

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Keragaman Jenis

Keragaman hayati atau biodiversitas mencakup variasi organisme hidup yang meliputi tingkat genetik, spesies, dan ekosistem. Keragaman jenis merupakan salah satu komponen penting biodiversitas yang menggambarkan jumlah spesies serta distribusi individu dalam suatu komunitas (Nugraha *et al.*, 2024). Keragaman jenis dipengaruhi oleh dua aspek utama, yaitu kekayaan spesies (*species richness*) dan pemerataan (*evenness*). Kekayaan spesies menunjukkan jumlah total spesies yang ditemukan pada suatu wilayah, sedangkan pemerataan menggambarkan keseimbangan jumlah individu pada setiap spesies (Meliasa *et al.*, 2025).

Keberadaan dan distribusi suatu spesies dalam suatu habitat sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembapan udara, pH tanah, serta intensitas cahaya. Faktor-faktor lingkungan tersebut menentukan tingkat adaptasi dan dominansi suatu spesies di suatu lokasi penelitian (Umair *et al.*, 2023). Oleh karena itu, analisis keragaman jenis sering digunakan sebagai indikator kondisi ekologis suatu kawasan, terutama pada ekosistem hutan pegunungan yang memiliki variasi lingkungan cukup tinggi.

B. Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

1. Pengertian Tumbuhan Paku

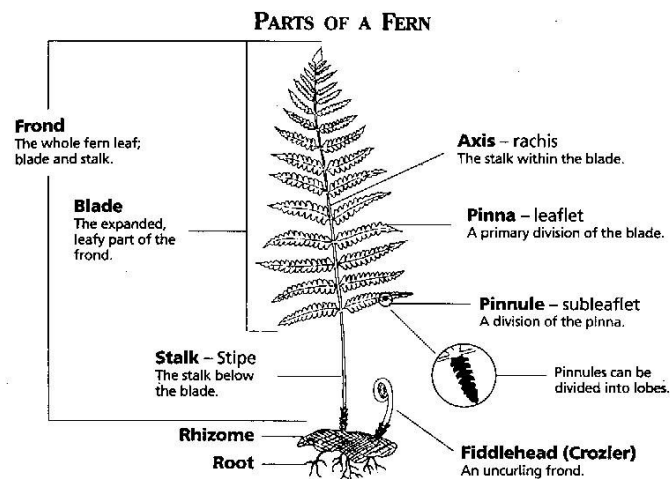
Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) merupakan kelompok tumbuhan berpembuluh yang tidak menghasilkan bunga dan biji, serta berkembang biak menggunakan spora. Tumbuhan paku memiliki organ sejati berupa akar, batang, dan daun, serta ciri khas berupa daun muda yang menggulung (*circinate vernation*) pada fase pertumbuhan awal (Aulia *et al.*, 2024). Tumbuhan ini banyak dijumpai di daerah tropis yang memiliki kelembapan tinggi karena proses perkecambahan spora sangat bergantung pada ketersediaan air.

Berdasarkan habitatnya, tumbuhan paku dapat dikelompokkan menjadi paku terestrial yang tumbuh di tanah, paku epifit yang menempel pada batang atau cabang pohon, serta paku yang hidup di lingkungan berair atau lembap.

Keanekaragaman tumbuhan paku umumnya lebih tinggi pada kawasan hutan pegunungan dan jalur wisata alam karena kondisi iklim mikro yang mendukung, seperti suhu relatif sejuk, intensitas cahaya yang bervariasi, dan kelembapan udara yang tinggi (Verlita *et al.*, 2025).

Tumbuhan paku memiliki peran ekologis yang penting dalam ekosistem hutan, antara lain sebagai penutup tanah, pengendali erosi, penjaga kelembapan tanah, serta penyedia habitat bagi organisme lain. Selain itu, kehadiran tumbuhan paku sering dijadikan sebagai bioindikator kualitas lingkungan karena sensitivitasnya terhadap perubahan kondisi habitat (Meliasa *et al.*, 2025).

