

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Tumbuhan Lumut Secara Umum

Lumut, yang lebih dikenal dengan sebutan *Bryophyta*, merupakan salah satu divisi dari tumbuhan yang tergolong pada kelompok tingkat rendah dan tidak memiliki jaringan pembuluh yang kompleks. Istilah "*Bryophyta*" sendiri berasal dari dua kata, yaitu "*Bryon*" yang berarti lumut, dan "*phyton*," yang berarti lembab. Oleh karena itu, ketika kedua kata ini digabungkan, maknanya menjadi tumbuhan yang tumbuh di tempat-tempat yang lembab atau basah (Lukitasari, 2018). Lumut juga termasuk dalam kategori tumbuhan kosmopolit, yang berarti memiliki distribusi yang sangat luas dan dapat ditemukan di berbagai belahan dunia, mulai dari daerah tropis yang hangat hingga wilayah kutub yang dingin (Sujadmiko & Vitara, 2021). Fenomena ini menunjukkan bahwa lumut memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, lumut menempati posisi kedua dalam hal keanekaragaman spesies setelah tumbuhan tingkat tinggi, yang menunjukkan pentingnya peran mereka dalam ekosistem (Aulia Rahmi et al., 2023). Dilihat dari taksonominya, tumbuhan lumut diklasifikasikan ke dalam superdivisi embryophyta, yang terdiri dari tiga divisi utama, yaitu *Bryophyta* (lumut daun), *Anthocerotophyta* (lumut tanduk), dan *Marchantiophyta* (lumut hati), (Ruggiero et al., 2015).

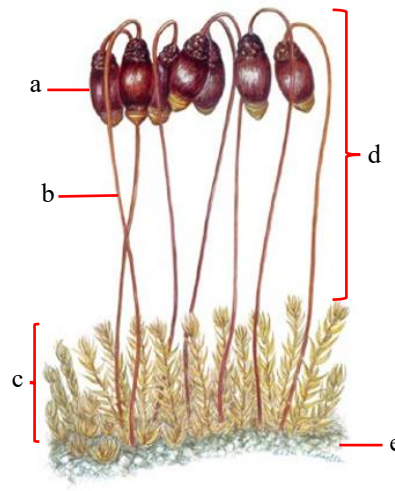
Lumut (*Bryophyta*) biasanya ditemukan di tempat yang sejuk dan lembab, seperti hutan hujan tropis. Selain air, lumut dapat hidup di hampir semua ekosistem di Bumi. Lumut memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kondisi ekstrem, termasuk dalam situasi kekeringan dan suhu yang sangat rendah. Salah satu spesies lumut yang menunjukkan ketahanan luar biasa dalam kondisi tersebut adalah *Syntrichia caninervis* atau disebut juga sebagai lumut gurun. Spesies lumut ini memiliki kemampuan unik untuk bertahan dalam keadaan kekeringan, bahkan ketika akses terhadap air sangat terbatas. Lumut ini dapat pulih dengan efektif setelah kehilangan lebih dari 98% kadar air yang terdapat dalam tubuhnya. Selain

itu, *Syntrichia caninervis* juga mampu bertahan dalam suhu beku yang ekstrem, hingga mencapai -196°C . Kemampuan luar biasa ini menjadikan lumut tersebut sebagai pionir yang dapat mengkolonisasi lingkungan ekstraterestrial, menunjukkan potensi untuk bertahan dan beradaptasi dalam kondisi yang sangat tidak bersahabat (Li et al., 2024).

Lumut adalah tumbuhan mikro yang memiliki kemampuan luar biasa untuk tumbuh di berbagai jenis substrat, termasuk kayu lapuk, permukaan pohon, serasah, tanah, dan bahkan bebatuan. Kehidupan lumut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Ketiga faktor ini berperan signifikan dalam menentukan perbedaan toleransi antara spesies lumut yang berbeda, yang mempengaruhi tingkat adaptasi, komposisi spesies yang ada, serta pola sebaran lumut di berbagai habitat (Masyitoh et al., 2023). Tumbuhan lumut juga dianggap sebagai salah satu bentuk vegetasi yang paling primitif. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa kemunculan lumut di bumi terjadi jauh lebih awal dibandingkan dengan kelompok tumbuhan lainnya, seperti *Pteridophyta* (tumbuhan paku) dan *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji) (Sasongko et al., 2019).

