiral. Contoh: *Psilotum nodum*, yang masih terdapat di pulau jawa, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.12 berikut (Sianturi et al., 2020).



Gambar 2.12 *Psilotum nodum*, salah satu jenis dari bangsa Psilotales
Sumber: (Renjana dan Firdiana 2020)

e. Bangsa Cyatheales

Merupakan jenis paku tiang berhabitat terrestrial memiliki panjang kurang lebih sekitar 2 m. Memiliki ciri perawakan ramping, berbatang hitam yang ditutupi oleh akar-akar kasar, rapat dan tebal, warnanya hitam. Pada batang tersebut terdapat lekukan-lekukan dangkal bekas tangkai daun melekat. Batangnya dengan pangkal batang menebal. Ental biasanya berduri keras, berbulu coklat halus dan menyirip ganda. Helaian daun bertoreh dalam dan letaknya berpasang-pasangan. Tidak mempunyai indusium. Sorus (kotak spora), berkelompok atau berbaris berdekatan dengan ibu tulang daun, bentuknya bulat, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.13 berikut (Widiyanto et al., 2017).



Gambar 2.13 *Cyathea* sp, salah satu jenis dari bangsa Cyatheales (2) Sisik batang: (3) *Circinatus*
Sumber: (Sianturi et al., 2020)

f. Bangsa Gleicheniales

Merupakan paku yang tumbuh teresterial atau pada tanah, paku ini dapat tumbuh di bawah naungan ataupun di tempat terbuka. Akar serabut, batang tegak, dengan percabangan dua dan masing- masing cabang itu akan bercabang dua lagi dan seterusnya. Di saat batang masih muda permukaan batang ditutupi bulu yang berwarna hitam setelah dewasa batangnya licin dan berwarna coklat muda. Bentuk daun menjari. Sorus terletak di setiap anak daun. Hal ini sejalan dengan pendapat Sofiyanti et al. (2020) yang mengatakan *Dicranopteris linearis* tumbuh Terrestrial. Habitat di daerah terbuka atau ditepi jalan. Habitus semak. Percabangan dikotom, panjang bisa mencapai 10 m atau lebih. Batang Coklat kehijauan, mengkilat. Daun majemuk ganda. Sorus berada disepanjang tepi tulang anak daun, berbentuk bulat, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.14 *Dicranopteris linearis*, salah satu jenis dari bangsa Gleicheniales
Sumber: (Sianturi et al., 2020)

g. Bangsa Hymenophyllales

Hidup secara epifit pada batang pohon. Rhizomenya short creeping. Memiliki stipe yang berwarna coklat. Percabangannya pinnatus pinnatifid. Memiliki spora di ujung daun, mempunyai indisium berbentuk piala atau bibir. Ciri khas pada paku ini, memiliki lamina yang transparan karena hanya tersusun oleh selapis sel, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.15 berikut (Fatahillah et al., 2018).



Gambar 2.15 *Hymenophyllum* sp., salah satu jenis dari bangsa Hymenophyllales.
Sumber: (Sianturi et al., 2020)

h. Bangsa Osmundales

Bangsa osmundales memiliki sporangium tidak tersusun berkelompok, tidak bertangkai atau hampir tidak bertangkai, tanpa annulus, tetapi mempunyai sekelompok sel berdinding tebal, Sporangium tersebar, kadang-kadang menutupi sebagian besar permukaan daun. Indusium tidak ada, tidak terdapat sisik-sisik, tetapi pada daun-daun yang muda seringkali terdapat rambut-rambut yang menghasilkan lendir, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.16 berikut (Tjitrosoepomo, 2011).



Gambar 2.16 *Osmunda spectabilis*, salah satu jenis dari bangsa Osmundales.
Sumber: (Sylvestre et al., 2022)

i. Bangsa Polypodiales

Tumbuhan paku khususnya Suku Polypodiaceae merupakan tumbuhan paku dengan anggota yang terbanyak. Karakteristik suku Polypodiaceae memiliki kesamaan antara jenisnya yaitu rimpang atau rhizom yang merayap panjang dan bercabang, daun sederhana atau menyirip, memiliki sorus yang terletak di tepi atau di dekat tepi daun (Wulandari Et Al. 2016).

