

BAB 2

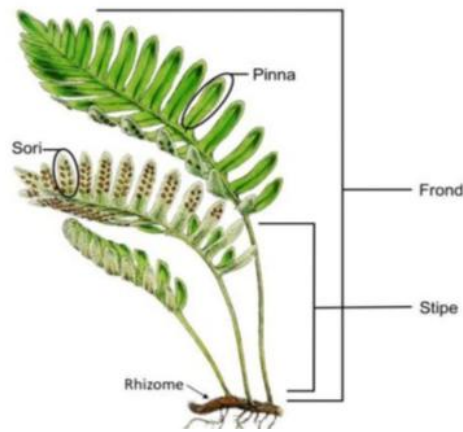
TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Perikehidupan Tanaman Paku

Tumbuhan paku dalam dunia tumbuh-tumbuhan termasuk golongan besar atau Divisi Pteridophyta (pteris = bulu burung; phyta = tumbuhan), yang diterjemahkan secara bebas berarti tumbuhan yang berdaun seperti bulu burung. Tumbuhan paku merupakan tumbuhan peralihan antara tumbuhan bertalus dengan tumbuhan berkormus, sebab paku mempunyai campuran sifat dan bentuk antara lumut dengan tumbuhan tingkat tinggi. Tumbuhan paku digolongkan tumbuhan tingkat rendah, karena meskipun tubuhnya sudah jelas memiliki kormus serta mempunyai sistem pembuluh tetapi belum menghasilkan biji dan alat perkembangbiakan yang utama adalah spora. Sebagai tumbuhan tingkat rendah, Pteridophyta sudah lebih maju daripada Bryophyta sebab sudah ada sistem pembuluh, sporofitnya hidup bebas dan berumur panjang, sudah ada akar sejati, dan sebagian sudah merupakan tumbuhan heterospory. Tumbuhan paku dapat dikelompokkan menjadi empat sub kelas yaitu Equisetidae, Marattiidae, Psilotidae, dan Polypodiidae (Ruggiero et al., 2015).

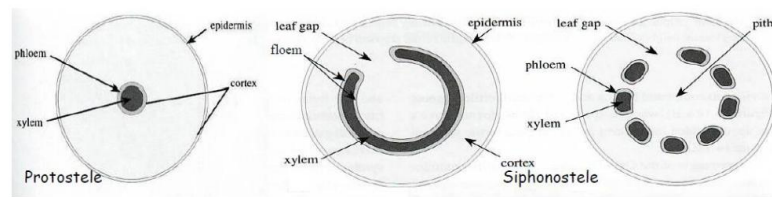
Tumbuhan paku dapat dibedakan menjadi dua bagian utama yaitu organ vegetatif yang terdiri dari akar, batang, rimpang, dan daun dapat dilihat pada Gambar 2.1. Sedangkan organ generatif terdiri atas spora, sporangium, anteridium, dan arkegonium. Sporangium tumbuhan paku umumnya berada di bagian bawah daun serta membentuk gugusan berwarna hitam atau coklat. Gugusan sporangium ini dikenal sebagai sorus. Letak sorus terhadap tulang daun merupakan sifat yang sangat penting dalam klasifikasi tumbuhan paku (Arini & Kinho, 2012).



Gambar 2.1 Morfologi Tumbuhan Paku
(Sumber : Susilo, Siregar, & Sartini, 2024)

Sistem perakaran tumbuhan paku adalah akar serabut. Akar pada tumbuhan paku tidak terus berkembang dari kutub akar. Berbeda dengan Spermatophyta yang lembagaanya bersifat bipolar, zigot Pteridophyta dikatakan unipolar. Akar yang keluar pertama tidak dominan, melainkan disusul oleh akar-akar lain yang semua keluarnya dari batang, sehingga pembentukan akar seperti ini disebut homorizi sedangkan akar yang benar-benar keluar dari kutub akar seperti pada Spermatophyta disebut alorizi (Tjitrosoepomo, G., 1985).

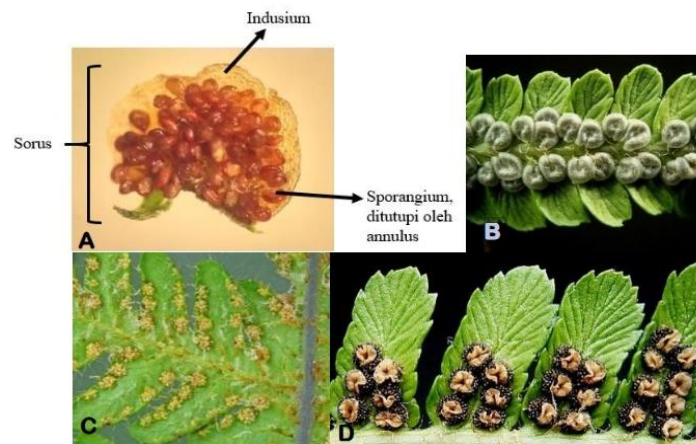
Batang kebanyakan spesies paku berada di bawah tanah atau merayap. Pertumbuhan tersembunyi ini dikenal dengan rhizom (rimpang) dimana ujung-ujung rhizom ini akan tumbuh tunas dan keluar secara perlahan menembus tanah pada waktu tumbuh sehingga cenderung untuk memperluas wilayahnya (Idris et al., 2019). Jaringan pembuluh pada tumbuhan paku berupaprotostele, siphonostele atau eustele (Gambar 2.2). Pada kelompok tumbuhan ini, kutikula masih berkembang dengan baik yang mengakibatkan daun pada Pteridophyta cenderung licin dan mengkilat. Walaupun Pteridophyta secara anatomi masih sangat sederhana, tetapi tumbuhan ini telah memiliki lignin dan selulosa yang berada pada dinding sekunder.



Gambar 2.2 Beberapa tipe pembuluh pada tanaman paku
(Sumber : Santri et al., 2023)

Daun pada tumbuhan paku tumbuh dari percabangan tulang daun, dan keseluruhan daun dalam satu tangkai daun disebut pinna (Gambar 2.1). Daun tumbuhan paku terdiri dari dua bagian, yaitu tangkai dan helaian daun. Helaian daun ini dapat tunggal, tetapi lebih umum majemuk bersirip (Abarca, 2021). Daun tumbuhan paku memiliki klorofil untuk fotosintesis. Pada tumbuhan paku yang berdaun, sporangiumnya terletak pada daun yang fertile (sporofil), sedangkan daun yang tidak punya sporangium disebut daun steril (tropofil) (Faiz, 2018).