2.1.2 Morfologi Tumbuhan Lumut Secara Umum

Lumut memiliki ukuran yang kecil dan tidak sampai 15 cm, bahkan ada yang hanya beberapa milimeter (Zahara, 2019). Lumut termasuk ke dalam tumbuhan kormofita, yaitu tumbuhan sudah bisa dibedakan antara akar, batang, dan daun. Tumbuhan lumut juga disebut sebagai tumbuhan peralihan karena ada tumbuhan yang masih berupa talus (lembaran) contohnya yaitu lumut hati. Tetapi ada juga yang sudah mempunyai struktur tubuh mirip dengan akar, batang, dan daun sejati yaitu lumut daun. Lumut merupakan tumbuhan pelopor (vegetasi perintis) yang tumbuhnya disuatu tempat sebelum tumbuhan lain tumbuh. Bentuk tubuh lumut merupakan peralihan dari talus ke bentuk kormus (Lukitasari, 2018). Bentuk tubuh lumut terdiri dari dua komponen, yaitu gametofit dan sporofit (Gambar 2.1). Struktur yang mampu melakukan fotosintesis dan umumnya melekat pada substrat melalui rizoid disebut gametofit. Ukuran gametofit biasanya kecil dan bervariasi, mulai dari kurang dari 1 milimeter hingga kadang-kadang mencapai tinggi 20 sentimeter.



Gambar 2. 1 Struktur Tumbuhan Lumut Secara Umum

(a) Kapsul, (b) Seta, (c) Gametofit, (d) Sporofit, (e) Rizoid

Sumber: (McCarthy, 2006).

Tumbuhan lumut (*Bryophyta*) memiliki morfologi yang unik dan berbeda dengan tumbuhan berpembuluh. Struktur tubuh mereka disebut talus, yang terdiri dari jaringan sel yang tidak berdiferensiasi secara khusus. Talus lumut dapat berbentuk tegak maupun mendatar dan sering kali tertutupi oleh daun-daun kecil (Lukitasari, 2018). Lumut juga memiliki struktur mirip akar yang disebut rizoid (Gambar 1e), yang berfungsi untuk menyerap air dan nutrisi serta melekatkan diri pada substrat seperti tanah, batu, kayu lapuk, atau kulit pohon (Nadhifah et al., 2018). Proses reproduksi lumut melibatkan dua fase hidup: gametofit dan sporofit. Fase gametofit adalah tahap dominan, sedangkan fase sporofit melibatkan pembentukan kapsul spora yang telah diferensiasi yang paling mendalam (Husain et al., 2022). Ketersediaan dan keragaman substrat merupakan faktor yang signifikan dalam menentukan kekayaan jenis lumut, karena substrat berfungsi sebagai tempat menempel dan media nutrisi (Ivhone et al., 2022). Oleh karena itu, morfologi unik dan adaptabilitas tinggi tumbuhan lumut memungkinkan mereka hidup di berbagai habitat lembap mulai dari dasar hutan hingga permukaan sungai.

2.1.3 Klasifikasi Tumbuhan Lumut

Menurut (Ruggiero et al., 2015) tumbuhan lumut dapat dibedakan menjadi 3 divisi yaitu lumut daun (*bryophyta*), lumut tanduk (*anthocerotophyta*), dan lumut hati (*marchantiophyta*).