Salah satu jenis yang sering dijumpai dari bangsa ini adalah *Pyrosia angustata*. *Pyrosia angustata* merupakan paku epifit dan ada juga yang hidup likofit (menempel pada batu). Memiliki ciri-ciri akar rimpang berserabut. Batang berupa rhizome yang menjalar. Daun berwarna hijau, agak tebal, bentuk daun linear, memiliki tepi daun yang rata, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.17 berikut (Widiyanto et al., 2017).



Gambar 2.17 *Pyrosia angustata*, salah satu jenis dari bangsa Polypodiales.
Sumber: (Widiyanto et al., 2017)

j. Bangsa Salviniales

Bangsa ini memiliki 2 suku yaitu Marsileaceae dan Salviniaceae. Pada Marsileaceae memiliki ciri ental menyerupai payung dengan empat anak daun yang berhadapan, sporangium pada pangkal tangkai daun dan tangkai cukup panjang. Sedangkan pada Salviniaceae kelompok paku air yang mengapung dengan bebas pada permukaan air, hanya sedikit bercabang-cabang daun berkarang, pada tiap-tiap buku terdapat 3 daun. Contoh *Salvina natans*, *Marsilea crenata*, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.18 *Marsilea crenata*, salah satu jenis dari bangsa Salviniales.
Sumber: (Sianturi et al., 2020)

k. Bangsa Schizaeales

Salasatu jenis yang sering dijumpai pada bangsa ini adalah *Lygodium circinatum*. Tumbuhan paku ini termasuk dalam suku Lygodiaceae dan dikenal dengan nama daerah paku ribu-ribu. Pada umumnya anggota suku ini mempunyai batang bercabang dan menjalar dengan ental panjang serta majemuk berselingan. Tumbuhan ini dapat ditemukan di tempat-tempat terbuka yang mendapat sinar matahari langsung. Paku ini berakar di dalam tanah berwarna coklat. *L. circinatum* tumbuh menjalar atau merambat pada tumbuhan lain yang berada di dekatnya. Batangnya berwarna coklat muda, berbentuk bulat, berukuran kecil dan sangat kuat. Tumbuhan ini mempunyai daun yang berwarna hijau. Daunnya bertekstur tipis dan kuat, ujungnya runcing dan tepinya bergerigi, sedangkan bagian abaksialnya berwarna lebih muda, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.19 berikut (Riastuti et al., 2018).



Gambar 2.19 *Lygodium scandens*, salah satu jenis dari bangsa Schizeales.
Sumber: (Riastuti et al., 2018)

2.1.1.4 Habitat tumbuhan paku

Berdasarkan cara hidupnya ada jenis-jenis paku yang hidup di atas tanah (terrestrial), ada yang hidupnya menumpang pada tumbuhan lain (epifit), dan ada paku air (higrofit) (Kinho, 2009). Ukuran dan habitat tumbuhan paku bervariasi mulai dari yang sangat kecil karena minimnya nutrisi pada tempat tumbuhnya, hidup secara epifit, hidup di tanah, di atas batu, di air, hidup sendiri maupun berkelompok, sampai ukuran yang besar yang hidup merambat di atas batu karang. Menurut LUGRAYASA (dalam SAHERTIAN dan TETELEPTA 2022). Tumbuhan paku memiliki daya adaptasi yang cukup tinggi, sehingga tidak sulit menjumpai tumbuhan paku karena dapat hidup di mana-mana, diantaranya di daerah lembab dan di bawah pohon, di pinggiran sungai, di lereng terjal, di pegunungan bahkan banyak yang sifatnya menempel pada batang pohon, tembok dinding, batu atau tumbuh di atas tanah, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.20 berikut



Gambar 2.20 Tumbuhan Paku yang menempel pada batang pohon dan tembok dinding

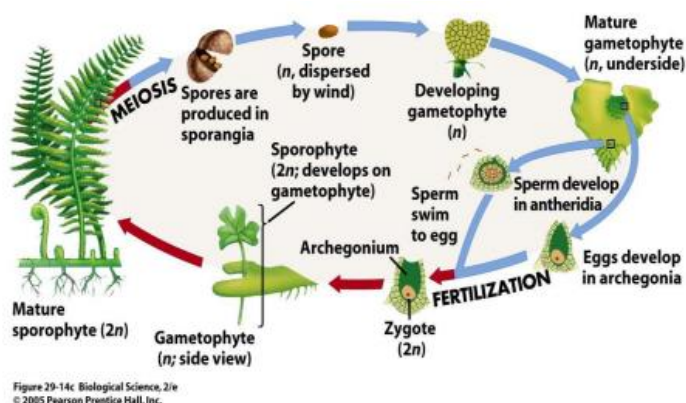
Sumber: Dokumentasi Pribadi.

