

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Tumbuhan Paku (Pteridophyta)

Saat ini, tumbuhan paku merupakan tumbuhan vaskular tanpa biji yang paling luas, berjumlah lebih banyak dari 12.000 spesies. Meskipun paling beragam di daerah tropis, banyak tumbuhan paku tumbuh subur di hutan beriklim sedang, dan beberapa spesies bahkan beradaptasi pada habitat kering (Campbell et al., 2020). Semua lokasi di bumi ini memiliki tumbuhan, kecuali daerah dengan hujan salju yang terus-menerus dan daerah gersang (gurun). Saat ini ada hampir 10.000 spesies yang diketahui, dengan 3.000 di antaranya ditemukan di Indonesia. Daerah tropis basah adalah habitat bagi sebagian besar spesies ini. Tumbuhan paku mungkin memiliki daun besar dengan berbagai sistem tulang (makrofil) atau daun yang tidak bertulang (mikrofil) (Fahmawati, 2015). Tumbuhan paku merupakan tumbuhan hijau yang hidup sebagai saprofit bahkan ada yang epifit, mengandung klorofil. Tumbuhan paku area yang higrofit (lembap) mulai dari daerah pantai hingga sekitar kawah (Mulyadi, 2014).

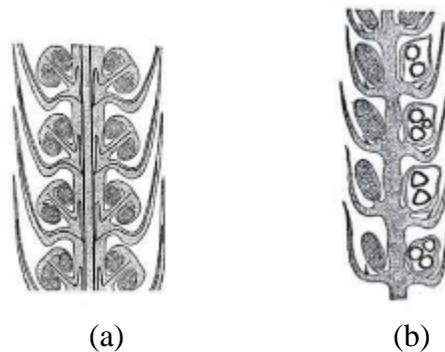
Ada banyak jenis paku-pakuan, beberapa di antaranya berupa pohon (paku pohon paku, yang biasanya tidak bercabang), epifit, mengambang di air, dan hidrofit, tetapi paling umum berbentuk tera dengan rimpang yang menyebar di tanah atau humus dan ental yang menopang daun dengan berbagai ukuran (hingga 6 m). Daun muda terus menempel dan melengkung ke atas (seperti gagang biola), yang merupakan ciri khas dari tumbuhan paku. Daun majemuk hampir secara umum ditemukan pada tumbuhan paku. Vegetasi suatu tempat sering dikendalikan oleh tumbuhan paku, yang membuat saluran dalam dan menutupi tanaman lain. Bagian daun tumbuhan paku memiliki dua fungsi yaitu bantuan tropofil dalam asimilasi (fotosintesis) dan bantuan porofil dalam produksi spora.

Tumbuhan paku dapat dikelompokkan menjadi dua jenis berdasarkan banyaknya spora yang dihasilkan, diantaranya:

- 1) Homospora semua spora memiliki ukuran dan jenis yang sama.
- 2) Spora yang dihasilkan memiliki dua jenis dan ukuran yang berbeda disebut heterospora. Spora jantan (mikrospora) dan betina (makrospora) terbentuk pada

tumbuhan paku heterospora. Berbeda dengan makrospora yang berkembang menjadi makroprotalium untuk membuat arkegonium, mikrospora kemudian berkembang menjadi mikroprotalium yang menghasilkan anteridium. Istilah makrospora dan mikrospora masing-masing sering mengacu pada spora berukuran besar dan kecil, namun hal ini tidak sepenuhnya benar karena *Equisetum*, yang termasuk tumbuhan paku heterospora memiliki spora dengan kedua ukuran tersebut. (Fahmawati, 2015).

Berikut merupakan jenis spora tumbuhan paku pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis spora tumbuhan paku
a) homospor b) heterospor
Sumber : (Hasnunidah, 2018)

2.1.1 Ciri-Ciri Umum Pteridophyta

Tumbuhan yang dikenal sebagai tumbuhan pakunya adalah pada fase sporofit. Pada tumbuhan paku, gametofit dikenal sebagai *prothallium* dan usianya hanya beberapa minggu. Morfologinya yang hanya berukuran beberapa sentimeter dan seringkali berbentuk hati, berwarna hijau, dan terhubung ke substrat dengan rizoid, mirip dengan talus *Hepaticae*. Di bagian bawah *prothallium*, di antara rizoid, terdapat *antheridia* dan *archegonium*. Memiliki akar berbentuk rizoid pada generasi gametofit, tumbuhan paku menunjukkan ciri-ciri akar serabut pada generasi sporofit. Titik perkembangan akar berbentuk segiempat, yang aktivitasnya bergerak ke luar untuk menghasilkan kaliptra sementara ke dalam untuk membentuk sel-sel akar, terdapat kaliptra untuk melindungi struktur anatomi akar di ujungnya. Ada fasikel (ikatan pembuluh) dari jenis konsentris di silinder tengah (xilem dikelilingi oleh floem) (Mulyadi, 2014).

Tumbuhan paku menunjukkan ciri-ciri seperti batang sejati berupa sporofit dan batang berupa protalium pada generasi gametofit. Sel-sel sklerenkim yang membentuk penguatan jaringan struktur arsitektur batang epidermis, banyak lubang korteks (ruang antar sel), xilem dan floem merupakan pusat silinder yang membentuk bundel pengangkut tipe konsentris. (Mulyadi, 2014). Selain itu, batang Pteridophyta tidak muncul dari ketiak daun dan malah bercabang atau menghasilkan cabang samping. (Hasnunidah, 2018).

Daun yang tumbuh pada percabangan tulang daun disebut dengan *frond*, dan dalam satu tangkai keseluruhan daunnya disebut dengan *pinna*.

Daun pada tumbuhan paku dibedakan menjadi tiga berdasarkan fungsinya, diantaranya:

1) Daun tropofil

Daun yang hanya mengandung klorofil dan dimanfaatkan untuk melakukan fotosintesis.

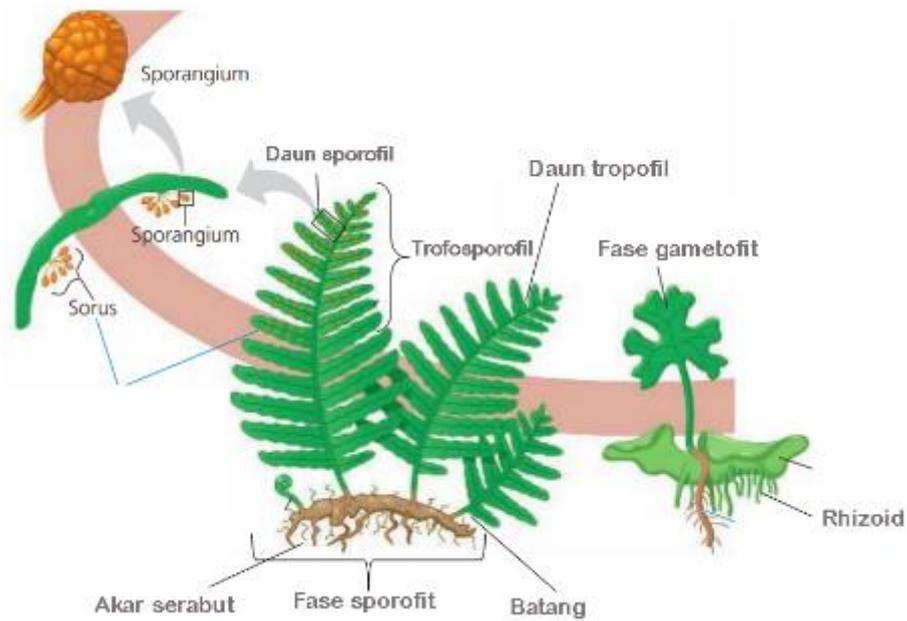
2) Daun sporofil

Daun yang pada bawah permukaannya memiliki bentuk berupa titik-titik hitam yang dapat disebut dengan sorus, di dalam sorus terdapat kumpulan sporangium yang menjadi tempat untuk spora.