Superphylum Embryophyta	
Phylum Anthocerotophyta	
Class Anthocerotopsida	
Subclass Anthocerotidae	
Order Anthocerotales	
Subclass Dendrocerotidae	
Order Dendrocerotales	
Order Phymatocerales	
Subclass Notothylatidae	
Order Notothyladales	
Class Leiosporocerotopsida	
Order Leiosporocerotales	
Phylum Bryophyta	
Class Andreaeobryopsida	
Order Andreaebryales	
Class Andreaeopsida	
Order Andreaeales	
Class Bryopsida	
Subclass Bryidae	
Order Bartramiales	
Order Bryales	
Order Hedwigiales	
Order Hookeriales	
Order Hypnales	
Order Hypnodendroidales	
Order Orthotrichales	
Order Ptychomniales	
Order Rhizogoniales	
Order Splachniales	
Subclass Buxbaumiidae	
Order Buxbaumiiales	
Subclass Dicranidae	
Order Archidiales	
Order Bryoxiphales	
Order Dicranales	
Order Grimmiales	
Order Pottiales	
Order Scouleriales	
Subclass Diphysciidae	
Order Diphysciales	
Subclass Funariidae	
Order Encalyptales	
Order Funariales	
Order Gigaspermiales	
Subclass Timmiidae	
Order Timmiales	
Class Oedipodiopsida	
Order Oedipodiales	
Class Polytrichopsida	
Order Polytrichales	
Class Sphagnopsida	
Order Ambuchananiales	
Order Sphagnales	
Class Takakiopsida	
Order Takakiales	
Class Tetraphidopsida	
Order Tetraphidales	
Phylum Marchantiophyta	
Class Haplomitriopsida	
Order Calobryales	
Order Treubiales	
Class Jungermanniopsida	
Subclass Jungermanniidae	
Order Jungermanniales	
Order Porelliales	
Order Ptilidiales	
Subclass Metzgeriidae	
Order Metzgeriales	
Order Pleuroziales	
Subclass Pelliidae	
Order Fossombroniales	
Order Pallaviciniales	
Order Pelliiales	
Class Marchantiopsida	
Order Blasiales	
Order Lunulariales	
Order Marchantiales	
Order Neohodgsoniales	
Order Sphaerocarpaceales	

Gambar 2. 2 Sistem Klasifikasi Tumbuhan Lumut

Sumber: (Ruggiero et al., 2015)

Berdasarkan klasifikasi yang ditampilkan pada Gambar 2.2, diketahui bahwa lumut merupakan anggota Superdivisi Embryophyta. Superdivisi Embryophyta memiliki 3 anggota, yang tiga di antaranya merupakan divisi

tumbuhan lumut, yaitu divisi *Anthocerotophyta* (lumut tanduk), divisi *Bryophyta* (lumut daun), dan divisi *Marchantiophyta* (lumut hati). Berikut merupakan penjelasan dari setiap divisi lumut.

2.1.3.1. Divisi *Bryophyta* (Lumut Daun)

Lumut daun atau lumut sejati (*Bryophyta*) adalah kelas terbesar dalam divisi tumbuhan lumut. Kelas ini disebut lumut daun karena tubuhnya sudah jelas dapat dibedakan antara batang dan daun, meskipun masih bersifat semu. Lumut ini dapat tumbuh di tanah kosong yang sering mengalami kekeringan, di antara rumput, di atas batu cadas, serta pada batang dan cabang pohon. Selain itu, lumut daun juga dapat ditemukan di kayu lapuk, dinding semen, tepi saluran irigasi, dan di sekitar sungai serta danau (Hasnunidah, 2018).



Gambar 2. 3 Salah satu kelompok lumut Divisi *Bryophyta* (*Barbula indica*)

Sumber: (Fathiya et al., 2024).

Di tempat yang kering, lumut daun membentuk badan-badan menyerupai bantalan, sedangkan yang hidup di tanah-tanah hauran membentuk lapisan seperti permadani (Hasnunidah, 2018). Beberapa jenis lumut daun mampu bertahan di lingkungan kering dan dapat bertahan tanpa air selama berbulan-bulan hingga bertahun-tahun tanpa mengalami kerusakan. Ciri khas tumbuhan lumut daun adalah adanya bagian-bagian yang terdiri dari batang dan daun, serta rizoid yang berfungsi untuk menempel pada substrat (Fajriah et al., 2018). Gambar 2.3 merupakan salah satu spesies dari lumut daun yaitu *Barbula indica*, yang termasuk ke dalam kelas *Bryopsida*. *Barbula indica* memiliki ciri batang dan daun yang berukuran kecil, memiliki filoid yang tersusun spiral, lonjong, pinggiran daun rata atau sedikit menggulung pada salah satu atau kedua sisinya dan ujung daun berbentuk bulat telur sedikit cekung (Fathiya & Puspa, 2024).