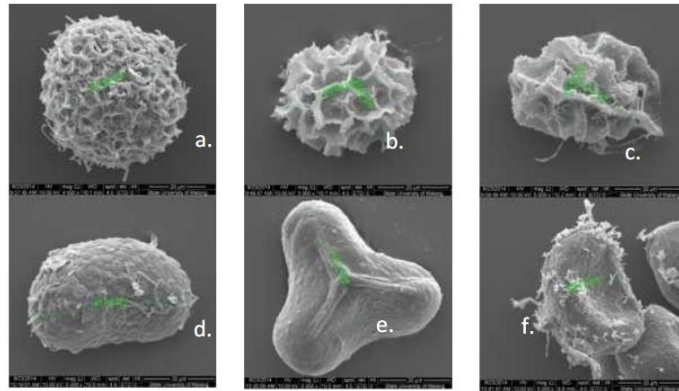
Sporangia yang berkumpul dan membentuk sorus dilindungi oleh suatu struktur yang disebut dengan indusium. Sedangkan sporangia ditutupi oleh struktur yang disebut dengan annulus. Annulus ini akan pecah dan menyebabkan spora keluar (Gambar 2.3A). Sorus-sorus yang terdapat pada daun sporofil akan berubah warna sesuai dengan tingkat kematangan spora yang berada di dalamnya. Spora yang masih muda ditunjukkan dengan sorus yang masih berwarna hijau, semakin gelap warna sorus menunjukkan spora yang berada di dalamnya sedang menuju kepada kematangan spora seperti pada Gambar 2.3D (Sumber : Santri et al., 2023).



Gambar 2.3 Sorus pada Tumbuhan Pteridophyta

(A) Struktur sorus yang ditutupi oleh indusium. Pada gambar terlihat sporangium yang ditutupi oleh annulus, saat annulus membuka, spora yang berada dalam sporangium akan keluar dan mengikuti angin. (B) Sorus yang masih berwarna hijau menandakan bahwa spora yang berada di dalamnya masih muda. (C) Sorus yang berwarna kuning. (D) Sorus berwarna gelap menunjukkan spora yang berada di dalamnya telah matang dan siap untuk keluar (Sumber : Santri et al., 2023)

Spora merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan paku secara generatif sedangkan rhizome sebagai alat perkembangbiakan vegetatif. Struktur sel spora tunggal dengan bentuk ramping dan ringan untuk dihamburkan oleh angin. Spora pada tumbuhan paku berkumpul disporangium, sporangium sendiri terdapat pada strobilus atau sinangium. (Sofiyanti & Harahap, 2019). Bentuk spora pada tumbuhan paku terdiri dari bentuk bulat (ovoid/ovatus), tidak beraturan (globose), elips, dan segitiga (Gambar 2.6). Bentuk bulat (ovoid/ovatus) ditemukan pada spesies *Dryopteris concolor*, sedangkan bentuk elips ditemukan pada *Asplenium nidus*. Bentuk segitiga ditemukan pada *Adiantum caudatum* dan bentuk globose ditemukan pada spesies *Trachypteris* sp. yang sering ditemukan pada kepulauan Madagaskar.



Gambar 2. 4 Bentuk Spora pada Pteridophyta. (a.) bulat (ovoid/ovatus) (b-c) tidak beraturan (globose) (d.) elips (e.) segitiga dengan sisi cembung dan cekung (f.) elips (Santri et al., 2023)

Tumbuhan paku mengalami pergiliran keturunan (metagenesis) antara dua generasi tersebut. Berdasarkan pada gambar 2., diketahui bahwa fase gametofit pada tumbuhan paku berupa protalium sedangkan fase sporofitnya merupakan tumbuhan paku itu sendiri. Pada siklus hidup tumbuhan paku, fase yang paling dominan adalah fase sporofit dibandingkan dengan fase gametofit.



Gambar 2.5 Siklus Tumbuhan Paku
(Sumber : Aisoi & Jeujanen, 2024).

Siklus hidup tumbuhan paku terdiri atas 5 fase yaitu (Akbar et al., 2018):

- a. Fase pembelahan. Pada fase ini sel-sel yang membelah terlihat seperti lembaran pita yang bersekat-sekat dan berwarna hijau. Fase pembelahan

biasanya juga diiringi dengan munculnya rizoid dengan jumlah yang masih sedikit

- b. Fase protalium (gametofit) muda. Pada fase ini terlihat jelas struktur protalium yang berbentuk jantung berwarna hijau. Arkegonium dan anteridium sudah mulai terlihat di antara rizoid-rizoid. Jumlah rizoid semakin banyak.
- c. Fase protalium (gametofit) dewasa. Fase ini ditandai dengan suatu bentukan berupa sepasang lembaran yang menyerupai sayap kupu-kupu dan berwarna hijau. Pada fase ini jumlah arkegonium dan anteridium semakin banyak dan terlihat jelas.
- d. Fase sporofit muda. Fase ini ditandai dengan munculnya struktur daun dan akar yang masih melekat pada protalium. Daun yang masih muda terlihat menggulung.
- e. Fase sporofit dewasa. Fase ini memiliki perbedaan pada struktur daun (ental), batang (rimpang), akar dan letak sorus pada daun fertil. Sori berbentuk bulat, berupa bintik-bintik kecil pada permukaan bawah atau di bagian tepi daun.

2.1.2 Klasifikasi Tanaman Paku

Klasifikasi pada dasarnya merupakan pengelompokkan makhluk hidup. Mengingat jumlah yang banyak dan beraneka ragamnya makhluk hidup yang ada di dunia ini, telah banyak pengelompokkan terhadap makhluk hidup yang dilakukan oleh para ilmuwan pada zaman dahulu.

Pengklasifikasian tumbuhan paku menurut (Ruggiero et al., 2015) diklasifikasikan kedalam 2 kelas, yaitu kelas Lycopodiopsida dan kelas Polypodiopsida. Adapun klasifikasi tumbuhan paku pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tumbuhan Paku

Divisi	Subdivisi	Kelas	Sub Kelas	Bangsa
	Lycopodiophytina	Lycopodiopsida	Lycopodiidae	Isoetales
				Lycopodiales
				Selaginellales
			Equisetidae	Equisetales
			Marattiidae	Marattiales
			Ophioglossidae	Ophioglossales
				Psilotales

Tracheophyta	Polypodophytina	Polypodiopsida	Polypodiidae	Cyatheaales
				Gleicheniales
				Hymenophyllales
				Osmundales
				Polypodiales
				Salviniales
				Schizaeales

Sumber: (ITIS, 2026)

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 bangsa 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* (Tjitrosoepomo, 2011). Contoh dari Bangsa Isoetales dapat dilihat di gambar 2.6.

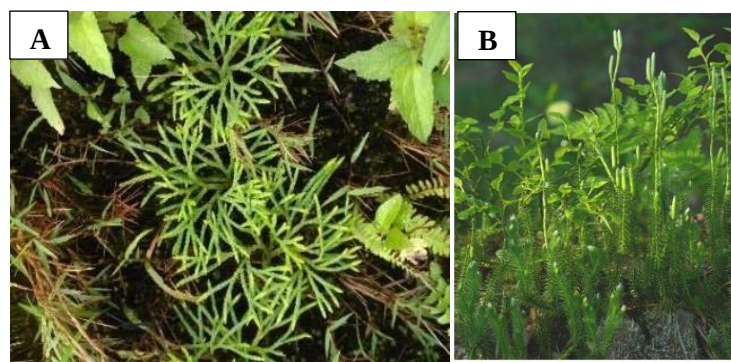


Gambar 2.6 (A.) *Isoetes coromandeliana* L. (B.) *Isoetes tamaulipana*, (C.) *Isoetes minima*

Sumber: (Patel et al., 2015; Mora-Olivo et al., 2016)

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 segitiga sama sisi, mempunyai sporangium agak pipih, berbentuk ginjal. Letak sporangium pada sisi atas daun dekat dengan pangkalnya. Terdapat dari suku Lycopodiaceae contohnya *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium*. Contoh dari Bangsa Lycopodiales dapat dilihat di gambar 2.7.