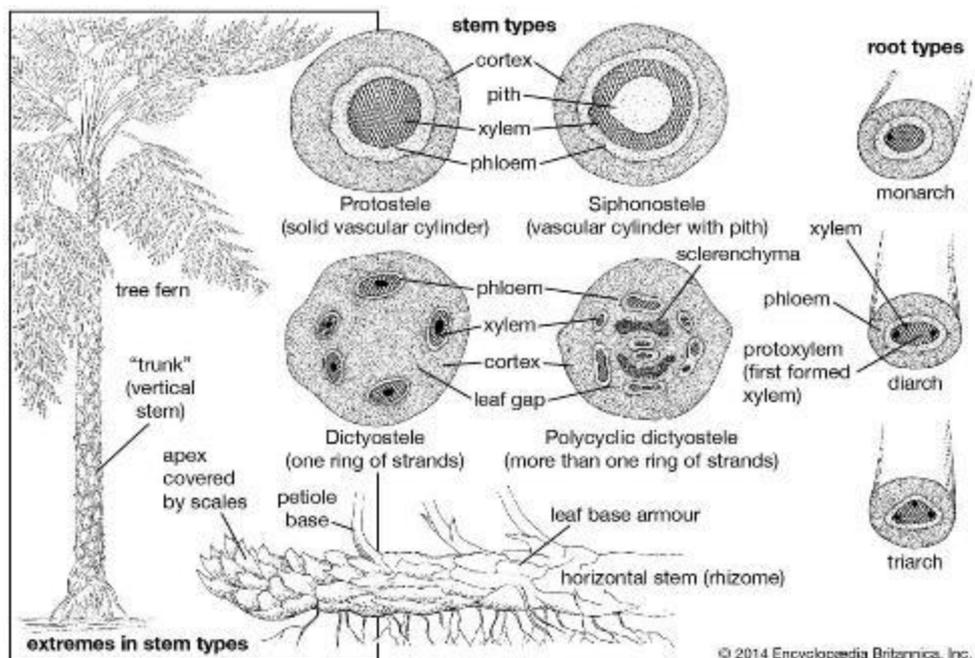
3) Trofosporofil

Daun yang dalam satu tangkainya memiliki anak-anak daun ada yang menghasilkan spora dan ada yang tidak menghasilkan spora.

Lebih jelasnya mengenai bagian-bagian morfologi dan anatomi dari akar, batang, dan daun tumbuhan paku dapat dilihat pada gambar 2.2 dan gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.2 Morfologi tumbuhan paku
 Sumber: (Campbell et al., 2020)

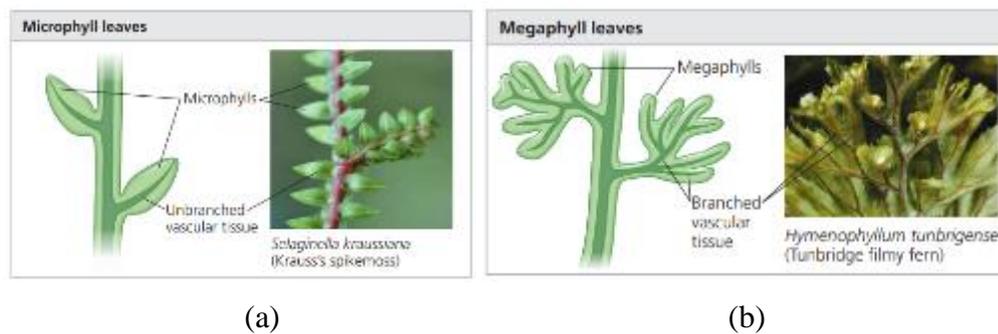


Gambar 2.3 Anatomi akar, batang, dan daun tumbuhan paku
 Sumber : (Gifford, 2014)

Berdasarkan ukuran daunnya, tumbuhan paku dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- 1) Daun mikrofil memiliki ukuran kecil, memiliki ketebalan selapis sel dan berbentuk rambut.
- 2) Daun makrofil memiliki ukuran besar dan tipis, sudah memiliki bagian-bagian daun seperti tulang daun, tangkai daun, mesofil dan epidermis.

Perbedaan daun mikrofil dan makrofil dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Perbedaan daun

a) Daun mikrofil b) Daun makrofil

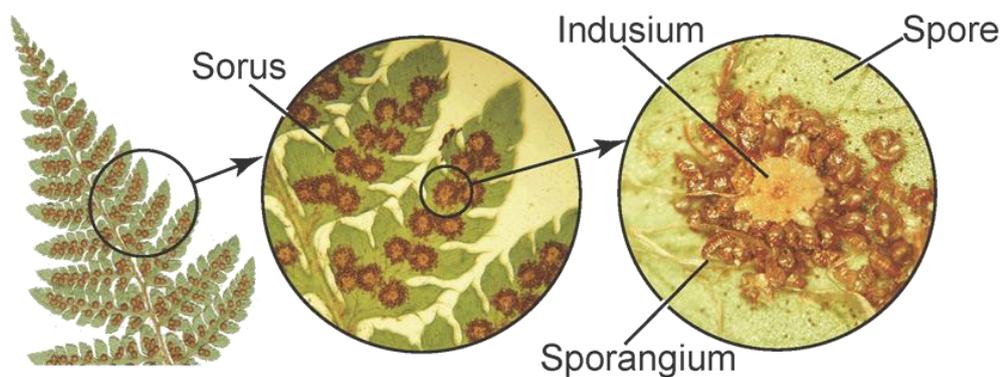
Sumber: (Campbell et al., 2020)

Pada bagian spora, tumbuhan paku memiliki ciri sebagai berikut:

- 1) Sporangium adalah tempat berkumpulnya spora. Ada sporangium di strobilus, sorus, atau synagium. Deretan sel mengelilingi setiap sporangium untuk membuat *annulus*, struktur seperti cincin yang mengatur pelepasan spora (Mulyadi, 2014)
- 2) Sporangium dan spora berkembang pada daun, terkadang di ketiak atau di ujung pucuk (Hasnunidah, 2018).
- 3) Sorus adalah tempat berkumpulnya sporangium. Selaput sel yang mengandung Indisium menjaga sorus yang sedang tumbuh. Sorus mengandung gugusan sporangium yang masing-masing mengandung ribuan spora (Mulyadi, 2014).
- 4) Sporangium mengandung lapisan dinding yang melindungi jaringan *sporogenous*. Sel induk spora bulat terbentuk ketika sel sporogen tumbuh dan membelah. Masing-masing dapat hidup bersama dengan tetraeder dan setelah pembelahan reduksi menghasilkan empat spora haploid.

- 5) Tiga lapisan dinding spora yang ada adalah perisporium, eksosporium, dan endosporium. Endosporium berdinding tipis terkait dengan inti eksosporium berdinding tebal dan kuat, dan perisporium adalah lapisan tambahan yang terdiri dari periplasmodium.
- 6) Makrospora adalah spora besar yang berevolusi menjadi *macroprothallium* selama perkecambahan. Mereka berasal dari makrosporangium.
- 7) Mikrosporangium adalah tempat berkembangnya spora kecil yang disebut mikrospora. *Microprothallium* tempat tumbuhnya mikrospora yang mengandung anteridium (Hasnunidah, 2018).

Lebih jelasnya mengenai spora pada tumbuhan paku dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini.