2. Morfologi Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)



Gambar 2.1 Tumbuhan Paku

(Sumber: <https://biology4isc.weebly.com/pteridophyta.html>)

Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) merupakan kelompok tumbuhan berpembuluh yang memiliki struktur tubuh telah terdiferensiasi dengan jelas menjadi organ vegetatif dan organ generatif. Organ vegetatif terdiri atas akar, batang, dan daun yang berfungsi menunjang pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan, sedangkan organ generatif berperan dalam proses reproduksi melalui pembentukan spora (Rachman *et al.*, 2025). Keberadaan jaringan pembuluh angkut berupa xilem dan floem memungkinkan tumbuhan paku melakukan transportasi air dan zat hara secara efektif.

a. Akar

Akar pada tumbuhan paku berfungsi sebagai alat penopang, penyerap air dan mineral, serta pengangkut zat hara ke seluruh bagian tumbuhan. Sistem

perakaran tumbuhan paku umumnya berupa akar serabut yang tumbuh dari batang atau rimpang (rhizoma). Akar tersebut tersusun atas jaringan epidermis, korteks, dan silinder pusat yang mengandung jaringan xilem dan floem (Adlini *et al.*, 2021). Struktur akar ini memungkinkan tumbuhan paku hidup pada berbagai kondisi habitat, baik terrestrial maupun epifit.

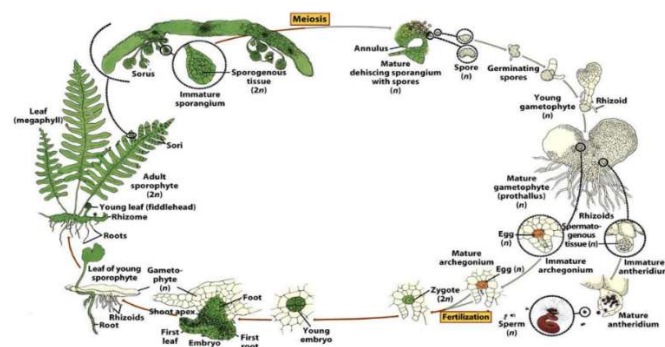
b. Batang

Batang tumbuhan paku umumnya berupa rimpang (rhizoma) yang tumbuh menjalar di permukaan tanah atau di bawah tanah, meskipun beberapa jenis memiliki batang tegak. Batang berfungsi sebagai tempat tumbuhnya daun dan sebagai jalur transportasi air serta zat hara. Percabangan batang tumbuhan paku bersifat dikotom, yaitu membelah menjadi dua cabang yang relatif sama besar (Adlini *et al.*, 2021). Permukaan batang sering ditutupi oleh sisik atau rambut halus yang berfungsi melindungi jaringan di dalamnya.

c. Daun

Daun tumbuhan paku memiliki ciri khas berupa daun muda yang menggulung. Berdasarkan ukuran dan bentuknya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi daun mikrofil dan makrofil. Daun mikrofil berukuran kecil dengan tulang daun sederhana, sedangkan daun makrofil berukuran lebih besar dan memiliki tulang daun bercabang (Yunita *et al.*, 2021). Secara fungsional, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi daun steril yang berfungsi dalam fotosintesis dan daun fertil yang berfungsi sebagai tempat pembentukan sporangium.

3. Daur Hidup Tumbuhan Paku



Gambar 2.2 Siklus Hidup Tumbuhan Paku

(Sumber: <https://gardenriots.com/2018/02/19/evolution-speciation-and-what-it-means-to-the-new-phylogeny-a-primer-for-gardeners/pteridophyte-life-cycle/>)

Tumbuhan paku mengalami pergiliran keturunan atau metagenesis yang terdiri atas dua fase, yaitu fase gametofit dan fase sporofit. Fase sporofit merupakan fase dominan yang menghasilkan spora melalui proses meiosis di dalam sporangium. Spora yang jatuh pada lingkungan yang sesuai akan berkecambah dan berkembang menjadi protalium sebagai fase gametofit yang bersifat haploid (Aisoi & Jeujan, 2024).