Gambar 2.7 (A.) *Lycopodium complanatum*, (B.) *Lycopodium clavatum*

Sumber: (Alamsyah & Pamungkas, 2020; linskaitė & Karpavičienė, 2024)

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, Contoh dari Bangsa Selaginellales dapat dilihat di gambar 2.8.



Gambar 2.8 A. *S. aristata*, B. *S. ciliaris* (brown and green colors), C. *S. ciliaris*, D. *S. intermedia*, E. *S. involvens*, F. *S. opaca*, G. *S. ornata*, H. A variant of *S. ornata*, I. *S. plana*, J. *S. remotifolia*, K. *S.*

repanda, *L. S. singalanensis*, *M. S. uncinata*, and *N. S. willdenowii*
(Hofmann, Schmidt, & Heinrichs, 2022)

2. Sub-divisi Polypodiophytina

Polypodiophytina merupakan salah satu sub-divisi dari Tracheophyta, yang mana pada sub-divisi memiliki 1 Kelas yaitu Polypodiopsida, 4 sub kelas yaitu Equisetidae, Marattiidae, Ophioglossidae, dan Polypodiidae. 11 Bangsa yaitu Cyatheaales, Equisetales, Gleicheniales, Hymenophyllales, Marattiales, Ophioglossales, Osmundales, Polypodiales, Psilotales, Salviniiales dan Schizaeales

a. Bangsa Ophioglossales

1) Suku Ophioglossaceae

Terdiri dari empat marga yaitu *Botrychium*, *Helminthostachys*, *Mankyua*, *Ophioglossum*. Sebagian besar spesies hidup pada habitat terestrial (beberapa epifit). Beberapa karakter yang dimiliki dapat dilihat pada gambar 2.9 yaitu rimpang dan tangkai berdaging, memiliki sedikit rambut akar, sporangia besar dengan dinding dua sel tebal, kurang memiliki anulus, spora bulat dan tetrahedral, gametophytes bawah tanah, nonfotosintetik (Smith et al., 2006).



Gambar 2.9 Ophioglossaceae :

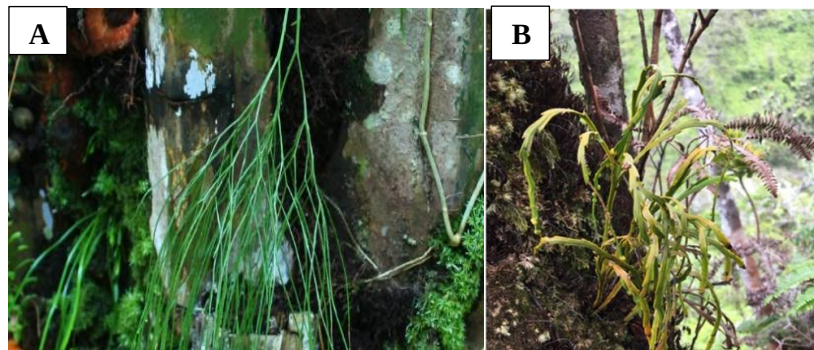
(A) *Sahashia stricta*. (B) *Botrypus virginianus*. (C) *Helminthostachys zeylanica*.
(D) *Cheiroglossa palmata*. (E) *Ophioderma pendula*. (F) *Japanobotrychium lanuginosum*. (G) *Botrychium lunaria*. (H) *Mankyua chejuensis*. (I) *Rhizoglossum bergianum*. (J) *Whittieria engelmannii*. (K) *Sceptridium formosanum*. (L)

Holubiella lunarioides. (M) Ophioglossum reticulatum. (N) Haukia crotalophoroides.(O) Goswamia isanensis. (Sumber: Li, Liu, & Zhang, 2023)

b. Bangsa Psilotales

1) Suku Psilotaceae

Terdiri dari dua marga yaitu (Psilotum, Tmesipteris). Karakter yang dimiliki dapat dilihat pada gambar 2.10 yaitu terdapat akar, memiliki batang yang tereduksi, memiliki daun euphylls yang tidak berurat dan berurat tunggal, sporangia besar dengan dinding dua sel tebal, kurang memiliki anulus; dua atau tiga sporangia menyatu membentuk sebuah sinangium, tampaknya ditanggung di sisi bawah daun dari daun bercabang, memiliki lebih dari 1000 spora per sporangium, gametophytes berada di bawah tanah (Psilotum) (Smith et al., 2006).



Gambar 2.10 (A.) *Psilotum nudum*, (B.) *Psilotum complanatum*
(Sumber: Tejero-Díez et al, 2024)

c. Bangsa Equisetales

1) Suku Equisetaceae

Memiliki satu marga yaitu marga (*Equisetum*), pada umumnya terdapat dua subgenera antara lain subg. *Equisetum* dan subg. *Hippochaete*. Dikemukakan tambahan karakter morfologi dapat dilihat pada gambar 2.11, termasuk karakter akar, batang melingkar, sporangia menebal dengan dinding sekunder heliks, terdiri dari sporangia besar (Strobili) spora hijau dengan bukaan melingkar (Smith et al., 2006).



Gambar 2.11 A.) *Equisetum bogotense*, (B.) *Equisetum arvense*.

(Sumber: Carneiro et al., 2019)

d. Bangsa Marattiales

1) Suku Marattiaceae

Terdiri dari empat marga yaitu *Angiopteris*, *Christensenia*, *Danaea*, *Marattia*. Tumbuhan pada suku ini pada umumnya hidup pada habitat terrestrial (jarang epipetric), memiliki fosil yang hidup pada zaman Carboniferous. Salah satu contohnya adalah *Angiopteris subrotundata* pada gambar 2.12. Karakter morfologi yang dimiliki yaitu memiliki akar besar dan berdaging, rambut akar berseptate; akar, batang, dan pada daun terdapat kanal lendir, daun berukuran besar berdaging dan memiliki vernasi circinate serta berbentuk menyirip, rimpang (Rhizome) berdaging, pendek, tegak atau merayap. Pneumathodes (Lentisel) tersebar di seluruh petioles atau rachises, sporangia berbentuk bulat atau memanjang yang terdiri dari 1000- 7000 spora pada satu sporangia (Smith et al., 2006).



Gambar 2.12 A) *Angiopteris nodosipetiolata*, B) *Angiopteris subrotundata*, C) *Angiopteris evecta*

(Sumber: Wang et al., 2024)

e. Bangsa Osmundales

1) Suku Osmundaceae

Terdiri dari tiga marga yaitu *Leptopteris*, *Osmunda*, *Todea*. Salah satu contohnya adalah *Osmunda claytoniana* pada gambar 2.13. Karakteristik yang dimiliki antara lain batang anatomi khas, stipula berada di dasar petioles; daun dimorfik dan merupakan daun steril, memiliki sporangia yang besar dengan 128 hingga 512 spora di dalamnya, gametophytes besar berbentuk hati dan berwarna hijau (Smith et al., 2006).