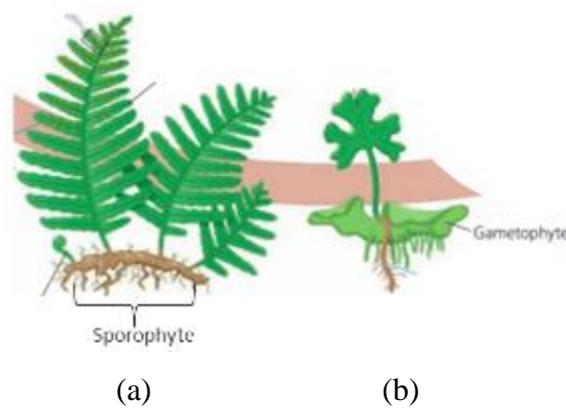
Gambar 2.5 Spora pada tumbuhan paku
Sumber : (Rachael & Ray, 2016)

Tumbuhan paku memiliki dua bentuk tubuh yaitu bentuk gametofit (n) dan bentuk sporofit ($2n$).

- 1) Generasi sporofit, memiliki ciri-ciri sebagai berikut:
 - a) Terbentuk ketika gamet betina (ovum) dan gamet jantan (sperma) terlebur.
 - b) Tumbuh pada saat fase gametofit, tumbuhan paku muda berkembang menjadi tumbuhan paku dewasa.
 - c) Daun sporofil dan daun tropofil adalah dua jenis daun yang dihasilkan tumbuhan paku dewasa.
 - d) Fase yang paling umum, hidup bebas dan berumur panjang dan lebih sering dikenal sebagai tumbuhan paku.

- 2) Generasi gametofit, memiliki ciri-ciri sebagai berikut:
- Lingkungan yang basah akan menyebabkan spora berkembang menjadi protalium.
 - Protalium adalah lembaran berbentuk hati dengan gamet di sisi atas dan rizoid di permukaan bawah (*antheridia dan archegonia*)
 - Akan tereduksi (Mulyadi, 2014).

Fase sporofit dan fase gametofit dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Fase Tumbuhan Paku
 a) Fase sporofit b) Fase gametofit
 Sumber: (Campbell et al., 2020)

2.1.2 Habitat

Bersama dengan elemen abiotik lainnya termasuk cahaya, angin, variasi suhu, dan tanaman di sekitarnya, habitat merupakan komponen penting dalam mempengaruhi umur panjang pakis.

Habitat utama pakis, secara umum, dapat ditemukan di lima tempat, termasuk

1) Kawasan Terbuka

Ini adalah kawasan sekelompok besar tumbuhan paku tumbuh. Habitat kelompok ini ada di bagian tanah yang gersang dan kering atau di tempat yang lembap dan basah. Contoh tumbuhan paku dengan kawasan terbuka dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Contoh paku dengan habitat di kawasan terbuka
 Sumber : (Abadiyah, Wahidah, & Hariz, 2019)

2) Kawasan terlindung

Pakis terrestrial yang tinggal di daerah terlindung memiliki kondisi tanah, udara, kelembapan, dan cahaya yang jauh berbeda dari pakis yang tumbuh subur di kawasan terbuka. Pakis di wilayah ini memiliki daun yang lebih tipis. Daerah riparian hutan primer adalah tempat Anda akan menemukan sebagian besar pakis ini.

3) Tumbuhan paku memanjat

Pakis khusus ini memiliki rimpang yang menjulang di atas tanah, dan jika menyentuh pohon besar ia akan terus memanjat. Akar ini kadang-kadang dapat tumbuh dari pangkal atau pangkal pohon besar dan kemudian naik ke atasnya. Contoh tumbuhan paku memanjat dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Contoh jenis paku memanjat
 Sumber : (Dwiyani, Yuswanti, Darmawati, Mayadewi, & Sukewijaya, 2017)

4) Tumbuhan paku epifit

Golongan paku yang hidup menempel pada pohon-pohon lain namun tidak bersifat merugikan (parasit) , hanya menempel di permukaan kulit kayu.

a) Epifit di kawasan terlindungi

Biasanya tumbuhan paku jenis ini dapat ditemukan di hutan. Cabang dan daun tumbuhan paku ini rapuh. Berkat daunnya yang tipis, tumbuhan paku ini cukup fleksibel untuk menyerap udara secara langsung melalui permukaan. Jenis tumbuhan paku khusus ini ditutupi lumut, yang membantu menahan dan menyimpan air.

b) Epifit di kawasan terbuka

Hampir sepanjang hari, tumbuhan paku jenis ini menerima sinar matahari langsung. Di sekelilingnya, udara lebih kering dan mengalami hembusan angin yang kencang. Saat hujan, akarnya dapat mengambil air sebanyak mungkin dan dapat menahan kehilangan air. Contoh jenis paku epifit dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Contoh jenis paku epifit

Sumber: (Agatha, Safitri, Pulungan, Maskana, & Sedayu, 2019)

5) Paku berhabitat di bebatuan dan pinggiran sungai

Tumbuhan paku ini berada di tebing di atas sungai atau medan yang kasar. Tumbuhan ini mengambil kelembapannya dari udara di sepanjang tepi sungai, dan rimpangnya yang memiliki beberapa akar tersebar luas di permukaan batu (Mulyadi, 2014). Contoh jenis paku dengan habitat bebatuan dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 Contoh jenis paku pada bebatuan
Sumber : (Agatha et al., 2019)

2.1.3 Klasifikasi dan Karakteristik *Familia Polypodiaceae*

Dalam sistem taksonomi menurut *Integrated Taxonomic Information System (ITIS)*, *Familia Polypodiaceae* termasuk ke dalam klasifikasi sebagai berikut:

Regnum : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Classis : Polypodiopsida

Ordo : Polypodiales

Familia : Polypodiaceae

Familia Polypodiaceae adalah salah satu kelompok yang paling kaya spesiesnya dari pakis yang masih ada, menampilkan keragaman morfologi dan sistematis yang luar biasa. Leptosporangi memakan paku-pakuan yang terdiversifikasi dalam kanopi yang didominasi angiosperma selama periode radiasi Kenozoikum, sehingga membentuk keragaman *Polypodiaceae*. Sebagian besar spesies dalam *Polypodiaceae* adalah epifit, dan *Familia* ini mewakili salah satu kelompok epifit vaskular pantropis yang paling beragam dan melimpah di hutan tropis dan subtropis (Liu, Wang, Su, & Wang, 2021).

Akar seringkali berbulu atau bersisik. Rimpang yang merambat atau berdiri tegak, memiliki segmen yang panjang dan jarang memperlihatkan batang yang sebenarnya. (Mulyadi, 2014). Daunnya sejenis daun tunggal atau majemuk dengan urat yang bebas atau berjarak dekat. Daun dan akar bersisik adalah hal biasa. Meski ada yang dimorfik, daun subur identik dengan daun steril (Hasnunidah, 2018).

Sporangium membentuk sorus pada anggota Familia Polypodiaceae. Sorus dibungkus dengan membran indusium sebelum dimasak. Receptakulum merupakan tonjolan jaringan daun tempat sporangium muncul. Sebuah *annulus* atau cincin sel yang menonjol dengan penebalan pada dinding radial dan bagian dalam membentuk dinding sporangium. Sporangium dapat terbuka karena mekanisme kohesi *annulus*, dan spora kemudian dapat dikeluarkan melalui celah stomium.

Sorus dapat mengambil berbagai bentuk dan dapat ditemukan di tengah, di tepi, atau bahkan di dalam urat daun sebagai garis memanjang atau membulat. Seluruh bagian bawah daun yang subur dengan *annulus longitudinal* yang tidak sempurna kadang-kadang tertutup sporangium. Sporangium pecah dengan celah melintang saat sudah matang sepenuhnya.