Ciri lain dari lumut daun adalah fase gametofit yang terbagi menjadi dua tingkatan, yaitu protonema dan gametofor. Protonema terdiri dari benang-benang bercabang yang berwarna hijau, sedangkan gametofor memiliki batang dan daun yang menyerupai rizoid. Gametofor ini berkumpul di ujung batang atau cabang, dikelilingi oleh daun-daun yang terletak di bagian atas. Anteridium dikelilingi oleh daun perigonium, sementara arkegonium dikelilingi oleh daun periketium. Daun-daun ini kadang disebut sebagai periantum, yang memiliki bentuk dan susunan khusus.

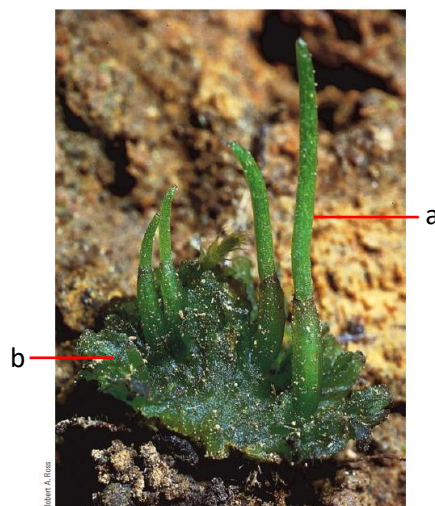
Pada fase sporogonium, tubuh lumut dapat dibedakan menjadi tiga bagian: kaki, seta, dan kapsul. Kaki, yang menembus jaringan gametofit, berfungsi sebagai haustorium. Seta atau tangkai sporogonium biasanya panjang dan berwarna kuning kecokelatan atau merah. Kapsul terdiri dari beberapa bagian, termasuk apofisis yang merupakan pembengkakan di ujung seta, kotak atau teka tempat spora terbentuk, dan tutup atau operkulum yang tidak selalu ada pada lumut daun (Hasnunidah, 2018).

Tumbuhan lumut daun dapat dibedakan menjadi 8 kelas yaitu *Andreaeobryopsida*, *Andreaeopsida*, *Bryopsida*, *Oedipodiopsida*, *Polytrichopsida*, *Sphagnopsida*, *Takakiopsida*, dan *Tetraphidopsida*. Kelas *Andreaeobryopsida* memiliki satu ordo yaitu ordo *Andreaebryales*. Kelas *Andreaeopsida* memiliki satu ordo yaitu ordo *Andreales*. Kelas *Bryopsida* memiliki 6 subclass yaitu *Bryidae* (yang memiliki 10 ordo yaitu *Bartramiales*, *Bryales*, *Hedwigiales*, *Hookeriales*, *Hypnales*, *Hypnodendrales*, *Orthotrichales*, *Ptychomniales*, *Rhizogoniales*, dan *Splachnales*), subclass *Buxbaumiidae* (memiliki satu ordo yaitu *Buxbaumiales*), subclass *Dicranidae* (memiliki 6 ordo yaitu ordo *Archidiales*, *Bryoxiphiales*, *Dicranales*, *Grimmiales*, *Pottiales*, dan *Scouleriales*), subclass *Diphysciidae* (memiliki satu ordo yaitu *Diphyciales*), subclass *Funariidae* (memiliki 3 ordo yaitu *Encalyptales*, *Funariales*, dan *Gigaspermales*), subclass *Timmidae* (memiliki satu ordo yaitu *Timiiales*). Kelas *Oedipodiopsida* memiliki satu ordo yaitu *Oedipodiales*. Kelas *Polytrichopsida* mempunyai satu ordo yaitu *Ambuchananiales* dan *Sphagnales*. Kelas *Takakiopsida* memiliki satu ordo yaitu *Takakiales*. Kelas terakhir

dari lumut daun yaitu kelas *Tetrahidopsida* memiliki satu ordo yaitu *Tetrahipdales* (Ruggiero et al., 2015).