Selain itu, tumbuhan paku dapat tumbuh pada habitat yang berbeda, tumbuhan paku dapat ditemukan tersebar luas seperti di daerah tropis, hutan primer hutan sekunder, alam terbuka, dataran rendah hingga dataran tinggi, lingkungan yang lembab, basah, rindang, kebun tanaman hingga pinggir jalan.

2.1.1.5 Daur Hidup tumbuhan paku

Daur hidup tumbuhan paku mengenal pergiliran keturunan, yang terdiri dari dua fase utama: gametofit dan sporofit. Tumbuhan paku yang sering dilihat merupakan bentuk fase sporofit karena menghasilkan spora.

Pada fase gametofit, spora yang dilepaskan oleh sporangium yang mendarat di lingkungan yang cocok akan tumbuh menjadi protalium. Pada protalium berkembang anteridium (jantan) untuk memproduksi sel sperma dan arkegonium (betina) untuk memproduksi sel telur. Fertilisasi terjadi ketika sel sperma berenang menggunakan flagelnya menuju sel telur dengan bantuan sekret yang dikeluarkan oleh arkegonium dan kemudian membentuk zigot. Zigot berkembang menjadi sporofit yang sementara mendapatkan nutrisi dari protalium hingga protalium tersebut mati. Pada fase sporofit spora direproduksi kembali dibagian permukaan bawah daun. Sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.21 berikut.



Gambar 2.21 Siklus Hidup Tumbuhan Paku
(Riastuti et al., 2018)

2.1.1.6 Manfaat Tumbuhan Paku

Menurut Rismunandar (dalam Purnawati et al. 2014), Tumbuhan paku-pakuan mempunyai peranan yang sangat penting dalam ekosistem hutan dan manusia. Dalam ekosistem hutan, tumbuhan paku-pakuan berperan dalam

pembentukan humus dan melindungi tanah dari erosi, sedangkan manfaat bagi kehidupan manusia, tumbuhan paku-pakuan dapat digunakan sebagai sayur-sayuran, kerajinan tangan, tanaman hias maupun sebagai bahan obat-obatan tradisional. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Nasution et al., 2018) yang mengatakan bahwa tumbuhan paku memiliki peranan penting dalam pembentukan humus, melindungi tanah dari erosi dan menjaga kelembaban tanah. Selain itu juga tumbuhan paku memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi sebagai tanaman hias.

Tumbuhan paku telah umum digunakan sebagai sumber makanan seperti sayuran. Menurut (Sujarwo et al., 2014) menyatakan bahwa beberapa jenis tumbuhan paku antara lain *Blechnum orientale*, *Diplazium esculentum*, *D. repandum*, dan *Pneumatopteris callosa* digunakan sebagai sayuran oleh masyarakat lokal di Bali. Tumbuhan Paku juga banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias, bahan bangunan, dan kerajinan tangan (Ridianingsih et al., 2017).

2.1.1.7 Pengaruh Faktor Lingkungan bagi Tumbuhan Paku

Faktor abiotik yang berpengaruh bagi pertumbuhan tracheophyta (tumbuhan paku) antara lain; suhu lingkungan, kelembaban tanah, pH tanah, intensitas cahaya, dan ketinggian.

1) Derajat Keasaman (pH)

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan paku adalah pH Tanah. Tumbuhan paku menyukai atau biasa hidup di pH tanah yang berkisar 6-7. Apabila pH tanah < 7 bersifat asam, sedangkan pH tanah > 7 bersifat basa. (Sujarwo et al., 2014) menyatakan bahwa sebagian besar paku-pakuan yang hidup di hutan tumbuh subur pada tanah dengan pH asam antara 5,5 – 6,5, tetapi di daerah berbatu paku-pakuan membutuhkan pH yang lebih basa, yaitu 7-8. Menurut Permana (dalam Wahyuningsih et al. 2019) menyatakan bahwa pengaruh pH tanah terhadap penyerapan zat hara dan pertumbuhan meliputi pengaruh dari zat beracun dan kelembaban zat hara.