Gametofit tumbuhan paku umumnya berukuran kecil, berwarna hijau, dan berbentuk pipih menyerupai jantung. Pada protalium terdapat anteridium sebagai penghasil sel sperma dan arkegonium sebagai penghasil sel telur. Proses pembuahan terjadi dengan bantuan air, sehingga lingkungan lembap sangat berpengaruh terhadap keberhasilan reproduksi tumbuhan paku (Adlini *et al.*, 2021). Zigot yang terbentuk akan berkembang menjadi sporofit baru yang memiliki akar, batang, dan daun sejati.

Berdasarkan jenis sporanya, tumbuhan paku dikelompokkan menjadi paku homospora, heterospora, dan paku peralihan. Paku homospora menghasilkan satu jenis spora, paku heterospora menghasilkan dua jenis spora yaitu mikrospora dan makrospora, sedangkan paku peralihan menghasilkan spora yang sama secara morfologi tetapi berbeda secara fungsi (Aulia *et al.*, 2024).

C. Klasifikasi Tumbuhan Paku

Klasifikasi tumbuhan paku didasarkan pada ciri morfologi utama, terutama letak sorus terhadap tulang daun dan struktur tubuh (Meliasa *et al.*, 2025). Berdasarkan literatur Indonesia terbaru, *Pteridophyta* dapat dikelompokkan menjadi empat kelas utama.

1. Kelas Psilophytinae (Paku Purba)



Gambar 2.3 *Psilotum nudum* (L.) P.Beauv.

(Sumber: <https://botany.cz/cs/psilotum-nudum/>)

Kelas Psilophytinae merupakan paku purba dengan struktur sederhana. Umumnya tidak memiliki daun sejati atau hanya memiliki daun berskala kecil (*microphyll*). Batangnya bercabang dikotom tanpa akar sejati, tetapi memiliki berkas pengangkut sederhana. Contoh spesies yang masih dilaporkan di Indonesia antara lain *Psilotum nudum* (L.) P.Beauv. (Meliasa *et al.*, 2025).

2. Kelas Lycopodiinae (Paku Kawat)



Gambar 2.4 *Lycopodium clavatum* L.

(Sumber: <https://en.jardineriaon.com/Lycopodium-clavatum.html>)

Kelas Lycopodiinae meliputi kelompok paku kawat yang memiliki batang kecil, bercabang, dan umumnya tumbuh menjalar dengan akar yang berasal dari rimpang. Daunnya berbentuk kecil menyerupai sisik (mikrofil) dan berfungsi dalam proses fotosintesis. Spesies dari kelas ini umumnya ditemukan tumbuh di tanah lembap pada hutan tropis sebagai paku terestrial, meskipun beberapa juga dapat dijumpai pada habitat berbatu atau sebagai epifit pada kondisi tertentu.

Contoh spesies yang termasuk dalam kelas ini antara lain *Lycopodium clavatum* L., *Huperzia phlegmaria* (L.) Rothm., dan *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm.. Spesies-spesies tersebut umumnya ditemukan pada habitat lembap dengan intensitas cahaya rendah hingga sedang, seperti lantai hutan dan daerah pegunungan tropis.

Keberadaan Lycopodiinae di suatu habitat sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembapan, suhu, dan intensitas cahaya. Tumbuhan paku, termasuk Lycopodiinae, diketahui memiliki keanekaragaman tinggi di wilayah tropis dan distribusinya dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti ketinggian tempat, suhu, dan kelembapan lingkungan (Farina *et al.*, 2024). Selain itu, tingkat gangguan

lingkungan juga berpengaruh terhadap keberadaan dan kelimpahan tumbuhan paku pada suatu ekosistem (Ferdiana & Rizka, 2024).