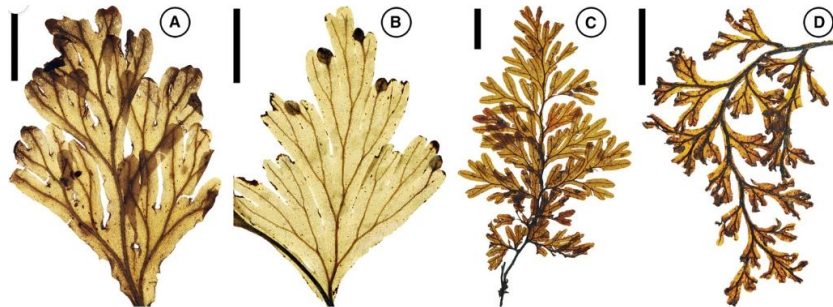
Gambar 2.13 A) *Todea Barbara*, B) *Osmunda regalis*
(Sumber: Lehnert, 2024, Li et al., 2023)

f. Bangsa Hymenophyllales

1) Suku Hymenophyllaceae

Terdiri dari dua clade utama yaitu Trichomanoid dan Hymenophylloid antara lain Trichomanoid (*Abrodictyum*, *Callistopteris*, *Cephalomanes*, *Crepidomanes*, *Didymoglossum*, *Polyphlebium*, *Trichomanes*., dan *Vandenboschia* dan Hymenophylloid (*Cardiomanes*, *Hymenoglossum*, *Rosenstockia*, dan *Serpyllopsis*). Salah satu contohnya adalah *Hymenophyllum myriophyllum* pada gambar 2.14. Tanaman pada suku Hymenophyllaceae pada umumnya hidup pada habitat terestrial dan epifit, karakteristik morfologi yang dimiliki yaitu memiliki rimpang yang ramping, merayap dan terkadang tegak dan tebal, memiliki vernasi circinate, terdapat sedikit kutikula atau bahkan tereduksi, terdapat sedikit sisik pada daun, memiliki tipe sori marginal, indusia berbentuk kerucut (lonceng), tubular, atau kerang berbentuk (bivalvate). Gametophytes berserabut atau seperti pita dan sering

bereproduksi dengan fragmentasi atau dengan produksi Gemmae (Smith et al., 2006).

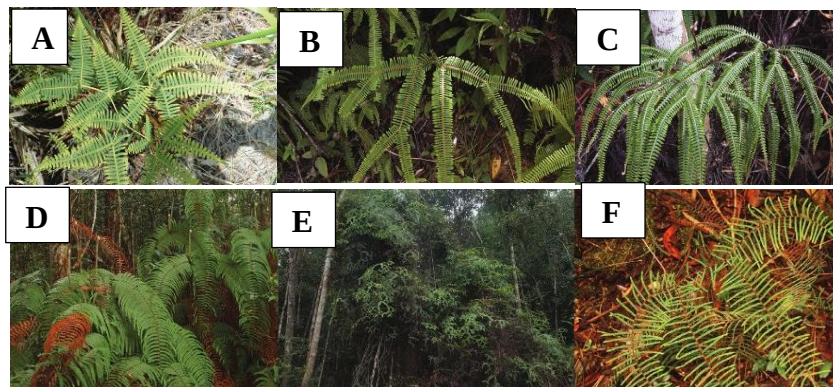


Gambar 2.14 A) *H. badium* Hook. & Grev., B) *H. flabel-latum* Labill, .C) *H. polyanthos* Sw D) *H. polyanthos* Sw.
(Sumber: Herrera et al., 2017)

g. Bangsa Gleicheniales

1) Suku Gleicheniaceae

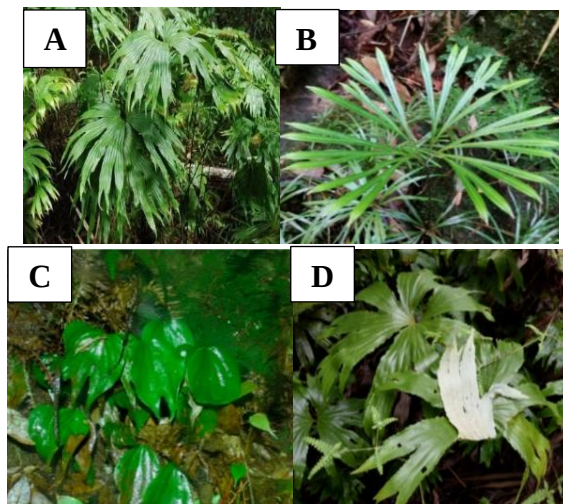
Terdiri dari enam marga yaitu *Dicranopteris*, *Diplopterygium*, *Gleichenella*, *Gleichenia*, *Sticherus*, *Stromatopteris*. Suku Gleicheniaceae memiliki catatan fosil dimulai pada zaman Kapur. Gleicheniaceae merupakan fosil yang mewakili nenek moyang yang masih ada. Sedangkan karakteristik yang dimiliki dapat dilihat pada gambar 2.15 yaitu rimpang bersifat protostele atau solenostele, sori terletak pada abaxial, tidak marginal dengan 5 hingga 15 sporangia dengan 128 hingga 800 spora, spora berbentuk bulat, tetrahedral atau bilateral (Smith et al., 2006).



Gambar 2.15 A) *G. pectinata*, B) *S. nigropaleaceus*, C) *S. bifidus*, D) *D. clemensiae* E) *S. truncata* F) *G. microphylla*.
(Sumber: Schwartsburd et al., 2024)

2) Suku Dipteridaceae

Terdiri dari dua marga yaitu *Cheiropleuria* dan *Dipteris*. Memiliki catatan fosil dimulai pada zaman Trias. Karakteristik tumbuhan paku pada suku Dipteridaceae dapat dilihat pada gambar 2.16 antara lain batang merayap, bersifat solenostelic atau protostelic, batang ditutupi dengan bulu atau rambut, sori tersebar di atas permukaan, daun dimorfik dan subur yang ditutupi dengan sporangia (Smith et al., 2006).

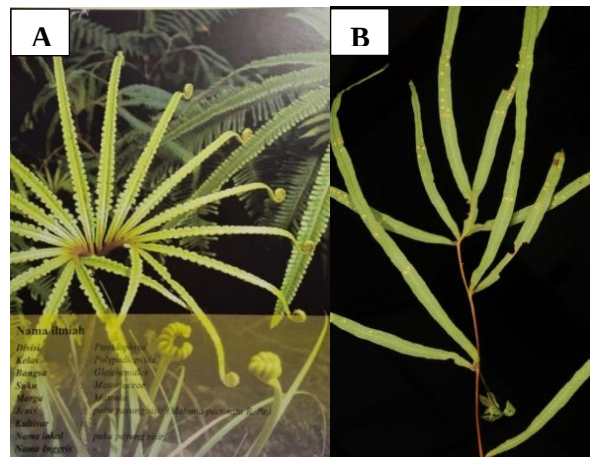


Gambar 2.16 (A) *Dipteris conjugate* (B): *Dipteris lobbiana*; (C): *Dipteris chinensis*; and (D): *Cheiropleuria bicuspis*.