2) Suhu Udara

Selain faktor dari pH tanah, ada suhu yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan paku (Miftaahhul Janna, 2020). Tumbuhan paku menyukai suhu yang sejuk dan kelembaban yang tinggi. Menurut (Sujarwo et al., 2014) suhu

yang dikehendaki oleh tumbuhan paku yang tumbuh di daerah tropis umumnya berkisar pada 21 – 27 C.

3) Kelembaban Tanah

Selain itu terdapat kelembaban tanah, Tingkat kelembaban 3% ialah persentase terendah yang masih dapat ditoleransi oleh tumbuhan paku untuk pertumbuhannya. Kelembapan relatif yang baik bagi pertumbuhan tumbuhan paku pada umumnya berkisar antara 6-8% bahkan bisa lebih dari itu. Kelembaban tanah berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara dan laju pertumbuhan. Tumbuhan paku memiliki tingkat toleransi tertentu terhadap kondisi lingkungannya agar tetap hidup dan berkembang. Jika kondisi lingkungan berubah melebihi tingkat toleransinya, maka akan mengakibatkan kemusnahan tumbuhan dari habitat tersebut.

4) Kelembaban Udara

Kelembaban Udara menjadi salah satu faktor abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan paku, Semakin tingginya suatu wilayah atau Kawasan maka kelembaban udaranya akan semakin tinggi. (Sujarwo et al., 2014) kelembaban relatif yang baik bagi pertumbuhan tumbuhan paku pada umumnya berkisar antara 60-80%.

5) Intensitas Cahaya

Salah satu sumber cahaya yang sangat penting bagi berlangsungnya kehidupan adalah cahaya matahari. Cahaya matahari berperan dalam proses fotosintesis terutama bagi tanaman berkorofil untuk membuat makanan, dimana adanya berbagai zat atau sumber energi yang dihasilkan dari fotosintesis akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman itu sendiri (Agustina, 2004). Menurut Hoshizaki & Moran (dalam Khoirunnisa, 2016) tumbuhan paku dapat tumbuh dengan baik jika mendapatkan intensitas cahaya antara 200-600 fc (*foot-candles*).

2.1.1.8 Pengaruh Ketinggian terhadap Diversitas Tumbuhan Paku

Ketinggian sangat berpengaruh pada pertumbuhan suatu tanaman karena ketinggian merupakan faktor klimatiks yang mempengaruhi seluruh elemen-elemen yang ada didalamnya seperti suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, intensitas cahaya dan pH tanah. Ketinggian suatu tempat sangat

mempengaruhi iklim didalamnya, terutama curah hujan dan suhu udara. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Istiawan dan Kastono (2019) yang menyebutkan bahwa perbedaan ketinggian suatu wilayah akan berpengaruh terhadap perbedaan iklim mikro, berupa kelembaban udara, suhu udara, suhu tanah, dan kandungan lengas tanah. Hal tersebut dikuatkan dengan pendapat Ratu Pradipta et al., (2023) yang menyebutkan bahwa intensitas cahaya dan kecepatan angin yang tinggi juga dapat di pengaruhi oleh ketinggian tempat yang berhubungan dengan sedikitnya jumlah pohon sebagai naungan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan hanya beberapa jenis tumbuhan paku saja yang dapat tumbuh. Jumlah jenis tumbuhan paku berkurang atau menjadi dominan dengan semakin tinggi atau rendah suatu tempat serta faktor lingkungan lainnya yang kurang atau melebihi batas optimal, karena kondisi lingkungan yang berbeda menyebabkan setiap organisme mempunyai batas toleransi tertentu supaya dapat tetap tumbuh, bertahan hidup dan berkembang (Laeto dan Taharu 2021).

Bertambahnya ketinggian mempengaruhi tipe vegetasi dan keberadaan tumbuhan seperti tumbuhan paku, sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Saputro dan Utami (2020), yang menyebutkan pengamatan keanekaragaman tumbuhan paku pada ketinggian 1.379 mdpl lebih tinggi di bandingkan dengan ketinggian 1.396 mdpl, dikarenakan pada ketinggian tersebut sudah jarang ditemukan dan semakin homogen.