3. Kelas Equisetinae (Paku Ekor Kuda)



Gambar 2.5 *Equisetum debile* Roxb. ex Vaucher

(Sumber: <https://fernsoftheworld.com/2015/04/24/equisetum-ramosissimum-var-debile/>)

Kelas Equisetinae merupakan kelompok tumbuhan paku yang memiliki ciri khas berupa batang beruas-ruas (berbuku), berongga, dan mengandung silika, sehingga teksturnya relatif kasar. Batang utama umumnya tegak dengan cabang-cabang yang tersusun melingkar (*verticillate*) menyerupai bentuk ekor kuda. Daun pada kelompok ini mengalami reduksi dan tersusun dalam bentuk sisik kecil yang membentuk selubung pada setiap ruas batang. Sistem perakaran berkembang dari rimpang (*rhizome*) yang berfungsi sebagai organ penyimpanan cadangan makanan sekaligus sebagai alat perbanyakan vegetatif.

Reproduksi pada Equisetinae terjadi secara generatif melalui spora yang dihasilkan dalam struktur khusus yang disebut strobilus, yang terletak di ujung batang fertil. Spora pada kelompok ini dilengkapi dengan elater, yaitu struktur berbentuk pita yang membantu penyebaran spora dalam kondisi lingkungan yang sesuai.

Contoh spesies Equisetinae yang terdapat di Indonesia antara lain *Equisetum debile* Roxb. ex Vaucher dan *Equisetum ramosissimum* Desf.. Spesies-spesies tersebut umumnya ditemukan pada habitat lembap, seperti tepi sungai, rawa, atau daerah dengan ketersediaan air yang tinggi, termasuk di kawasan hutan pegunungan tropis.

Keberadaan Equisetinae sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama ketersediaan air, kelembapan, dan kondisi tanah. Kelompok ini cenderung tumbuh pada habitat dengan kelembapan tinggi dan sering dijadikan indikator lingkungan basah atau daerah dengan drainase yang baik. Distribusi dan kelimpahan Equisetinae juga dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti intensitas cahaya dan ketinggian tempat (Farina *et al.*, 2024). Selain itu, kondisi habitat yang relatif stabil dan minim gangguan antropogenik mendukung pertumbuhan optimal kelompok ini (Ferdiana & Rizka, 2024).

4. Kelas Filicinae (Paku Sejati)



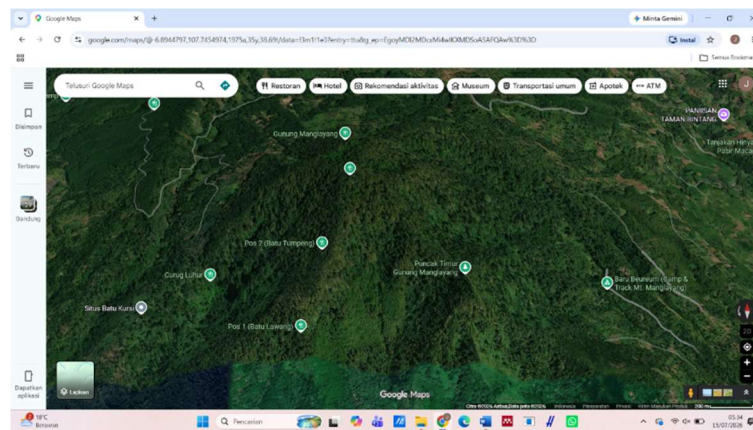
Gambar 2.6 *Nephrolepis exaltata* (L.)

(Sumber: <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/1/5/1557#gallery-2>)

Kelas Filicinae merupakan tumbuhan paku sejati dengan daun besar (*frond*), batang, dan akar sejati. Daun muda menggulung (*circinate vernation*) dan memiliki sporangium di permukaan bawah daun. Spesies Filicinae umum ditemukan pada tepi sungai, lereng hutan, dan area lembap di Indonesia, seperti *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott dan *Polypodium vulgare* L. (Saputra *et al.*, 2024).