(Sumber: Siregar, 2017; Qi et al., 2022)

3) Suku Matoniaceae

Terdiri dari dua marga yaitu *Matonia*, *Phanerosorus*. Karakteristik yang dimiliki dapat dilihat pada gambar 2.17 antara lain batang solenostelic, helai daun (blade) memiliki pinnae bercabang atau dengan dikotomis, pada sori terdapat peltate indusia, tangkai sangat pendek, spora bulat dan tetrahedral gametophytes berwarna hijau dengan antheridia besar dan bersel banyak (Smith et al., 2006).

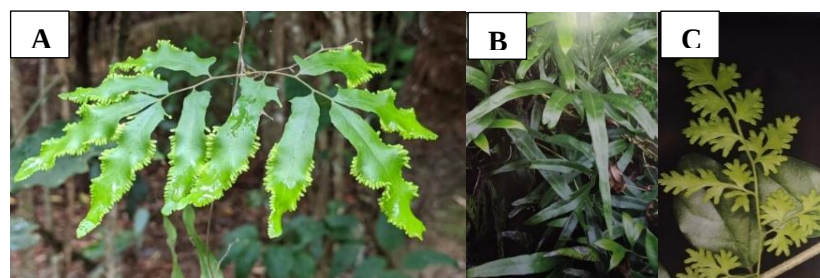


Gambar 2.17 A) *Matonia pectinate* B) *Phanerosorus sarmentosus*
(Sumber: Suhono, 2012)

h. Bangsa Schizaeales

1) Suku Lygodiaceae

Merupakan paku rambat yang terdiri dari satu marga yaitu *Lygodium*. Tumbuhan paku ini hidup pada habitat terestrial dan memiliki beberapa karakteristik dapat dilihat pada gambar 2.18 diantaranya: rimpang merayap dan ramping, bersifat protostelic dan ditutupi oleh bantalan rambut; daun menyirip, sporangia abaxial dan bersifat soliter, masing-masing sporangium ditutupi oleh indusium, terdapat 128 hingga 256 spora per sporangium. Spora berbentuk tetrahedral, gametophytes hijau dan berbentuk hati (Smith et al., 2006).



Gambar 2.18 *Lygodium reticulatum*
(Sumber: Suhono, 2012)

2) Suku Anemiaceae

Memiliki satu marga yaitu *Anemia* dan *Mohria*. Hidup pada habitat terestrial terutama di Afrika, India, dan pulau-pulau di Samudera Hindia. Karakter yang dimiliki dapat dilihat pada gambar 2.19 yaitu rimpang merayap, memiliki

bantalan rambut, daun telah terdeterminasi dan sebagian besar hemidimorphic atau dimorfik, memiliki sporangia sepasang pada bagian basal, terdapat 128 hingga 256 spora per sporangium. Spora berbentuk tetrahedral (Smith et al., 2006).



Gambar 2.19 *Anemia antrorsa*
(Sumber: Suhono, 2012)

3) Suku Schizaeaceae

Terdiri dari dua marga yaitu *Actinostachys* dan *Schizaea*. Fosil ditemukan pada zaman kapur *Schizaeopsis* dan merupakan fosil tertua ditugaskan untuk garis keturunan. Hidup pada habitat terestrial dengan karakteristik dapat dilihat pada gambar 2.20 yaitu helaian daun berbentuk kipas dengan urat gratis dikotomis, sporangia terletak pada marjinal, elaminate, spora berbentuk bilateral, monolete, pada satu sporangium terdiri dari 128 hingga 256 spora (Smith et al., 2006).



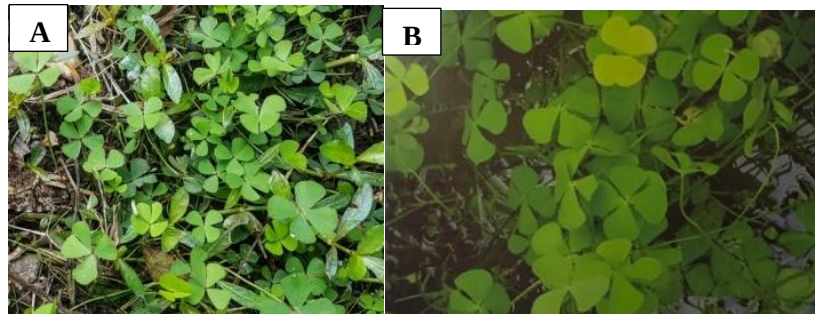
Gambar 2.20 *Schizaea dichotoma*
(Sumber: Suhono, 2012)

i. Bangsa Salviniales (paku air)

1) Suku Marsileaceae

Contoh yang paling terkenal adalah semanggi. Suku Marsileaceae memiliki tiga marga yaitu *Marsilea*, *pilularia*, *Regnellidium*. Karakteristik Suku Marsileaceae dapat dilihat pada gambar 2.21 antara lain batang biasanya panjang, ramping dan merayap, biasanya terdapat bantalan rambut, venasi daun

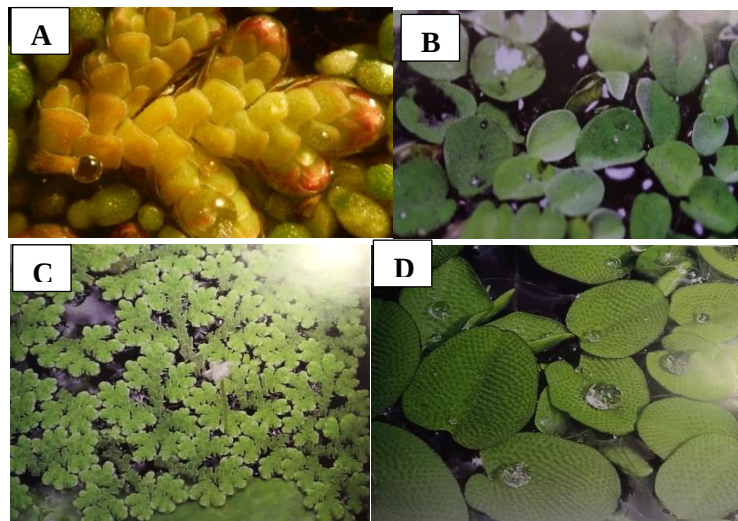
dichotomously bercabang, sori berbentuk seperti kacang sporocarps. Spora bersifat heterosporous dengan mikrospora bulat dan megaspora bulat (Smith et al., 2006).



Gambar 2.21 A) *Marsilea polycarpa*, B) *Marsilea crenata*, C)
(Sumber: Suhono, 2012)

2) Suku Salviniaceae

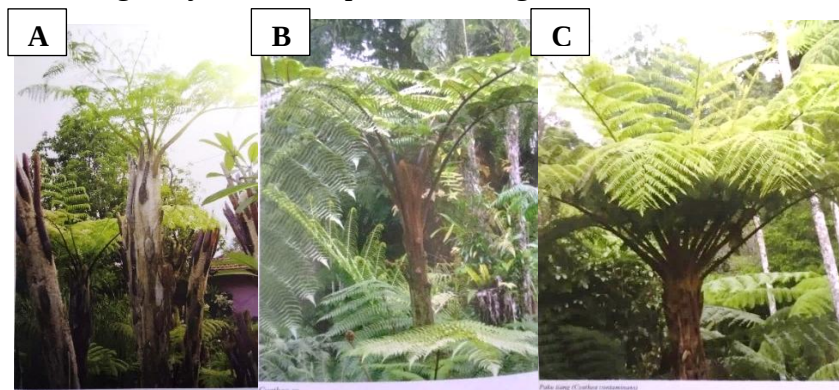
Terdiri dari dua marga yaitu *Salvinia* dan *Azolla*. Memiliki catatan fosildimulai pada zaman Cretaceous. Karakter *Azolla* atau *Salvinia* dapat dilihat pada gambar 2.22 yaitu batang protostelic, dichotom bercabang, daun sessile dan berukuran kecil dengan panjang 1-25 mm, berbentuk bulat dan lonjong. Terdapat dua jenis spora (heterosporous) yaitu megaspora besar dan mikrospora kecil (Smith et al., 2006).