2.1.3.2. Divisi *Anthocerotophyta* (Lumut Tanduk)

Bryophyta memiliki klasifikasi yang jelas berdasarkan morfologinya. Lumut tanduk (*anthocerotophyta*) ditandai dengan adanya sporofit yang berbentuk tanduk dan organ seksual yang terintegrasi dalam tubuh yang disebut talus (Lukitasari, 2018). Habitat utama lumut ini adalah di tepi danau, tepi sungai, atau selokan. Talus lumut tanduk memiliki bentuk yang melebar, mirip dengan lumut hati, dan terdiri dari lempengan tipis berbentuk bulat dengan tepi yang berbulu atau bergerigi. Talus ini berfungsi menempel pada tanah dengan bantuan rizoid (Fajriah et al., 2018).



Gambar 2. 4 Struktur Lumut Tanduk Secara Umum

(a) Sporofit, (b) Gametofit

Sumber: (Berg, 2008)

Pada lumut tanduk, untuk klasifikasi dapat diambil dari anatomi internal dan isi sel. Bagian spesifik seperti sporofit (Gambar 2.4a) yaitu bagian yang mengandung sporangial, spora dan ornamentasinya, dan sel steril bercampur dengan spora, serta struktur silinder steril jika ada (Hasnunidah, 2018). Dibandingkan dengan lumut hati, lumut tanduk memiliki perkembangan gametofit dan sporofit yang lebih lengkap. Cirinya yaitu gametofit berupa talus yang berbentuk cakram dengan tepi bertoreh, tidak ada rusuk Tengah dan tidak ada

percabangan menggarpu, tumbuh melekat pada tanah dengan rizoid (Gambar 2.4b). Pada sisi bawah talus terdapat stoma dengan dua sel penutup yang berbentuk ginjal. Beberapa pada anteridium terkumpul dalam suatu lekukan pada sisi atas talus, begitupun dengan arkegonium. Sporogonium memiliki bentuk seperti tanduk, terdiri atas kaki dan kaki (tidak ada seta), dinding sporogonium terdiri atas sel-sel yang mengandung kloroplas dan epidermis yang mempunyai stomata. Kapsul spora mempunyai kolumela (jaringan steril), arkespora selain membentuk spora jga membentuk pseudoelatera. Selain itu, spora berkecambah pada tumbuhan lumut tanduk ini tidak membentuk protonema (Hasnunidah, 2018).

Tumbuhan lumut tanduk dapat dibedakan menjadi 2 kelas yaitu *Anthocerotopsida* dan *Leiosporocerotopsida*. *Anthocerotopsida* dibedakan menjadi tiga subclass yaitu *Anthocerototidae* (memiliki satu ordo *Anthocerotales*), subclass *Dendrocerotidae* (memiliki dua ordo yaitu *Dendrocerotales* dan *Phymatocerales*), subclass *Notothyladiace* (memiliki satu ordo yaitu ordo *Notothyladales*). Kelas terakhir dari lumut tanduk yaitu *Leiosporocerotopsida* memiliki satu ordo yaitu *Leiosporocerotales* (Ruggiero et al., 2015).

2.1.3.3. Divisi *Marchantiophyta* (Lumut Hati)

Divisi ini disebut lumut hati karena talus pada beberapa spesies tampak seperti lembaran yang menyerupai hati. Lumut hati dapat ditemukan di sekitar air terjun, tepi sungai, danau, serta pada batang pohon.



Gambar 2. 5 Salah satu kelompok lumut Divisi *Marchantiophyta* (*Cyathodium foetidissimum*)

Sumber: (Berg, 2008).

Lumut hati memiliki ciri-ciri yaitu gametofitnya berwarna hijau, pipih, dan dorsiventral (Gambar 2.5). Gambar 2.5 menunjukkan tumbuhan lumut hati yang berciri khas seperti adanya rongga atau poros pada anatominya. Struktur talus sederhana terdiri atas batang dan daun-daun serta rizoid yang menempel pada tanah. Sporofitnya tidak mempunyai sel-sel yang mengandung kloroplas dan di dalamnya tidak ada kolumela. Spora yang berkecambah tidak melalui pembentukan protonema, karena protonema hanya berkembang menjadi buluh pendek. Lumut hati banyak ditemukan di tempat-tempat basah, sehingga struktur tubuhnya adalah *higromorf*. Meskipun demikian, ada juga yang memiliki struktur *xeromorf*, yaitu hidup pada tempat-tempat kering seperti kulit-kulit pohon atau tanah dan batu cadas. Dalam tubuhnya terdapat alat penyimpan air, dapat menjadi kering tanpa mengakibatkan kematian (Hasnunidah, 2018).