Keberadaan indusium tergantung pada apakah indusium itu terkait dengan tepi lipatan daun atau hanya satu sisi. Pembentukan sporangium di setiap sorus tidak merata karena semua sorus bertipe *mixtae* (Hasnunidah, 2018).

Menurut *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS) Familia *Polypodiaceae* memiliki 20 genus diantaranya sebagai berikut:

1. *Genus Adenophorus*

Genus paku epifit berukuran kecil hingga sedang yang terdiri dari 10 spesies dengan 2 hibrida interspesifik. Daunnya sederhana hingga 3 *pinnatifid*. Dua subgenera yang berbeda hadir, dengan satu membentuk klon dengan pertumbuhan rimpang dan percabangan dan yang lainnya dengan proliferasi akar. hibrida ada di antara spesies di setiap sub genus tetapi tidak di antara subgenera. Nama berasal dari adenos Yunani, kelenjar, dan phoros, bantalan, mengacu pada keberadaan rambut kelenjar (Gustafson, Herbst, & Rundel, 2014). Contoh dari *genus Adenophorus* dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut.

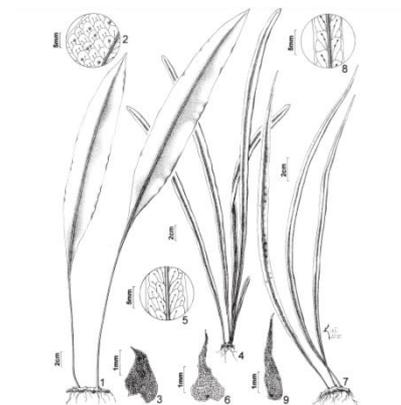


Gambar 2.11 *Adenophorus abietinus*
Sumber : (Thomas et al., 2020)

2. Genus *Campyloneurum*

Menurut Tryon dan Lellinger dalam (Labiak & Moran, 2018) *Campyloneurum* adalah genus pakis Neotropis yang tersebar dari Florida selatan hingga Brasil selatan dan Argentina utara. Ini terjadi di hampir semua ekosistem darat, dari permukaan laut hingga ca. 3500 m. Menurut Labiak dalam (Labiak & Moran, 2018) Sebagian besar spesiesnya bersifat epifit, namun ada juga yang bersifat epipetrik atau hemiepipititik .

Campyloneurum C. Presl adalah genus Neotropis dengan sekitar 50 spesies. Genus ini memiliki daun monomorfik yang mandul dan subur, helaian tunggal, utuh dan gundul atau dengan sedikit sisik pada rachis, sorus dalam 2 - 4 baris di antara urat lateral utama dan mereka tumbuh di ujung urat (Alexander Francisco Rojas-Alvarado, 2017) . Contoh dari *genus Campyloneurum* dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 *Campyloneurum acrocarpon*
Sumber : (Vasques & Prado, 2011)

3. *Genus Cochlidium*

Genus Cochlidium merupakan tumbuhan epifit dengan rimpang berdiameter 0,5-1 mm, kokoh, memanjat panjang, bersisik dengan sisik 1,5-2,5 x 0,2-0,3 mm, daun berbentuk lanset sampai lanset-linear, berwarna emas sampai cokelat kemerahan, tepinya rata. Stipe kurang dari 2 mm pada daun steril dan sampai 3 mm pada daun fertile, stipe terlihat jelas di kedua sisi, abu-abu gelap sampai kehitaman, lurus. Tulang daun sederhana, panjang sorus sekitar 1 mm berbentuk elips hingga lonjong, terbatas pada puncak yang diperluas dalam coenosori dengan panjang 2-6 mm (A. F. Rojas-Alvarado, 2007). Contoh *genus Cochlidium* dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut.



Gambar 2.13 *Cochlidium serrulatum*
Sumber : (Bauret et al., 2017)

4. *Genus Enterosora*

Menurut Bishop & Smith dalam (Shalisko, Sundue, Villalobos-Arámbula, Muñiz-Castro, & Vázquez-García, 2019) Genus *Enterosora* adalah salah satu genus tumbuhan paku grammitid pertama yang Neotropik. Genus *Enterosora* sangat khas bahkan mungkin mencolok untuk tumbuhan paku karena memiliki lamina yang tebal dan kenyal dengan ruang udara antar sel yang besar di dalam parenkim dan memiliki sorus sebagian besar memanjang dan agak cekung. Contoh dari *genus Enterosora* dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.14 *Enterosora sprucei*
Sumber : (Bauret et al., 2017)

5. *Genus Grammitis*

Genus pantropis dan austral besar dengan sekitar 400 spesies. Beberapa subgenera yang termasuk dalam genus ini diakui pada tingkat generik. Pakis ini sebagian besar berukuran kecil, biasanya epifit, dengan daun seluruhnya menyirip 3 dan sering mengandung trikoma . Sorus umumnya tersusun dalam barisan tunggal pada setiap sisi pelepah tetapi tersebar pada beberapa spesies. Genus ini sebelumnya ditempatkan di Grammitidaceae, sebuah *familia* yang sekarang termasuk dalam polypodiaceae (Gustafson et al., 2014). Contoh dari genus *Grammitis* dapat dilihat pada gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15 *Grammitis hookeri*
Sumber : (Gustafson et al., 2014)

6. *Genus Lellingeria*

Genus Lellingeria merupakan tumbuhan epifit kadang-kadang terestrial, rimpang pendek, bersisik, merayap atau tegak. Sebagian besar daun bersifat monomorfik, hanya *L. myosuroides* yang sebagian dimorfik, tangkai daun pendek sampai panjang, berwarna cokelat sampai hitam, dan daun menyirip. Stipe bercabang dan sorus yang cekung ke dalam helaian daun (Forero-M & Murillo-A, 2010). Contoh *genus Lellingeria* dapat dilihat pada gambar 2.16 berikut.



Gambar 2.16 *Lellingeria saffordii*

Sumber : (Ranker, Sundue, Labiak, Parris, & Rouhan, 2010)

7. *Genus Lepisorus*

Genus Lepisorus berisi sekitar 90 spesies, terutama di Asia Timur, dengan beberapa anggota di Afrika, Kepulauan Malesia dan Pasifik, seperti Hawaii. Tumbuhan epifit atau epilitik. Rimpang pendek atau panjang merayap, tertutup sisik, terkadang gundul saat dewasa, sisik bulat telur hingga lanset. Daun sederhana, monomorfik, atau dimorfik. Stipe pendek, kadang-kadang tidak ada, sedikit bersisik; lamina linear hingga lanset. Sporangium biasanya leptosporangium bertangkai panjang (Zhao, Wei, Zhang, & Xiang, 2020). Contoh dari *genus Lepisorus* dapat dilihat pada gambar 2.17 berikut.