Selain itu, Ketinggian juga berpengaruh terhadap jumlah koloni lichen, sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Roniyah & Roziaty (2023), mengenai Inventarisasi *Lichen Crustose* Epifit Pada Tanaman Teh Di Kecamatan Ngargoyoso Kabupaten Karanganyar, yang menyebutkan pengamatan *Lichen crustose* pada ketinggian 1,100 m dpl ditemukan jumlah spesies tertinggi sebanyak 1.446 koloni dan pada ketinggian 900 m dpl ditemukan jumlah spesies paling sedikit sebanyak 675 koloni. Sehingga dapat diartikan bahwa persebaran *lichen* dipengaruhi oleh ketinggian, oleh karena itu semakin tinggi suatu daerah maka semakin banyak koloni *lichen* yang ditemukan.

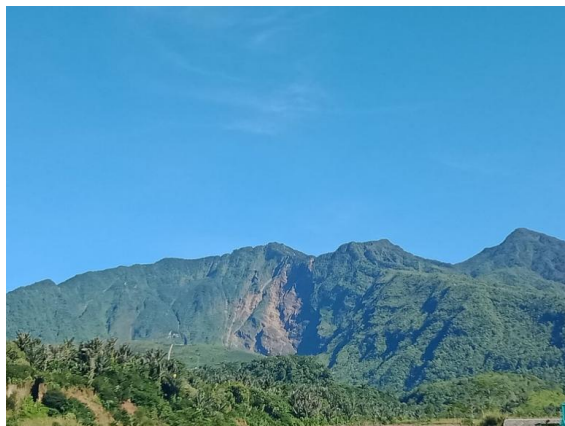
Ketinggian juga mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan jumlah edelweiss disuatu tempat, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Gemasih

Milda et al., (2017) mengenai Kerapatan Edelweis (*Anaphalis javanica*) Di Gunung Burni Telong Bener Meriah, yang menyebutkan bahwa edelweis banyak ditemukan di plot 2 pada ketinggian 2259 m dpl ulangan ke-2 yaitu 103 edelweis dibanding dengan ketinggian sebelumnya maupun setelahnya, karena pada daerah tersebut ditemukan unsur hara yang sangat cocok dengan pertumbuhan edelweis. Karena pada dasarnya diketinggian sebelumnya ataupun setelahnya banyak ditemukan tumbuhan seperti ilalang dan tumbuhan lain yaitu pakis, edelweis tidak dapat hidup didaerah tumbuhan tersebut karena dapat menghalangi cahaya mengenai edelweis, selain itu serabut yang tebal juga membuat edelweis sukar tumbuh dan tidak mampu bertahan hidup dikawasan tersebut.

2.1.2 Gunung Galunggung

Gunung Galunggung merupakan salah satu ikon tempat wisata alam yang terdapat di Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat, secara administratif wilayah Gunung api Galunggung termasuk ke dalam pemerintahan Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya, terletak sekitar 17 km dari pusat kota Tasikmalaya dan 8 km dari Ibu kota Kabupaten Tasikmalaya. Galunggung memiliki ketinggian 2.168 meter di atas permukaan air laut atau 1.820 meter dari daratan Kota Tasikmalaya dengan letak astronomis berada pada koordinat 7.25° - $7^{\circ}15'0''$ LS dan $108,058^{\circ}$ - $108^{\circ}3'30''$ BT (Mulyanie dan Hakim 2016).

Gunung Galunggung juga merupakan gunung yang masih menyimpan banyak keanekaragaman hayati dan kekayaan alam berupa flora dan fauna didalamnya. Gunung galunggung juga tercatat sebanyak 4 kali erupsi, tahun 1982-1983 merupakan tahun terakhir gunung tersebut mengalami erupsi. Saat ini Gunung Galunggung yang terletak di Kabupaten Tasikmalaya dijadikan salah satu destinasi atau tempat wisata alam yang sering dijumpai oleh para wisatawan, sebagaimana yang dicantumkan pada gambar 2.22 berikut.