D. Jalur Pendakian Gunung Manglayang

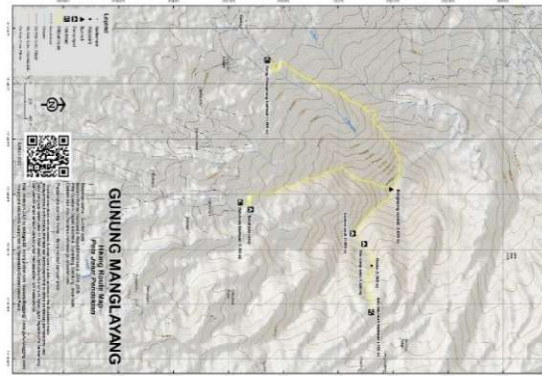
Jalur pendakian pada kawasan hutan pegunungan merupakan lintasan yang dimanfaatkan untuk aktivitas pendakian dan wisata alam. Keberadaan jalur pendakian, termasuk di kawasan Gunung Manglayang, berpotensi memengaruhi kondisi lingkungan di sekitarnya sebagai akibat dari aktivitas manusia yang berlangsung secara terus-menerus. Aktivitas tersebut dapat menimbulkan perubahan terhadap faktor-faktor lingkungan, seperti intensitas cahaya, kelembapan, serta kondisi vegetasi.



(Sumber: Google Maps, 2026)

Perbedaan karakteristik lingkungan antara Jalur Batu Kuda dan Jalur Baru Beureum diduga berpengaruh terhadap komposisi, kelimpahan, dan

keanekaragaman tumbuhan paku yang tumbuh di sepanjang jalur pendakian. Oleh karena itu, variasi kondisi lingkungan pada kedua jalur tersebut dapat dijadikan sebagai dasar dalam kajian ekologi untuk menganalisis keanekaragaman tumbuhan paku di kawasan hutan pegunungan.



Gambar 2.8 Peta Gunung Manglayang

Sumber : Avenza Maps

E. Hasil Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengetahui keragaman tumbuhan paku (*Pteridophyta*) di berbagai lokasi di Indonesia dengan hasil yang beragam, baik jumlah spesies, keluarga, maupun metode yang digunakan:

Penelitian oleh (Meliassa *et al.*, 2025) di Desa Siraun, Kecamatan Kalumpang, Kabupaten Mamuju menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan purposive sampling dan transek. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 34 spesies tumbuhan paku dari 16 famili. Indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') menunjukkan tingkat keanekaragaman yang sedang dan parameter lingkungan seperti kelembapan tanah, pH, serta intensitas cahaya berpengaruh terhadap distribusi spesies paku di lokasi tersebut.

Puspita dan Wisanti (2023) meneliti keragaman tumbuhan paku di kawasan wisata Air Terjun Sekar Pudak Sari, Wonosalam, Kabupaten Jombang. Penelitian eksploratif ini dilakukan pada tiga elevasi yang berbeda dengan plot pengamatan 20 x 20 m. Hasilnya menunjukkan 28 spesies tumbuhan paku dari 11 famili, terdiri dari epifit dan terestrial. Indeks keanekaragaman menunjukkan pola distribusi spesies yang relatif seimbang di setiap plot (Puspita & Wisanti, 2023).

Penelitian di kawasan Air Terjun Supit Urang, Pujon, Kabupaten Malang juga meneliti keanekaragaman paku di tiga stasiun penelitian dengan metode deskriptif

eksploratif. Hasilnya ditemukan 33 spesies tumbuhan paku dari 12 famili dengan indeks keanekaragaman Shannon–Wiener tergolong sedang, mencerminkan keberagaman yang cukup tinggi di area tersebut (Khairunisa & Wisanti, 2023).

(Laeto & Taharu, 2021) melakukan studi keanekaragaman tumbuhan paku berdasarkan topografi di kawasan Hutan Suaka Margasatwa Lambusango, Kabupaten Buton. Penelitian ini menggunakan transek dan plot kuadrat untuk mengamati variasi spesies. Temuan menunjukkan 21 jenis tumbuhan paku dari 9 suku dengan jumlah tertinggi di daerah datar dibandingkan lembah dan bukit, serta memiliki indeks keanekaragaman sedang pada keseluruhan area.