Gambar 2.17 *Lepisorus longifolius*
Sumber : (Zhao et al., 2020)

8. Genus *Melpomene*

Distribusi terutama neotropis. Daunnya pinnatifid dan monomorfik. Sori bulat atau jarang agak lonjong, terletak di sepanjang atau di kedua sisi. Genus *Melpomene* telah terbukti bersifat monofiletik. Genus tersebut sebelumnya termasuk dalam genus *Grammitis* dan membutuhkan revisi monografi (Crouch, Klopper, Burrows, & Burrows, 2012). Contoh genus *Melpomene* dapat dilihat pada gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.18 *Melpomene flabelliformis*
Sumber : (Crouch et al., 2012)

9. Genus *Microgramma*

Daun sederhana, monomorfik atau dimorfik. Sori biasanya bulat, kadang memanjang, dalam satu atau lebih seri di kedua sisi vena primer. Distribusi genus *Microgramma* ini neotropis. Genus ini sangat erat hubungannya dengan genus *Polypodium* (Crouch et al., 2012). Contoh genus *Microgramma* dapat dilihat pada gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.19 *Microgamma mauritiana*
Sumber : (Crouch et al., 2012)

10. Genus *Microsorium*

Genus *Microsorium* dapat bersifat monofiletik atau bisa juga bersifat parafiletik (Perrie, Field, Ohlsen, & Brownsey, 2021). Pakis epifit, rupestral atau terrestrial. Rimpang rambat panjang atau rambat pendek, bersisik. Sisik rimpang *clathrate*, *squarrose* atau *appressed*. Daun monomorfik atau dimorfik, diartikulasikan ke tangkai pendek (*phyllopodia*) pada interval di sepanjang rimpang. Lamina tidak terbagi, berlobus beragam atau sangat 1-pinnatifid. Sori bulat atau agak memanjang, dangkal atau terkesan ke dalam lamina dan menggembung di permukaan atas, tersusun dalam satu baris di kedua sisi costa atau lebih dari satu baris atau tersebar di permukaan lamina (Brownsey & Perrie, 2014). Contoh dari genus *Microsom* dapat dilihat pada gambar 2.20 berikut.



Gambar 2.20 *Microsorium scolopendria*
Sumber : (Crouch et al., 2012)

11. *Genus Niphidium*

Genus Niphidium memiliki rimpang merayap pendek bersisik, memiliki daun yang panjangnya 35–125 cm, bangun daun lanset terbalik, stipe tidak ada hingga panjang 30 cm, pangkal daun meruncing, lebar 4,5–11 (14) cm, permukaan daun gundul, rimpang dengan beberapa sisik tersebar sepanjang 2-3 mm (Hill, Paniagua-zambrana, & Bussmann, 2020). Contoh dari *Genus Niphidium* dapat dilihat pada gambar 2.21 berikut.



Gambar 2.21 *Niphidium crassifolium*
Sumber : (Hill et al., 2020)

12. *Genus Oreogrammitis*

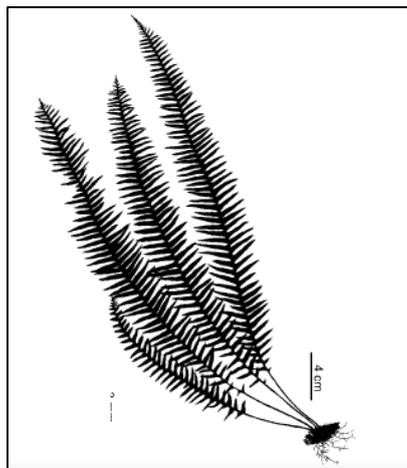
Genus Oreogrammitis memiliki karakteristik rimpang dorsiventral, tidak diartikulasikan ke rimpang, padat bersisik, berwarna kekuningan cokelat, gundul. Daun berbentuk lanset linear, ujung daun runcing sampai memanjang di dasar, hampir *concolorous* atau sedikit lebih gelap dari lamina; tulang daun tidak jelas (kadang-kadang terlihat di daun tua), Sorus membulat sampai elips di apikal 1/3-2/3 helaian daun tetapi tidak di bawah ujung daun, sporangium gundul atau dengan 1-2 setae di ujung daun (Chang et al., 2019). Contoh *Genus Oreogrammitis* dapat dilihat pada gambar 2.22 berikut.



Gambar 2.22 *Oreogrammitis caespitosa*
Sumber : (Chang et al., 2019)

13. Genus *Pecluma*

Menurut Price, Hennipman dan Moran dalam (Santiago, Xavier, Pietrobon, & Barros, 2013) menjelaskan bahwa Genus *Pecluma* M.G. Price terdiri dari terestrial, pakis epifit atau epilitik, biasanya berukuran sedang. Genus ini memiliki sekitar 30 spesies dari Florida hingga Argentina utara, dengan serangkaian karakteristik unik yaitu rimpang merayap pendek, sisik yang melekat pada dasarnya, daun berderet searah pada satu sisi *thallus* utama, lamina steril dengan sel asikular berbentuk unik di sampingnya, rambut kelenjar bercabang atau tidak bercabang. Contoh dari genus *Pecluma* dapat dilihat pada gambar 2.23 berikut.



Gambar 2.23 *Pecluma truncorum*
Sumber : (Martínez, Assis, Meza Torres, Cacharani, & Jaimez, 2016)

14. *Genus Phlebodium*

Menurut Tejero-Diaz dalam (Almeida, Sousa, Costa, & Salino, 2017) menyebutkan bahwa *Genus Phlebodium* adalah tumbuhan epifit. Rimpang merayap panjang, ditutupi oleh sisik oranye-merah hingga kecokelatan, tidak bersisik, berbintik-bintik, filopodia jelas. Daun monomorfik, diartikulasikan dengan batang, tangkai daun panjang, lamina *pinnatifid* sampai menyirip. Sorus bulat dan spora monolet. Contoh dari *genus Phlebodium* dapat dilihat pada gambar 2.24 berikut.



Gambar 2.24 *Phlebodium decumanum*

Sumber : (Almeida et al., 2017)

15. *Genus Phymatosorus*

Genus Phymatosorus dapat hidup epifit hingga epipetrik dan kadang-kadang terestrial. Daun keriting kasar, bergaris panjang sampai pendek, dengan sisik tersebar. Daun ditanggung pada interval lebar di sepanjang rimpang, lamina sederhana dan utuh, berlekuk atau sangat *pinnatifid*, gundul. Sorus bulat atau agak memanjang (Tejero-Díez & Torres-Díaz, 2014). Contoh *genus Phymatosorus* dapat dilihat pada gambar 2.25 berikut.



Gambar 2.25 *Phymatosorus grossus*

Sumber : (Tejero-Díez & Torres-Díaz, 2014)

16. Genus *Platycerium*

Sporangium dari genus *Platycerum* berada di bagian bawah daerah subur daun. Daun dimorfik, daun lepas dalam lekukan pada rimpang. Bagian bawahnya berdaging tebal dan memiliki daun yang sebagian (daun sarang) melekat pada pangkal atau seluruhnya pada rimpang atau substrat dan tersusun seperti genteng. Daun bulat, berbentuk ginjal, atau lonjong terbalik. Akar muncul di bagian yang tidak menempel pada substrat, dan area di antara daun penting untuk penumpukan humus. Daun awalnya berwarna hijau, daun ini berubah menjadi pirang karena ditutupi dengan yang segar. Daun yang subur biasanya bercabang, cabang-cabang terkulai yang kadang-kadang termasuk rambut bintang yang terkulai. Vena berjarak dekat, dan cabang tulang ibu bercabang. Pada singkapan berbatu tumbuh rimpang pendek dan merayap. Contoh *P. bifurcatum* (simbar menjangan, paku tanduk rusa) *P. coronarium*. Contoh genus *Platycerum* dapat dilihat pada gambar 2.26 berikut.



Gambar 2.26 *Platycerum bifurcatum*

Sumber : (Abadiyah et al., 2019)

17. Genus *Pleopeltis*

Distribusi dominan neotropis. Daun sederhana sampai *pinnatifid*, monomorfik atau kadang-kadang dimorfik. Sorus biasanya bulat, kadang elips atau memanjang, biasanya dalam satu baris di kedua sisi vena primer atau sekunder. Genus ini sangat erat hubungannya dengan genus *Polypodium* (Crouch et al., 2012). Contoh genus *Pleopeltis* dapat dilihat pada gambar 2.27 berikut.