Gambar 2.22 Gunung Galunggung
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)

Terdapat tiga stasiun penelitian yang akan diteliti di Kawasan Gunung Galunggung, diantaranya:

2.1.2.1 Ngarai Gunung Galunggung

Daerah ngarai ini berada di sekitar kawah gunung Galunggung, lebih tepatnya didekat kawasan bibir kawah. Daerah ngarai ini memiliki Ketinggian sekitar 1150 mdpl dengan suhu nya sekitar 22 - 25° C, kelembaban udara sekitar 81 - 92 %, kelembaban tanah sekitar 6 - 8,5%, pH tanah sekitar 6,5 - 7 dan intensitas cahaya sekitar 850-13.650 Lux. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang dan sore hari sebanyak 10x pengukuran. Berdasarkan observasi awal yang telah dilakukan, di daerah ngarai terdapat beberapa jenis tumbuhan yang ditemukan antara lain seperti tumbuhan paku, berbagai jenis tumbuhan lumut, kantung semar dan tumbuhan yang lainnya. Daerah ini tidak banyak ditumbuhi oleh tumbuhan berkayu, tetapi kebanyakan didominasi tumbuhan semak dan juga perdu.



Gambar 2.23 Ngarai Gunung Galunggung
Sumber: Dokumentasi peneliti (2022)

2.1.2.2 Curug Cikahuripan

Curug Cikahuripan adalah salah satu curug yang berada di kawasan Gunung Galunggung kabupaten Tasikmalaya. Curug ini dibuka sebagai objek wisata pada tanggal 20 juni 2020 lalu oleh KBM Ecotourism Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat dan Banten. Curug Cikahuripan memiliki jarak sekitar 1 kilometer dari kawah Gunung Galunggung. Curug ini memiliki ketinggian sekitar 60 meter dengan bentuk *landscape* yang berundak-undak (Perhutani, 2020). Daerah ini memiliki Ketinggian sekitar 900 mdpl dengan suhu nya sekitar 23 - 26° C, kelembaban udara sekitar 79 - 90 %, kelembaban tanah sekitar 5 - 8%, pH tanah sekitar 5,4 - 8 dan intensitas cahaya sekitar 600 - 8.600 Lux. Curug cikahuripan ini belum banyak diketahui oleh wisatawan, oleh karena itu, keasrian alamnya pun masih terjaga. Berdasarkan observasi awal yang telah dilaksanakan, diketahui curug cikahuripan mempunyai vegetasi yang sangat beragam dan dijumpainya beberapa spesies tumbuhan paku.



Gambar 2.24 Curug Cikahuripan
Sumber: Dokumentasi peneliti (2022)

2.1.2.3 Curug Cipanas

Curug cipanas merupakan salahsatu curug dan salahsatu objek wisata yang berada di Kawasan Gunung Galunggung kabupaten Tasikmalaya, Daerah cipanas ini memiliki Ketinggian sekitar 750 mdpl dengan suhu nya sekitar 23 - 26° C, kelembaban udara sekitar 77 - 90 %, kelembaban tanah sekitar 5,5 – 7,5%, pH tanah sekitar 7 - 8 dan intensitas cahaya sekitar 437- 490 Lux. Berdasarkan penelitian

yang telah dilakukan, Kondisi curug cipanas cukup asri dan terdapat berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh hidup seperti tumbuhan lumut, tumbuhan paku dan berbagai pohon besar dan tumbuhan lainnya.



Gambar 2.25 Kawasan Air Cipanas
Sumber: Dokumentasi peneliti (2022)

2.1.3 Bahan Ajar

Menurut Prastowo (dalam Raharjo dan I'anah, 2014) Bahan ajar merupakan segala bahan (baik informasi, alat, maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dan digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran.

Selain itu, Bahan ajar merupakan bagian dari sumber belajar, yang dimaksud dengan sumber belajar ialah asal yang mendukung terjadinya belajar, termasuk sistem pelayanan, bahan pembelajaran dan lingkungan. Menurut Suparman (dalam Arofah dan Cahyadi, 2019) Bahan Ajar merupakan komponen yang saling terkait erat dengan isi setiap mata pelajaran dan harus relevan dengan tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, dan strategi pembelajaran. Jadi dapat disimpulkan bahwa bahan ajar adalah segala hal yang digunakan oleh para guru dan siswa untuk kebutuhan proses pembelajaran baik yang berasal dari produk teknologi cetak, audiovisual, berbasis komputer maupun teknologi terpadu.