Gambar 2.22 A) *Azolla filiculoides*, B) *Azolla caroliniana*, C) *Salvinia cucullata*,
D) *Salvinia natas*
(Sumber: Suhono, 2012)

j. Bangsa Cyatheales (Paku pohon)

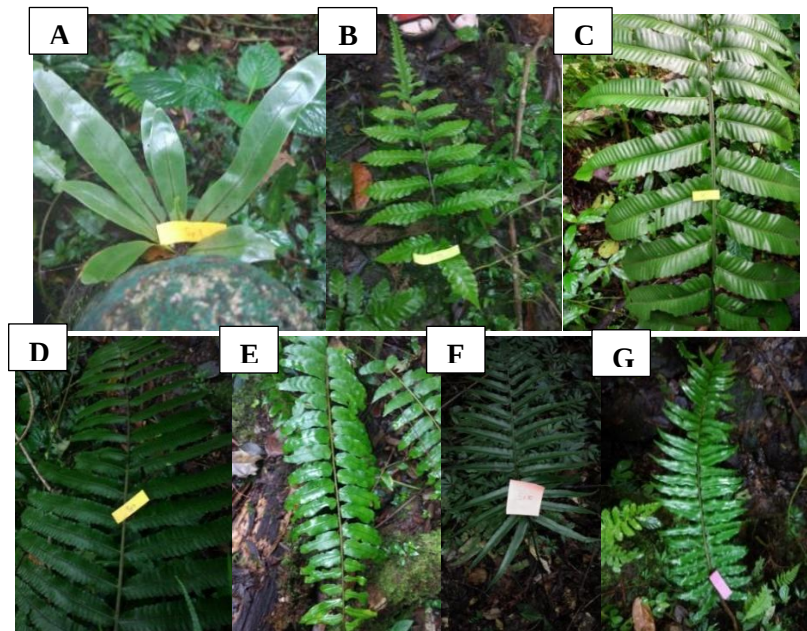
Tumbuhan paku ini memiliki akar yang ditemukan dekat dengan dasar caudis, berfungsi untuk kestabilan. Rhizom paku menjalar bercabang baik pada tipe irreguler atau dikotomi. Rhizoid tumbuhan paku sudah berkembang ke arah akar untuk kepentingan hidupnya. Rambut-rambut akar tersebut akan menyerap air dan garam mineral terlarut Bangsa Cyatheales memiliki beberapa suku yaitu Thyrsopteridaceae, Loxomataceae, Culcitaceae, Plagiogyriaceae, Cibotiaceae, Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Metaxyaceae. (Tjitrosoepomo dalam Sugiarti, 2017). Contoh dari Bangsa Cyatheales dapat dilihat di gambar 2.23.



Gambar 2.23 A) *Cibotium barometz*, B) *Cyathea sp.* C) *Cyathea contaminans*
Sumber: (Suhono, 2012)

k. Bangsa Polypodiales

Batang pada tumbuhan paku ini tidak nyata karena menyatu dengan tulang daun, daunnya tunggal, berwarna hijau, ujung daun meruncin, letak daun melingkar berbentuk keranjang (sarang burung), memiliki sorus melekat pada garis-garis anak tulang daun yang terdapat dibawah daun berwarna coklat muda dan berbentuk bangun garis (Khasanah, 2019). Bangsa Polypodiales memiliki beberapa suku yaitu Lindsaeaceae, Saccolomataceae, Dennstaedtiaceae, Pteridaceae, Aspleniaceae, Thelypteridaceae, Woodsiaceae, Blechnaceae, Onocleaceae, Dryopteridaceae, Lomariopsidaceae, Tectariaceae, Oleandraceae, Davalliaceae, Polypodiaceae. Contoh dari Bangsa Polypodiales dapat dilihat di gambar 2.24.



Gambar 2.24 A) *Elaphoglossum* sp. B) *Thelypteris* sp. C) *Diplazium* sp. D) *Cyclosorus* sp. E) *Stenochlaena* sp. F) *Athyrium* sp. G) *Nephrolepis* sp.
Sumber: (Maulidia *et al.*, 2019)

2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Paku

Faktor bioekologi secara umum terbagi menjadi dua yaitu faktor fisik dan faktor abiotik yang terdiri dari faktor lingkungan yang bersifat nonbiologis seperti halnya iklim (suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, tanah dan kondisi lingkungan lainnya). Tumbuhan dapat tumbuh dengan berhasil apabila kondisi lingkungannya mampu menyediakan berbagai keperluan untuk pertumbuhan sesama daur hidupnya. Oleh karena itu sifat lingkungan tidak hanya bergantung pada kondisi fisik dan kimia tetapi juga karena adanya kehadiran organisme lain. Faktor yang berperan dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama yakni iklim, tanah, dan biotik. Adapun faktor yang bersifat nonbiologis diantaranya adalah:

1. Suhu

Tumbuhan paku merupakan tanaman yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh suhu. Untuk tumbuhan paku yang berdaun kecil membutuhkan temperatur yang bersuhu rendah yaitu antara 13°C-18°C. Sedangkan kelompok yang berdaun besar membutuhkan temperatur yang lebih tinggi berkisar antara 15°C-21°C (Rizky *et al.*, 2019).

2. Kelembapan Udara

Kelembapan adalah salah satu faktor pembatas dalam pertumbuhan paku. Tanpa adanya kelembapan udara yang tinggi, umumnya tumbuhan paku tumbuh tidak sehat. Tingkat kelembapan 30% ialah persentase terendah yang masih dapat ditoleransi oleh paku untuk pertumbuhannya. Kelembapan relatif yang baik bagi pertumbuhan tumbuhan paku pada umumnya berkisar antara 60-80% (Andrianus, 2019).

3. Kelembapan Tanah

Kelembapan tanah merupakan jumlah molekul air yang terdapat di dalam tanah. Tumbuhan paku lebih menyukai tempat-tempat yang teduh dengan derajat kelembapan yang tinggi(Wahyuningsih et al., 2019).

4. Intensitas cahaya

Untuk pertumbuhan paku intensitas cahaya yang baik berkisar antara 200-600 Cd(Candles). Cahaya yang dibutuhkan pada tumbuhan paku dewasa lebih banyak dibandingkan dengan tumbuhan paku muda. Kondisi cahaya yang tinggi biasanya dapat menjadikan tumbuhan paku lebih keras, lebih tebal, lebih banyak memproduksi sari, serta menjadi lebih toleran terhadap lingkungan. Sedangkan tumbuhan paku yang kelebihan cahaya biasanya akan berukuran lebih kecil, kurang subur, warna daunnya hijau menguning dan pada bagian tepi agak berwarna kecoklatan(Wahyuningsih et al., 2019).