Keanekaragaman jenis paku di Coban Putri, Kota Batu, dengan metode survei dan studi literatur. Ditemukan 6 spesies paku terestrial yang diidentifikasi termasuk *Diplazium esculentum* (Retz.) Sw., *Microlepia speluncae* (L) T.Moore., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott., *Adiantum concinnum* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Pteris biaurita* L., dan *Dryopteris oreades* Formin. Penelitian ini sekaligus menjelaskan potensi manfaat yang dimiliki oleh spesies tersebut dalam aspek ekologis dan ekonomis (Aulia *et al.*, 2024).

F. Kerangka Pemikiran

Indonesia merupakan negara *mega-biodiversity* dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi, khususnya pada ekosistem hutan pegunungan. Pemanfaatan kawasan hutan sebagai destinasi wisata dan jalur pendakian memberikan manfaat ekonomi, namun juga berpotensi menimbulkan tekanan terhadap ekosistem, terutama pada vegetasi bawah. Oleh karena itu, diperlukan kajian ilmiah sebagai dasar pengelolaan kawasan wisata alam secara berkelanjutan.

Gunung Manglayang, Jawa Barat, merupakan kawasan hutan pegunungan yang memiliki kondisi lingkungan sejuk, kelembapan tinggi, serta variasi mikrohabitat sepanjang jalur pendakian. Jalur pendakian Manglayang Timur dimanfaatkan secara intensif oleh pendaki dan wisatawan, sehingga berpotensi memengaruhi kondisi lingkungan dan keanekaragaman vegetasi bawah.

Tumbuhan paku (Pteridophyta) dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi di hutan pegunungan dan peran ekologis penting, antara lain sebagai penutup tanah, pencegah erosi, serta

bioindikator kondisi lingkungan. Keberadaan tumbuhan paku sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti ketinggian tempat, kelembapan, suhu, intensitas cahaya, dan kondisi substrat, sehingga perubahan mikrohabitat akibat aktivitas pendakian dapat tercermin pada keragaman tumbuhan paku.

Urgensi penelitian ini terletak pada masih terbatasnya data mengenai jenis dan keragaman tumbuhan paku di jalur pendakian Gunung Manglayang, meskipun kawasan ini mengalami tekanan aktivitas manusia yang cukup tinggi. Data dasar mengenai keragaman tumbuhan paku diperlukan sebagai landasan pengelolaan kawasan, upaya konservasi, serta pengembangan edukasi lingkungan.

Penelitian ini dilakukan di jalur pendakian Gunung Manglayang karena kawasan tersebut memiliki variasi kondisi lingkungan dan tingkat gangguan yang berbeda di sepanjang jalur, sehingga sesuai untuk mengkaji hubungan antara faktor lingkungan dan keragaman tumbuhan paku.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *belt transect*, yaitu penempatan transek memanjang mengikuti jalur pendakian. Pada setiap *belt transect* dilakukan pencatatan jenis dan jumlah individu tumbuhan paku, serta pengukuran faktor lingkungan meliputi ketinggian tempat, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Metode *belt transect* dipilih karena efektif untuk mengamati vegetasi bawah dan menggambarkan distribusi tumbuhan paku secara representatif sepanjang gradien lingkungan.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperolehnya data komposisi jenis, tingkat keragaman, dan pola distribusi tumbuhan paku di jalur pendakian Gunung Manglayang, serta gambaran pengaruh faktor lingkungan terhadap keragaman tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan dapat disusun rekomendasi pengelolaan jalur pendakian yang ramah lingkungan dengan menjaga mikrohabitat tumbuhan paku, rekomendasi konservasi bagi jenis-jenis tumbuhan paku yang memiliki peran ekologis penting atau kelimpahan rendah, pemanfaatan data penelitian sebagai bahan edukasi lingkungan, serta rekomendasi untuk penelitian lanjutan terkait faktor abiotik dan keragaman tumbuhan paku di kawasan hutan pegunungan.