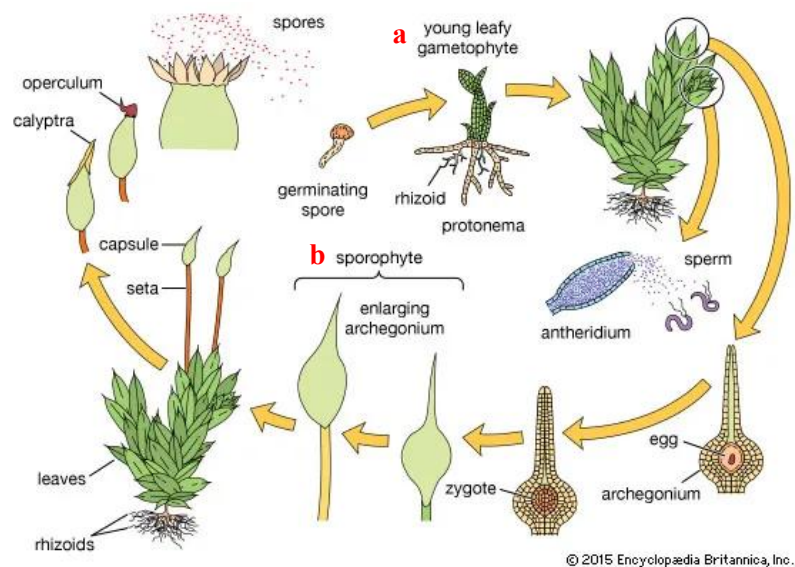
Lumut hati dapat dibedakan menjadi 3 kelas yaitu kelas *Haplomitriopsida*, *Jungermanniopsida*, dan *Marchantiopsida*. Kelas pertama dari lumut hati yaitu *Haplomitriopsida* memiliki 2 subclass yaitu *Haplomitriidae* dan *Treubiidae*. *Haplomitriidae* dan *Treubiidae* masing-masing memiliki satu ordo yaitu *Calobryales* dan *Treubiidae*. Kelas *Jungermanniopsida* memiliki 3 subclass yaitu *Jungermanniales* (memiliki ordo *Porellales* dan *Ptilidiales*), subclass *Metzgeriidae* (memiliki 2 ordo yaitu *Merzgeriales* dan *Pleuroziales*), dan subclass *Pelliidae* (memiliki 3 ordo yaitu *Fossombroniales*, *Pallaviciniales*, dan *Pelliales*). Kelas terakhir dari lumut tanduk yaitu *Marchantiales* memiliki 5 ordo yaitu *Blasiales*, *Lunulariales*, *Marchantiales*, *Neohodgsoniales*, dan *Sphaerocarpaceles*.

2.1.4 Siklus Hidup Tumbuhan Lumut

Bryophyta mempunyai fase seksual yang disebut dengan fase gametofit. Sporofit merupakan fase lanjutan dalam reproduksi yang berperan untuk menghasilkan spora. Sporofit biasanya menempel pada struktur gametofit tumbuhan lumut. Ketika fase gametofit, tumbuhan lumut berwarna hijau dan berdaun (semua lumut namun kebanyakan di lumut hati) atau juga dapat berbentuk talus (beberapa lumut hati dan semua lumut tanduk). Gametangia disusun oleh satu atau lebih lapisan sel yang steril didalamnya mengandung gamet dan membentuk

dinding. Anteridium (Jantan) menghasilkan spermatozoid, sedangkan arkegonia (betina) mengandung satu sel tunggal (telur).

Siklus hidup tumbuhan lumut menggambarkan pergiliran generasi antara gametofit dan sporofit. Gametofit adalah individu multiseluler yang memiliki sel haploid, sementara sporofit adalah individu multiseluler dengan sel diploid. Gametofit memproduksi gamet haploid yang kemudian bersatu membentuk zigot, yang selanjutnya berkembang menjadi sporofit diploid. Proses pergiliran ini terus berlangsung, saling mendukung reproduksi sepanjang hidup tumbuhan lumut.