Menurut Sinambela dan Sinaga (2020), Bahan ajar memegang peranan yang sangat penting dalam proses pembelajaran. Hal tersebut sependapat dengan Sholihah dan Sofiyana (2021) yang menyebutkan keberadaan bahan ajar dalam kegiatan pembelajaran menjadi penting karena bahan ajar sebagai salah satu faktor yang dapat mempengaruhi mahasiswa dalam memahami materi perkuliahan. Bahan ajar yang digunakan pada saat ini sudah banyak dikembangkan sebagai fasilitas belajar yang menarik yang dikemas atau dirancang sedemikian bentuk agar menambah minat belajar dan menjadikan daya tarik sendiri dari bahan ajar tersebut yang digunakan untuk menunjang dalam proses pembelajaran.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan hasil penelitian Laeto & Taharu (2021) mengenai Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Berdasarkan Topografi di Kawasan Hutan Suaka Margasatwa Lambusango Desa Kakenauwe Kecamatan Lasalimu Kabupaten Buton ditemukan 10 suku, 14 marga dan 21 jenis tumbuhan paku. Kondisi suhu udara pada lokasi penelitian secara umum berkisar antara 26 – 28 C, tertinggi pada daerah lembah titik I karena sedikitnya kanopi tumbuhan tegakan, dan terendah pada 4 titik, yaitu titik II dan III pada daerah datar, titik I pada daerah bukit dan titik II pada daerah lembah yang disebabkan luasnya penutupan kanopi tumbuhan tegakan serta banyaknya tumbuhan liana yang merambat antar pohon. Kelembaban udara berkisar antara 82 – 70 %, tertinggi pada titik III di daerah datar dan lembah akibat tutupan vegetasi yang padat, sedangkan terendah pada titik I di daerah bukit karena jarak antar pohon relatif jauh antara satu dengan lainnya. Suhu tanah berkisar antara 24 – 26C dan pH tanah berkisar antara 6,5 – 6,8. Intensitas cahaya berkisar antara 2420 – 10200 Lux dan ketinggian tempat berkisar antara 210 – 260 m dpl. Nilai indeks keanekaragaman (H') tumbuhan paku pada daerah lembah, bukit, dan datar masing-masing sebesar 1,958 (Lembah), 1,866 (Bukit) dan 2,269 (Datar). Penelitian ini menjadi informasi penting bahwa perbedaan topografi dapat mempengaruhi keanekaragaman jenis tumbuhan paku.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hutasuhut dan Febriani (2019) mengenai Keanekaragaman jenis tumbuhan paku-pakuan yang ada di Taman Wisata Alam Sicike-cike yang dikelompokkan dalam kategori sedang.

Ditemukan 21 jenis paku-pakuan, 1 diantaranya epifit yaitu *Asplenium nidus* L., dan 20 jenis teresterial yaitu *Seligeria selaginoides* (V. A. V. R), *Gleichenia linearis* Brum., *Oleanra pistillaris* (SW) C. Chr., *Ctenopteris tenuisecta* (Bl.) J. Sm., *Humata repens* (L. Fil) Diels., *Phymatopteris triloba* (Houtt) Piehi., *Ctenopteris contigula* (Fort) Holtt., *Lycopodium plegmaria* L., *Vittaria* sp., *Hymenophyllum productum* Kunze., *Davallia denticulate* (Brum) Mett., *Ctenopteris mollicoma* Ness & Bl., *Polypodium percifolium* Desv., *Christella* sp., *Cyatheaceae recumutata* Copel., *Neprolepis* sp., *Elapoglossum robinsonii* Holtt., *Leucostegia pallida* (Mett) Copel., *Selaginella wildenowii* (Desv) Backer., *Drynaria* sp.

Penelitian Salamah et al.,(2020) Tumbuhan paku di Kawasan Gua Cerme Kabupaten Bantul diperoleh 17 jenis yaitu *Drynaria quercifolia* (Linnaeus) J. Smith, *Pyrrosia longifolia* (Burm. f.) C.V. Morton, *Athyrium* sp., *Adiantum induratum* Chirt, J. Bot. (Morot), *Adiantum capillus-veneris* Linn., *Selaginella* sp., *Selaginella indica* (Milde) R. M. Tryon, *Adiantum philippense* Linn., *Pyrrosia petiolosa* (Christ) Ching, *Nephrolepis cordifolia* (Linnaeus) C. Presl, *Pteris vittata* Linn., *Pneumatopteris* sp., *Adiantum malesianum* J. Ghatak, *Hymenasplenium* sp., *Pneumatopteris* sp., *Pyrrosia nummularifolia* (Sw.) Ching, *Pteris* sp.