5. pH

pH tanah kebanyakan paku-pakuan tumbuh dalam substrat yang agak asam hingga basa pH 5-8. Paku-pakuan jenis suplir dan beberapa jenis *adiantum* yang menyukai pH 6-8(Wahyuningsih et al., 2019).

2.1.4 Manfaat Tanaman Paku

Secara ekologi, tumbuhan paku mempunyai peranan sebagai penyangga tanah bagi daerah aliran sungai, menjaga kelembapan tanah, membentuk humus, dan melindungi tanah dari erosi(Arini & Kinho, 2012). Selain itu tumbuhan paku berperan sebagai pengatur tata air, membantu proses pelapukan serasah dan pembentukan hara tanah sebagai penutup vegetasi(Betty et al., 2015). Secara ekonomis tumbuhan paku seperti *Athyriaceae* merupakan suku tumbuhan yang

paling banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional. Bagian daun merupakan bagian tumbuhan yang paling umum dimanfaatkan sebagai bahan baku obat tradisional (Nikmatullah et al., 2020). *Thelypteris* sp., biasanya dimanfaatkan sebagai sayuran, *Lygodium circinatum* dimanfaatkan sebagai tanaman hias. *Selliguea* sp., *Vittaria elongate* dan *Goniophlebium verrucosum* yang dimanfaatkan sebagai obat luka. *Acrostichum aureum*, *Adiantum trapeziforme* dan *Drynaria quercifolia* dimanfaatkan sebagai tanaman hias (Nasution et al., 2018).

2.1.5 Kondisi Alam Gunung Sawal

Gunung Sawal merupakan salah satu hutan alam pegunungan yang terletak di Jawa Barat. Ketinggian Gunung Sawal mencapai 1.764 mdpl dengan luas area hutan 5.567,37 ha. Secara astronomis Gunung Sawal terletak antara 7°09' – 7°15' LS dan 180°13' – 180°18' BT. Gunung Sawal merupakan salah satu rangkaian pegunungan yang bersifat nonvulkanik/tidak aktif. Keadaan topografi umumnya berbukit-bukit dan bergunung dengan puncak tertinggi (1.764 mdpl) dan terdapat beberapa gunung di antaranya Gunung Bongkok (1.231 mdpl), Pasir Ipis (1.664 mdpl), Gunung Cingambat (1.420 mdpl) serta Gunung Langlayang (1.009 mdpl) (BKSDA, 2016). Secara administrasi pemerintahan, Gunung Sawal berada dalam sembilan wilayah kecamatan, yaitu Kecamatan Cipaku, Cikoneng, Sadananya, Cihaurbeuti, Panumbangan, Lumbung, Sindangkasih, Panjalu, dan Kawali (Herdian et al., 2020). Semua daerah tersebut termasuk dalam wilayah Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. Kawasan hutan Gunung Sawal berdasarkan fungsinya terbagi menjadi beberapa klasifikasi, yaitu Suaka Margasatwa Gunung Sawal (SMGS) dikelola BKSDA Jawa Barat II, hutan produksi dikelola Perum Perhutani, dan hutan rakyat dimiliki masyarakat (Diniyati & Afri Awang, 2010).

Dinas Kehutanan Provinsi Jabar 2013 dalam Hartini (2014) Wilayah hutan yang mempunyai karakter bergelombang, berbukit terjal dengan ditumbuhi hutan dan sisanya merupakan hutan tanaman. Jenis pohon yang terdapat di Gunung Sawal antara lain: Teureup (*Artocarpus elasticus*), Puspa (*Schima wallichii*), Jamuju (*Podocarpus imbricatus*), Saninten (*Castanopsis argentea*) dan Pasang (*Quercus* sp.). Kondisi hutan masih cukup bagus sehingga fauna yang hidup juga terjaga

keberadaannya. Fauna yang menghuni antara lain Macan Tutul (*Panthera pardus*), babi hutan (*Sus vitatus*), meong congkok (*Felis bengalensis*), macan kumbang (*Panthera pardus*), trenggiling (*Manis javanicus*), kancil (*Tragulus javanicus*), kijang (*Muntiacus muntjak*), lutung (*Tracypitecus auratus*), kera (*Macaca fascicularis*) dan berbagai jenis burung. Menurut Heryanto 2017, kawasan hutan di Gunung Sawal didominasi oleh Suku *Lauraceae*, *Fagaceae*, *Meliaceae*, *Moraceae*, *Magnoliaceae*, *Rutaceae*, dan *Euphorbiaceae*. Sedangkan untuk jenis-jenis yang menguasai tingkat pohon dan belta yaitu *Macaranga semiglobosa*, *Garcinia parvifolia*, *Ficus involucrate*, *Ficus variegata*. Karena kondisi alam yang asri dan kekayaan alam yang melimpah masyarakat di sekitar Gunung Sawal memulai pembangunan agrowisata yaitu pariwisata dengan memanfaatkan potensi daerah seperti agroforestri, perikanan, dan bentang alam pegunungan (Utomo et al., 2021).

2.1.6 Sumber Belajar Biologi

Sumber belajar dalam dunia pendidikan merupakan sebuah penunjang yang dapat membantu dalam proses pembelajaran. Menurut Yunanto dalam (Khanifah et al., 2012) sumber belajar adalah bahan yang mencakup media belajar, alat peraga, alat permainan untuk memberi informasi maupun berbagai keterampilan kepada anak dan orang dewasa yang berperan mendampingi anak dalam belajar. Sumber belajar dapat berupa tulisan (tulisan tangan atau hasil cetak), gambar foto, narasumber, benda-benda alamiah dan benda benda hasil budaya. Menurut Apriyeni dalam (Syamsurizal & Ardianti, 2021) Media pembelajaran yang menarik akan berdampak terhadap peningkatan kreativitas peserta didik dalam proses pembelajaran. Jika ditilik pada penerapannya kebanyakan sumber belajar masih belum diterapkan dengan fasilitas yang menarik, para pendidik hanya berfokus pada sumber buku paket saja. Hal ini menyebabkan pengetahuan sulit berkembang. Akan lebih baik bila penggunaan sumber belajar diperkuat menggunakan sumber terbaru atau menggunakan hasil dari suatu penelitian yang relevan dan memiliki konten yang berkaitan dengan kehidupan. Khususnya sebagai sumber dalam pembelajaran biologi.

Booklet dapat dijadikan media pendamping dalam pembelajaran di kelas sehingga dapat membantu peserta didik memahami materi (Syamsurizal & Ardianti, 2021). Salah satu materi biologi yang dapat disampaikan melalui booklet yaitu materi keanekaragaman hayati di Indonesia. Hasil dari penelitian Identifikasi Keanekaragaman Tumbuhan Paku (*Lycopodiophytina* Dan *Polypodiophytina*) di Kawasan Gunung Sawal Ciamis ini selanjutnya dibuat menjadi booklet dengan harapan dapat mendukung pemahaman para pelajar mengenai jenis tanaman paku. Dengan demikian hasil dari penelitian ini sedikitnya memberikan kontribusi bagi dunia pendidikan terutama dalam bidang pendidikan biologi.