Gambar 2. 6 Pergiliran Keturunan Bryophyta

(a) Fase Gametofit, (b) Fase Sporofit

Sumber <https://www.britannica.com/science/gametophyte>

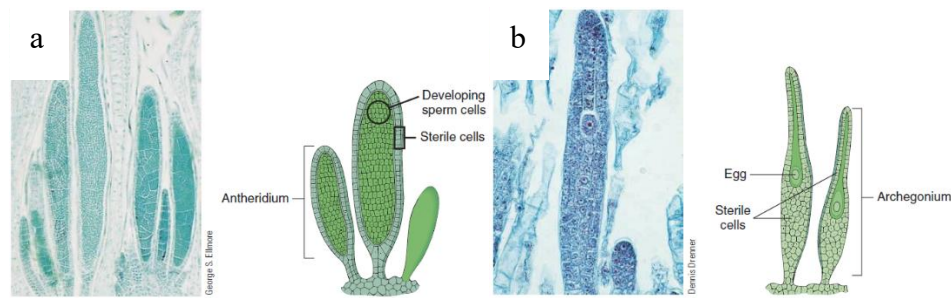
Tumbuhan lumut di dalam siklus hidupnya mempunyai dua generasi yaitu generasi gametofit dan generasi sporofit. Rizoid, batang, dan daun merupakan generasi gametofit (Gambar 2.6a). Arkegonium (alat perkembangan betina) dan antheridium (alat perkembangan jantan) biasanya dihasilkan pada bagian ujung batang. Terbentuklah zigot yang akan membelah jika telah terjadi pembuahan, yang berkembang menjadi seta, kapsul (*peristome*, *anulus*, dan *operculum*) dan *calyptra* yang termasuk ke dalam generasi sporofit (Gambar 2.6b).

Di dalam kapsul, sel-sel induk spora (sporosit) membelah melalui meiosis, yang biasanya berasal dari tetrad spora haploid. Setelah matang, spora dikeluarkan

dari kapsul (sporangium) dan disebarkan oleh angin. Spora yang jatuh pada media atau substrat yang sesuai akan berkecambah dan membentuk struktur yang disebut protonema. Protonema lumut kemudian berdiferensiasi menjadi kloronema (sel-sel dengan banyak kloroplas dan dinding melintang), caulonema (sel-sel dengan kloroplas berbentuk jarum dan dinding miring), dan rizoid (sel-sel coklat tanpa kloroplas dengan dinding miring).

Pergiliran keturunan (metagenesis) pada lumut terdiri dari dua fase kehidupan, yaitu fase sporofit ($2n$) dan fase gametofit (n). Kedua fase ini bergabung membentuk satu struktur tubuh *bryophyte*, di mana bagian bawah adalah gametofit dan bagian atas adalah sporofit. Struktur rizoid terhubung dengan talus yang tersusun dari satu atau beberapa lapisan sel, bercabang secara *dichotomik* atau berbentuk roset. Sementara itu, *phyllids* terletak pada caulid dan umumnya berwarna hijau, kecil, serta terdiri dari satu lapisan sel. Pada lumut, *phyllids* biasanya memiliki daerah pusat yang tebal (dengan lebih dari satu lapisan sel) yang menyerupai vena sentral pada daun tanaman lain, disebut *costa*. Sebaliknya, pada lumut hati, *phyllids* tersusun dalam tiga baris, kadang dua atau empat, tetapi tidak memiliki *costa* sejati.

Lumut memiliki dua jenis alat perkembangbiakan (gametangium), yaitu arkegonium yang berfungsi sebagai sel gamet betina dan anteridium sebagai sel gamet Jantan (Lukitsari, 2018). Tanaman gametofit haploid menghasilkan gametangium jantan, yang disebut anteridia, di mana banyak sel sperma terbentuk (Gambar 2.7a). Tanaman gametofit juga membentuk gametangium betina, yang dikenal sebagai arkegonium, yang masing-masing memiliki satu sel telur (Gambar 2.7b). Sel sperma mencapai arkegonium melalui berbagai cara, seperti melalui air, hewan, dan angin. Sel sperma kemudian bergerak turun melalui leher arkegonium, dan satu sel sperma bersatu dengan sel telur. Proses ini, yang dikenal sebagai pembuahan, menghasilkan sel telur yang telah dibuahi, atau zigot.