Gambar 2.27 *Pleopeltis polypodioides*
Sumber : (Crouch et al., 2012)

18. Genus *Polypodium*

Genus Polypodium memiliki sorus pada sisik bawah daun berbaris atau tidak beraturan, tanpa indusium, bulat, memanjang, berbentuk garis atau tidak teratur bentuknya, kadang-kadang terbenam pada suatu cekungan. Daun bermacam-macam bentuk dan susunannya, dapat terlepas dari rimpang atau tidak. Rimpang pun bermacam-macam bentuk dan sifatnya. Marga ini terdiri atas banyak jenis, antara lain *Polypodium vulgare*, *P. si-nuosum*, *P. sundaicum*, *P. trilobum*, *P. triquetrum*, *P. feei*. Contoh dari genus *Polypodium* dapat dilihat pada gambar 2.28 berikut.



Gambar 2.28 *Polypodium pellucidum*
Sumber : (Gustafson et al., 2014)

19. *Genus Pyrrosia*

Distribusi paleotropis. Daun sederhana, monomorfik atau sedikit dimorfik. Sorus membulat hingga agak memanjang, terkadang konfluen (Crouch et al., 2012). Contoh genus *Pyrrosia* dapat dilihat pada gambar 2.29 berikut.



Gambar 2.29 *Pyrrosia Africana*
Sumber : (Crouch et al., 2012)

20. *Genus Serpocaulon*

Tumbuhan terrestrial dengan rimpang merayap panjang, berduri, banyak bersisik. Daun tegak, monomorfik, tangkai daun cokelat, gundul, lamina *1-pinnate*, rachis gundul (Schwartzburd & Smith, 2013). Sorus bulat, dalam satu atau lebih baris antara pantai dan margin segmen, timbul di puncak vena, parafisis ada atau tidak ada. Spora monolet (Almeida et al., 2017). Contoh genus *Serpocaulon* dapat dilihat pada gambar 2.30 berikut.



Gambar 2.30 *Serpocaulon catharinae*
Sumber : (Sanín, Ballego-Campos, Duarte, Salino, & Paiva, 2021)

2.1.4 Hubungan Kekerbatan

Hubungan kekerabatan ialah sistem pengklasifikasian berdasar deskripsi karakter-karakter tertentu yang mirip untuk menunjukkan hubungan Rincon (Muhimmatin et al., 2016). Hubungan kekerabatan dapat ditemukan melalui sistem klasifikasi di mana menurut (Bhattacharyya, 2016) menyatakan bahwa klasifikasi tumbuhan merupakan penempatan tumbuhan atau kelompok tumbuhan dalam kompartemen terpisah pada tingkatan yang berbeda berdasarkan perbedaan fenetik, hubungan filogenetik, atau hanya kriteria buatan. Dengan demikian, individu - individu yang memiliki kemiripan yang sangat dekat satu sama lain dapat dikelompokkan dalam satu spesies, beberapa spesies yang memiliki banyak karakteristik yang sama dikelompokkan dalam satu genus, genus – genus yang sama dikelompokkan dalam satu *familia* dan seterusnya.

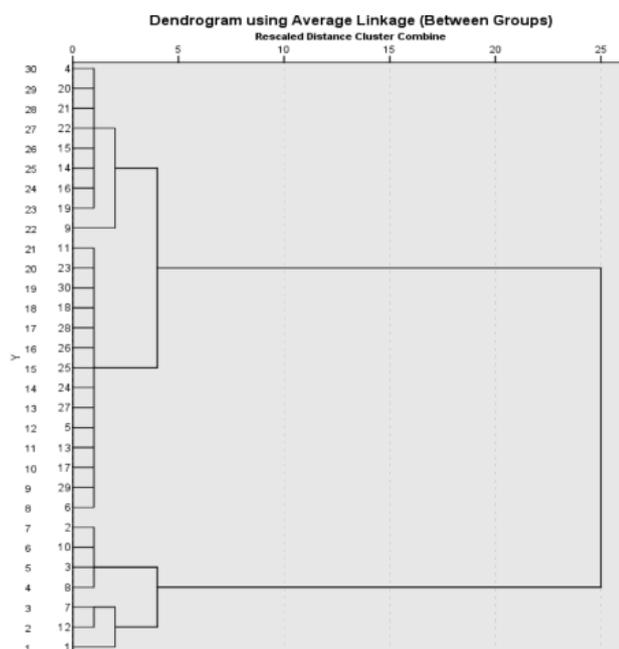
Kemiripan antar spesies hingga dapat membentuk sistem klasifikasi dapat dicari melalui studi morfologi. Morfologi tumbuhan secara umum adalah studi tentang perkembangan bentuk, struktur tumbuhan, yang diinterpretasikan berdasarkan kesamaan asal bentuk dan susunan tubuh tersebut. Morfologi tumbuhan memiliki fungsi untuk menggambarkan bagaimana wujud atau bentuk tumbuhan dengan deskripsi (Liunokas & Billik, 2021).

Komputer telah digunakan secara luas dalam pengembangan metode kuantitatif dalam klasifikasi tumbuhan, yang melahirkan bidang baru dalam taksonomi tumbuhan yang dikenal sebagai taksonomi numerik, taksometri, atau taksonometri (Bhattacharyya, 2016).

Taksonomi numerik didefinisikan sebagai metode evaluasi kuantitatif mengenai kesamaan atau kemiripan sifat antar golongan organisme, dan penataan golongan-golongan itu melalui suatu analisis yang dikenal sebagai “analisis kelompok” (*cluster analysis*) ke dalam kategori takson yang lebih tinggi atas dasar kesamaan-kesamaan tadi. Peranan komputer adalah untuk mengerjakan perbandingan kuantitatif antara organisme mengenai sejumlah besar ciri-ciri secara simultan.

Adapun salah satu contoh metode pengelompokkan dalam analisis *cluster* adalah metode hirarkis yaitu memulai pengelompokkan dengan dua atau lebih

objek yang mempunyai kesamaan paling dekat. Kemudian diteruskan pada objek yang lain dan seterusnya hingga cluster akan membentuk semacam ‘pohon’ di mana terdapat tingkatan (hirarki) yang jelas antar objek, dari yang paling mirip hingga yang paling tidak mirip. Alat bantu untuk memperjelas proses hierarki ini disebut dendogram (Prakasa & Kurnianingtyas, 2022). Contoh dendogram dapat dilihat pada gambar 2.31 di bawah ini.



Gambar 2.31 Contoh Dendogram
Sumber: (Prakasa & Kurnianingtyas, 2022)

Dalam dendogram di atas, dapat kita lihat bahwa nomor 4,20,21,22,15,14,16,19 membentuk sebuah klaster tersendiri karena mempunyai garis yang sama/mirip dengan yang lain dibuktikan dengan angka mendekati nol (0). Kemudian cluster tersebut bergabung dengan nomor 9 membentuk suatu cluster tersendiri.

Demikian seterusnya proses aglomerasi berjalan ke arah kanan dengan menggunakan petunjuk panjang garis yang semakin ke kanan hingga akhirnya semua variabel akan tergabung menjadi satu *cluster* (Prakasa & Kurnianingtyas, 2022).

Taksonomi numerik didasarkan pada tujuh prinsip:

1. Semakin besar isi informasi dalam takson suatu klasifikasi dan semakin banyak karakter yang mendasarinya, semakin baik klasifikasinya.
2. Setiap karakter memiliki nilai yang setara dalam membentuk takson alami.
3. Kesamaan menyeluruh antara dua entitas apapun merupakan fungsi dari kesamaan individu tersebut terhadap setiap karakter-karakter yang dibandingkan.
4. Takson yang berbeda dapat dikenali karena korelasi karakter bervariasi pada kelompok organisme yang diteliti.
5. Inferensi filogenetik dapat dibuat dari struktur taksonomi suatu kelompok dan dari korelasi karakter yang memberikan asumsi-asumsi pasti tentang jalur dan mekanisme evolusi.
6. Taksonomi dipandang dan dipraktikkan sebagai ilmu empiris.
7. Klasifikasi didasarkan pada kesamaan fenetik (Bhattacharyya, 2016).