Booklet yang dihasilkan dari penelitian ini akan dapat digunakan oleh pendidik atau pelajar khususnya tingkat menengah atas sebagai sumber belajar biologi dalam materi keanekaragaman hayati di Indonesia dan materi pengelompokan tumbuhan berdasarkan ciri- ciri umum. Sedangkan untuk masyarakat umum booklet ini dapat dijadikan sebagai sumber bacaan yang bermanfaat

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan hasil penelusuran kepustakaan yang telah penulis lakukan tentang tumbuhan paku (*Lycopodiophytina* dan *Polypodiophytina*) penelitian yang dilakukan oleh (Sugiarti, 2017), hasil penelitiannya bahwa tumbuhan paku yang ditemukan di Cagar Alam Pagerwunung terdiri dari 15 jenis yang termasuk dalam 6 suku. Kemudian juga terdapat dari (Leki et al., 2022) hasil penelitiannya bahwa hasil identifikasi tumbuhan paku yang ditemukan di daerah aliran Sungai Pepuwatu yaitu berjumlah 15 jenis tumbuhan paku.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Abarca, 2021) hasil penelitiannya menyatakan bahwa jenis tumbuhan paku terdiri atas 18 jenis dari 12 suku. Penelitian yang dilakukan oleh (Idris et al., 2019) hasil penelitiannya menyatakan bahwa jenis-jenis tumbuhan paku yang terdapat di hulu daerah aliran sungai yaitu 16 jenis yang terdiri dari 8 suku, 3 bangsa dan 2 kelas. Penelitian yang dilakukan oleh (Ayatusa'adah & Dewi, 2018), hasil penelitiannya adalah ditemukan

11 jenis tumbuhan paku yang berada di kawasan Kampus IAIN Palangka Raya, yang dikelompokkan ke dalam 5 suku.

2.3 Kerangka Konseptual

Tumbuhan paku merupakan salah satu tumbuhan yang tingkat keanekaragamannya tinggi di Indonesia dan memiliki beberapa manfaat baik secara ekologis maupun ekonomis. Tumbuhan paku mudah ditemui di berbagai tempat, baik di hutan, taman, maupun di sungai. Habitat tumbuhan paku sangat beragam, ada yang menempel di tumbuhan lain atau bebatuan (epifit), tumbuh di atas tanah (terrestrial), maupun di permukaan air (akuatik). Tumbuhan paku termasuk ke dalam kelompok tumbuhan yang sudah dapat dibedakan bagian-bagiannya, yaitu akar, batang, dan daun. Pertumbuhan tumbuhan paku sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, di antaranya suhu, intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan kelembapan udara.

Kawasan Gunung Sawal Ciamis memiliki karakteristik ekologis yang sangat mendukung keberadaan dan perkembangan tumbuhan paku. Faktor-faktor lingkungan seperti ketinggian tempat yang mana Gunung Sawal memiliki titik tertinggi mencapai 1.764 mdpl, suhu yang sejuk dan kelembapan yang tinggi serta, pH tanah netral yang ideal untuk tumbuh kembang tumbuhan paku. Kondisi habitat, serta vegetasi pendukung seperti banyak pohon tinggi sebagai kanopi untuk melindungi tumbuhan di bawahnya dari teriknya sinar matahari, yang mana membantu kelangsungan hidup tumbuhan paku, merupakan variabel yang secara langsung memengaruhi keberadaan dan distribusi tumbuhan paku di suatu kawasan. Kondisi Gunung Sawal yang masih alami, dengan air yang jernih dan banyak terdapat air terjun, menciptakan lingkungan yang lembap dan sejuk sehingga menjadi habitat yang ideal bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan tumbuhan paku. Kondisi lingkungan inilah yang menjadi faktor penentu keberadaan dan sebaran tumbuhan paku di kawasan Gunung Sawal Ciamis.

Gunung Sawal memiliki kondisi alam yang memungkinkan adanya potensi hayati yang tinggi, namun informasi mengenai keragaman jenis tumbuhan paku di kawasan tersebut masih sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian

yang secara spesifik mengidentifikasi jenis-jenis tumbuhan paku sebagai upaya pendataan potensi keanekaragaman hayati yang perlu dilestarikan. Penelitian ini berfokus pada dua subdivisi tumbuhan paku, yaitu Lycopodiophytina dan Polypodiophytina. Aspek-aspek yang diamati meliputi identifikasi jenis, karakter morfologis, habitat, distribusi, serta jumlah individu dari setiap jenis tumbuhan paku yang ditemukan di kawasan tersebut.

Untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai keanekaragaman tumbuhan paku di kawasan Gunung Sawal Ciamis, penelitian ini juga melakukan analisis keanekaragaman secara kuantitatif. Analisis tersebut mencakup perhitungan kekayaan spesies, kelimpahan individu, indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, serta indeks dominansi. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh data yang mampu menggambarkan kondisi ekologis tumbuhan paku secara lebih mendalam, serta memberikan informasi yang akurat mengenai sebaran dan tingkat keanekaragaman tumbuhan paku di kawasan Gunung Sawal Ciamis.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan profil keanekaragaman tumbuhan paku Gunung Sawal yang komprehensif, meliputi data spesies lokal yang tercatat di kawasan tersebut serta potensi ekologis tumbuhan paku bagi ekosistem sekitarnya. Data keanekaragaman ini menjadi acuan yang penting dalam upaya konservasi dan pelestarian biodiversitas tumbuhan paku, khususnya di wilayah Gunung Sawal Ciamis, Jawa Barat.

Hasil identifikasi keanekaragaman tumbuhan paku tersebut selanjutnya dikembangkan sebagai sumber belajar biologi yang dapat diaplikasikan dalam bentuk booklet. Potensi hasil penelitian sebagai sumber belajar biologi ditinjau dari berbagai aspek, antara lain kesesuaian dengan capaian pembelajaran, kesesuaian dengan materi Plantae dalam kurikulum, kontekstualitas lingkungan sekitar yang relevan bagi peserta didik, potensi pengembangan bahan ajar, kemudahan observasi di lapangan, nilai ilmiah, serta nilai konservasi keanekaragaman hayati di Indonesia. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengangkat judul “Studi Keanekaragaman Tumbuhan Paku (Subdivisi Lycopodiophytina dan Polypodiophytina) di Kawasan Gunung Sawal Ciamis sebagai Sumber Belajar

Biologi.”

2.4 Pertanyaan Penelitian

- 1) Bagaimana potensi keragaman tumbuhan paku yang ada di Gunung Sawal ?
- 2) Bagaimanakah deskripsi morfologi keanekaragaman jenis (*Lycopodiophytina* dan *Polypodiophytina*) yang ditemukan di Kawasan Gunung Sawal Kabupaten Ciamis?
- 3) Bagaimanakah deskripsi dari analisis indeks ekologis yang meliputi indeks keanekaragaman, indeks dominansi dan indeks nilai penting dari tumbuhan paku yang terdapat di Kawasan Gunung Sawal Kabupaten Ciamis
- 4) Bagaimanakah hasil penelitian tentang keanekaragaman jenis tumbuhan paku di kawasan Gunung Sawal Kabupaten Ciamis sebagai sumber belajar biologi?