Berdasarkan hasil penelitian Wahyuningsih et al., (2019) dapat disimpulkan bahwa tumbuhan paku (Pteridophyta) yang telah di temukan di Perkebunan PT Bina Sains Cemerlang Kabupaten Musi Rawas yaitu 9 suku dan 19 jenis yang terdiri dari *Asplenium nidus*, *Dyplazium pynocarpon*, *Davallia denticulate*, *Davallia solida*, *Nephrolepis biserrata*, *Nephrolepis cordifolia*, *Nephrolepis exaltata*, *Nephrolepis* sp., *Ploecnemia irregularis*, *Stenochlaenae palustris*, *Gleichenia linearis*, *Lycopodium cernuum*, *Diplazium esculentum*, *Drymoglossum piloselloides*, *Drynaria quercifolia*, *Phymatosorus scolopendria*, *Pteris biaurita*, *Selaginella plana*, dan *Selaginella wildenowii*. Faktor abiotik pada lokasi penelitian yaitu suhu udara yaitu 31°C-33°C relatif normal, kelembapan tanah yaitu 8%-68% merupakan kelembapan yang baik untuk pertumbuhan paku, pH tanah berkisar 7,08-8,00 bersifat basa.

2.3 Kerangka Konseptual

Tumbuhan paku merupakan sub-divisi dari tracheophyta yang jenisnya telah mempunyai kormus, artinya tubuhnya dengan nyata dapat dibedakan dalam tiga bagian pokok, yaitu akar, batang dan daun. Tumbuhan paku dapat hidup diberbagai tempat seperti epifit, higrofit, terrestrial dan juga dapat bertahan hidup diberbagai macam ketinggian, tumbuhan paku dapat ditemukan di sisi jalan, tempat yang lembab hingga pegunungan.

Ketinggian merupakan faktor yang mempengaruhi keanekaragaman tumbuhan paku di suatu wilayah, karena ketinggian berkaitan erat dengan faktor lingkungan yang mendukung tumbuhan paku tersebut tetap bertahan hidup seperti suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya dan kelembaban tanah. Ketinggian juga dapat mempengaruhi jumlah jenis tumbuhan paku, tumbuhan paku yang hidup didataran rendah akan lebih banyak jenis tumbuhannya dibandingkan dengan tumbuhan paku yang berada di dataran tinggi. Salah satu wilayah yang diperkirakan keanekaragaman tumbuhannya sangat melimpah adalah kawasan Gunung Galunggung.

Gunung galunggung merupakan salah satu tempat wisata kabupaten Tasikmalaya yang selalu ramai dikunjungi oleh wisatawan, yang tentunya membawa suatu rezeqi bagi masyarakat sekitarnya. Gunung galunggung menyimpan potensi yang besar mengenai keanekaragaman hayati berupa tumbuhan maupun hewan yang dapat memberikan suatu wawasan ataupun ilmu pengetahuan, khususnya mengenai tumbuhan paku. Bahan ajar berupa booklet mengenai keanekaragaman tumbuhan paku dapat menjadi alternatif atau solusi untuk menambahkan minat dan pemahaman materi dalam proses pembelajaran peserta didik.

Penelitian mengenai keanekaragaman tumbuhan paku di Gunung Galunggung dengan 3 stasiun lokasi, yaitu kawasan ngarai, kawasan curug cikahuripan dan kawasan cipanas, dirasa belum pernah dilakukan dan juga belum ada data terbaru mengenai keanekaragaman tumbuhan paku. Berdasarkan uraian di atas, akan dilaksanakan penelitian mengenai hubungan diversitas tumbuhan paku dengan ketinggian di kawasan Gunung Galunggung. Hasil dari penelitian ini akan

di cetak dalam bentuk Booklet untuk menunjang proses pembelajaran biologi peserta didik.

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan teori-teori yang melandai objek kajian penelitian serta mengacu pada hasil penelitian yang relevan maka hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

H₀: Tidak terdapat hubungan antara diversitas tumbuhan paku dengan ketinggian di kawasan Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya sebagai bahan ajar biologi.

H_a: Terdapat hubungan antara diversitas tumbuhan paku dengan ketinggian di kawasan Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya sebagai bahan ajar biologi.