Taksonomi numerik didasarkan atas bukti-bukti fenetik, artinya didasarkan atas kemungkinan-kemungkinan perkembangan filogenetiknya. Kegiatan-kegiatan dalam taksonomi numerik bersifat empirik operasional, dan data serta kesimpulannya selalu dapat diuji kembali melalui observasi dan eksperimen. Langkah-langkah yang perlu diambil dalam melaksanakan kegiatannya, meliputi:

1. Pemilihan objek studi, yang dapat berupa individu, galur, varietas, jenis, dan seterusnya. Yang penting untuk diperhatikan ialah bahwa unit-unit yang dijadikan objek-objek studi harus benar mewakili golongan organisme yang sedang digarap. Unit terkecil sebagai objek studi disebut unit taksonomi operasional (*OTU-Operational Taxonomic Unit*).
2. Pemilihan ciri-ciri yang akan diberi angka (*score*). Jumlah ciri yang akan dipilih untuk pemberian angka harus cukup banyak, sekurang-kurangnya 50 (lima puluh) ciri, yang masing-masing diberi kode dan selanjutnya disusun dalam bentuk tabel atau matriks (Gembong, 2013). Menurut Sneath dan Sokal dalam (Bhattacharyya, 2016) Karakter-karakter ini sebaiknya berasal dari semua bagian tumbuhan dan semua tahapan dalam siklus hidupnya. Karakter-karakter yang dipilih harus diberi kode, simbol, atau tanda.

3. Pengukuran kemiripan. Kemiripan ditentukan dengan membandingkan tiap ciri pada masing unit taksonomi operasional. Banyaknya atau besarnya kesamaan diberi angka yang dinyatakan dalam %, sehingga angka-angka kemiripan itu akan berkisar dari 0 (tidak ada kemiripan) sampai 100 untuk keadaan persis sama (identik).
4. Analisis kelompok (*cluster analysis*). Matriks kemiripan kemudian ditata kembali, sehingga unit-unit taksonomi operasional yang mempunyai kemiripan bersama yang paling tinggi dapat dikumpulkan menjadi satu. Ini dapat dilakukan dengan berbagai cara yang memungkinkan penentuan takson atau kelompok yang sekerabat. Kelompok-kelompok itu disebut fenon dan dapat ditata secara hierarki dalam suatu diagram yang disebut dendogram. Dengan manasuka (arbitrar) memilih aras kemiripan tertentu yang dianggap paling tepat untuk setiap tingkat, dengan ini tersedia sarana yang objektif untuk penentuan tingkat secara seragam dalam seluruh kelompok yang diklasifikasikan dengan sarana numerik ini.
5. Diskriminasi. Setelah klasifikasi dilakukan, kita dapat menelaah kembali ciri-ciri yang dilibatkan dalam kegiatan ini, untuk menemukan ciri yang paling konstan dan oleh karena paling bernilai untuk pembuatan kunci identifikasi dan diagnosis (Tjitrosoepomo, 2013).

2.1.5 Sumber Belajar Biologi

Sumber belajar berasal dari dua kata yaitu sumber dan belajar. Sumber biasa dikenal dengan istilah asal, awal mula, dan bahan sedangkan belajar merupakan proses mencari pengalaman. Jadi sumber belajar adalah semua bahan yang memfasilitasi proses seseorang mendapatkan pengalaman (Santrianawati, 2018).

Menurut Abdul Majid (2008) dalam (Yeni, 2020) mengatakan bahwa sumber belajar dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Manusia adalah makhluk yang dapat berkomunikasi secara langsung, seperti guru, konselor, dan administrator, yang sengaja diciptakan untuk tujuan memajukan pembelajaran (*by design*).
2. Bahan yaitu segala sesuatu yang mengandung pesan pendidikan, termasuk film pendidikan yang dibuat khusus, peta, bagan, buku, yang disebut sebagai media

pembelajaran, serta sumber daya umum yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan pendidikan.

3. Lingkungan yaitu area dan lokasi dimana sumber dan siswa dapat berinteraksi. Tempat-tempat yang secara khusus dibuat untuk mempromosikan pembelajaran, seperti perpustakaan, laboratorium, taman, atau latar alami lainnya seperti museum atau taman nasional.
4. Alat dan perlengkapan yaitu perangkat pembelajaran untuk merekam dan/atau memutar ulang sumber lain, seperti kamera, *slide*, dan *tape recorder*.
5. Aktivitas yaitu sumber belajar yang merupakan kombinasi antara teknik dengan sumber lain untuk memudahkan proses belajar.

Menurut Hanafi yang telah dikutip oleh Karwono dan Mularsih dalam (Herman et al., 2022) terdapat enam fungsi sumber belajar, yaitu:

1. Sumber belajar memiliki fungsi untuk meningkatkan produktivitas pendidikan dengan mempercepat laju pembelajaran, membantu guru memanfaatkan waktu mereka, dan meringankan beban penyampaian informasi sehingga dapat mendorong dan menumbuhkan semangat siswa.
2. Dengan mengurangi sifat tenaga pengajar yang kaku dan konvensional, sumber belajar berfungsi untuk menyelenggarakan pendidikan yang lebih bersifat individual dan dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar sesuai dengan kemampuannya.
3. Dengan menciptakan program pembelajaran yang lebih metodis dan bahan ajar yang berbasis penelitian, sumber belajar membantu terciptanya landasan yang lebih ilmiah.
4. Sumber belajar memiliki fungsi untuk memperkuat pembelajaran sekaligus meningkatkan kemampuan menggunakan media komunikasi dan penyajian data dan informasi secara lebih nyata.
5. Sumber belajar berfungsi untuk menyajikan pendidikan yang lebih luas, terutama dengan munculnya media massa, dengan memanfaatkan penggunaan bersama untuk mencegah pemborosan tenaga dan penyajian informasi secara lebih luas.

Menurut Marsh dalam (Yeni, 2020) sumber belajar biologi adalah segala sesuatu yang dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan pengalaman dalam memecahkan masalah biologi tertentu, baik itu materi maupun gejalanya, dapat dianggap sebagai sumber pendidikan biologi. Materi pembelajaran mendukung dan memperlancar proses pendidikan. Sumber daya untuk pendidikan biologi tersedia baik di dalam maupun di luar kelas.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Izzatinnisa & Utami, 2020) Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode eksplorasi dan dilakukan pengamatan karakter morfologi sporofit, dengan hasil ditemukan sebanyak enam spesies dari *Familia* Polypodiaceae diantaranya *Belvisia mucronata*, *Goniophlebium sp*, *Lepisorus sp*, *Pyrrosia piloselloides*, *Crypsinus taeniatus* dan *Drynaria sparsisora* dari hasil penelitian dari keenam spesies yang ditemukan menunjukkan dua klaster yaitu kelompok 1 yang terdiri atas *Goniophlebium sp*, *Lepisorus sp*, dan *Pyrrosia piloselloides* dengan indeks koefisien kesamaan 53% dan kelompok II terdiri atas *Drynaria sparsisora*, *Goniophlebium sp*, dan *Pyrrosia piloselloides* dengan indeks kesamaan 46%.

Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh (Apriyanti, Santri, & Madang, 2017) Penelitian ini menggunakan metode survei deskriptif dengan teknik jelajah yaitu dengan batasan pengambilan sampel 200 meter di sebelah kanan (Barat Laut) dan sebelah kiri (Utara) air terjun, dengan hasil dari 12 jenis spesies tumbuhan paku yang ditemukan, hubungan kekerabatan paling dekat yaitu *Nephrolepis bisserata* (Sw.) Schott. dan *Nephrolepis falcata* (Cav.) C. Chr. yang memiliki persentase kekerabatan sebesar 30,1%, dan dari 12 jenis spesies tumbuhan paku yang ditemukan secara morfologi memiliki hubungan kekerabatan sebesar 11,6%-30,1%.

Penelitian lain yang relevan ialah penelitian yang dilakukan oleh (Suryadi, Muhibuddin, Hasanuddin, Samingan, & Nurmaliah, 2020) Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan survei dengan pendekatan kualitatif. Data dianalisis menggunakan metode Analisis *Cluster* yang disajikan dalam bentuk

fenogram, dengan hasil bahwa kekerabatan terdekat ditunjukkan pada spesies *Nephrolepis cordifolia* (L.) Schott dan *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott yang menunjukkan bahwa kedua spesies dengan nilai jarak taksonomi terkecil yaitu 1,73, memiliki kesamaan karakter morfologi dan anatomi, sedangkan kekerabatan terjauh adalah jenis *Nephrolepis cordifolia* (L.) Schott, *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott., *Davalia denticulata* (Burm. F) ex. Kuhn., *Pteris vitata* L., *Pyrrosia piloseloides* (L.) MG Price., dan *Drynaria bonni*. Crist., *Adiantum caudatum* L., *Crypsinus enervis* (Cav.) Copel, *Davalia denticulata* (Burm. F.) Mett. Ex Kuhn., *Drynaria bonni* H. Crist., *Adiantum caudatum* L., dan *Pyrrosia piloseloides* (L.), MG Presl., *Pteris vitata* L., dengan nilai jarak taksonomi 4,36.

2.3 Kerangka Konseptual

Kawasan Gunung Galunggung secara administratif terletak di Desa Linggarjati Kecamatan Sukaratu Kabupaten Tasikmalaya, dengan jarak sekitar 17 kilometer dari pusat Kota Tasikmalaya. Gunung Galunggung memiliki letak astronomis yang berada pada titik koordinat 108° ,04' BT dan 07° 15' LS dengan ketinggian 2.167 mdpl. Kondisi geografis dan vegetasi Gunung Galunggung yang alami menjadikannya memiliki banyak jenis Flora dan Fauna baik yang umum maupun yang endemik, terutama tumbuhan paku yang banyak dijumpai karena habitatnya yang cocok untuk ditumbuhi tumbuhan paku.

Tumbuhan paku termasuk ke dalam tumbuhan tingkat rendah namun telah memiliki jaringan pembuluh juga merupakan tumbuhan kormus yang memiliki saluran pembuluh di mana sudah dapat dengan mudah membedakan antara akar, batang dan daun, namun demikian tumbuhan paku masih menggunakan spora untuk perkembangbiakannya. Tumbuhan paku dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan, tanaman hias maupun diolah untuk dijadikan bahan makanan. Selain itu, tumbuhan paku juga berandaat untuk memelihara ekosistem hutan dalam pembentukan tanah, menahan tanah dari erosi dan membantu proses pelapukan serasah hutan.

Familia Polypodiaceae merupakan suku tumbuhan paku yang terbesar dengan anggota sekitar 35-40 genus dan 600 spesies. *Familia* Polypodiaceae memiliki karakteristik antara lain habitatnya bermacam-macam namun kebanyakan

epifit, memiliki daun tunggal atau majemuk dengan ukuran yang beragam, memiliki akar dan daun yang seringkali berambut, sporangium berkumpul menjadi sorus dengan bentuk sorus bermacam-macam yang terletak di tengah atau tepi daun, sorus dapat membentuk garis satau memanjang. *Familia* Polypodiaceae meliputi genus diantaranya *Adenophorus*, *Campyloneurum*, *Cochlidium*, *Enterosora*, *Grammitis*, *Lellingeria*, *Lepisorus*, *Melpomene*, *Microgramma*, *Microsorium*, *Neurodium*, *Niphidium*, *Oreogrammitis*, *Pecluma*, *Phlebodium*, *Phymatosorus*, *Platyserium*, *Pleopeltis*, *Polypodium*, *Pyrrosia*, *Serpocaulon*, dan *Zypoghlebia*. Dari setiap anak suku yang ada, banyak yang tidak menunjukkan keseragaman diantara anggota-anggotanya untuk itu diperlukan studi hubungan kekerabatan antar anak suku agar diketahui kekerabatan tersebut berasal dari karakteristik seperti apa.

Hubungan kekerabatan dapat diketahui melalui studi sistem klasifikasi kontemporer di mana dalam melakukan pencarian hubungan kekerabatan memerlukan karakteristik dari morfologi spesies yang akan dicari hubungan kekerabatannya. Sistem klasifikasi kontemporer atau disebut juga dengan taksonomi numerik ini dilakukan berdasarkan bukti-bukti fenetik yaitu didasarkan atas kemungkinan-kemungkinan perkembangan filogenetiknya. Sistem klasifikasi kontemporer dapat dilakukan dengan langkah-langkah seperti pemilihan objek studi yang berupa individu, galur, varietas dan sebagainya, namun unit yang dijadikan objek harus mewakili golongan organisme yang sedang dikerjakan, unit terkecil yang digunakan sebagai objek studi disebut dengan *Operational Taxonomic Unit* (OTU). Selanjutnya menadani ciri-ciri pada objek studi di mana ketika ditemukan karakteristik yang sama dengan tabel instrument penelitian maka diberi skor 1 dan yang tidak memiliki karakteristik sesuai dengan tabel instrument penelitian maka diberi skor 0, setelah itu dilanjutkan dengan mengukur kemiripan dengan besarnya kesamaan akan berkisar mulai dari 0%-100%, di mana 0% diartikan dengan tidak ada kemiripan sedangkan 100% untuk keadaan identik, selanjutnya dilakukan analisis kelompok yaitu mengelompokkan OTU yang sama di dalam satu kelompok fenon yang selanjutnya ditata secara hierarki ke dalam bentuk diagram yang dapat juga disebut dengan fenogram dan terakhir melakukan

diskriminasi yaitu menelaah kembali karakteristik yang ditemukan untuk mendapatkan karakteristik yang paling konstan.

Setelah mendapatkan hubungan kekerabatan, selanjutnya melakukan studi literatur mengenai studi morfologi dari tumbuhan paku *Familia Polypodiaceae* yang diteliti untuk selanjutnya dilakukan deskripsi pada setiap spesies sampel yang diteliti.

Hasil penelitian digunakan untuk membuat tambahan sumber belajar biologi pada materi tumbuhan paku pada KD 3.8 di Sekolah Menengah Atas kelas X dan pada materi *Botani Cryptogamae* pada tingkat universitas jurusan Biologi.

2.4 Pertanyaan Penelitian

- 1) Bagaimana studi morfologi spesies dari *Familia Polypodiaceae* yang ditemukan di Kawasan Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya?
- 2) Bagaimana hasil data klimatik terhadap spesies dari *Familia Polypodiaceae* yang ditemukan di Kawasan Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya?
- 3) Bagaimana hubungan kekerabatan antar spesies dari *Familia Polypodiaceae* yang ditemukan di Kawasan Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya?
- 4) Bagaimana hasil penelitian mengenai studi morfologi dan hubungan kekerabatan *Familia Polypodiaceae* di Kawasan Gunung Galunggung Tasikmalaya sebagai sumber belajar biologi?