Gambar 2. 7 Organ Reproduksi Lumut

(a) Anteridium, (b) Arkegonium

Sumber: (Berg, 2008).

2.1.5 Ekologi Tumbuhan Lumut

Tumbuhan lumut dapat hidup dengan adanya kelembaban yang cukup dan cenderung tinggi. Selain itu, lumut biasanya tumbuh di atas permukaan tanah, menempel pada pepohonan di cabang, ranting, atau batang pohon, dan di atas bebatuan khususnya dibawah rerimbunan. Lumut tidak menyukai suhu yang tinggi atau paparan sinar matahari secara langsung. Lumut banyak ditemui di wilayah hutan hujan tropis basah yaitu di wilayah tropis Indonesia.

Hutan hijau yang lembab memiliki berbagai mikrohabitat, dan lumut merupakan elemen penting dalam hutan beriklim sedang dan tropis. Tumbuhan ini sering ditemukan sebagai karpet di permukaan tanah yang lembab, di atas batu, batang kayu yang hidup dan mati, serta pada cabang-cabang pohon dan daun. Distribusi lumut dipengaruhi oleh faktor iklim mikro, seperti curah hujan, suhu, garis lintang, dan ketinggian, serta kondisi lingkungan mikro seperti naungan, kelembaban, humus, dan suhu. Selain itu, vegetasi lumut juga dipengaruhi oleh faktor pendukung lainnya, seperti usia tanah, jenis batuan, komposisi tanah hutan, kadar air, serta karakteristik substrat seperti pH dan status humus.

Rentang hidup lumut sangatlah luas, dengan kemampuan untuk adaptasi dan menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungan ekstrim yang tinggi. Dalam struktur hutan hujan tropis, banyak sekali lumut-lumut yang menempel dan membentuk koloni yang memanjang dengan menumpang (epifit) pada pohon-pohon di wilayah hutan tersebut. Lumut berkembangbiak dengan mengandalkan spora yang terdistribusi melalui banyak cara. Spora-spora lumut dapat berpindah dengan

perantaraan banyak hal seperti melalui derasny air hujan, bantuan tiupan angin dan bahkan bergerak dengan menempel pada manusia, pesawat ataupun mobil. Dilaporkan juga bahwa sperma lumut dapat memindahkan diri untuk membuahi melalui bantuan embun di pagi hari. Spora lumut tersebut memiliki dinding yang kuat dan bahkan ada yang dilaporkan dapat bertahan hingga 40 tahun. Tumbuhan ini mampu melewati masa yang tidak menguntungkan seperti kedinginan, panas, kekurangan air, stress akibat cekaman bahan kimia dan juga kekurangan nutrisi atau mineral.

Sebagian besar lumut hati dan beberapa lumut tanduk di hutan tropis muncul sebagai epifit di hutan hujan dan hutan awan. Di dalam hutan, distribusi lumut epifit tidak merata, melainkan menunjukkan pola tertentu yang berkaitan dengan preferensi mikroklimat spesies masing-masing. Beberapa spesies hanya ditemukan di area yang teduh, sementara yang lain tumbuh di bagian yang lebih kering dan terbuka dari mahkota pohon yang tinggi; ada juga spesies yang bisa ditemukan di kedua jenis habitat tersebut. Jenis-jenis ekologi ini disebut "naungan *epiphytes*," "*epiphytes* matahari," dan "generalis." *Epiphytes* naungan sering kali hidup di habitat terbuka, seperti di cabang pohon, untuk memaksimalkan paparan cahaya di hutan yang kurang terang. Penelitian menunjukkan bahwa *epiphytes* naungan lebih sensitif terhadap gangguan ekosistem di hutan, sehingga dapat dijadikan indikator untuk mendeteksi gangguan dan perubahan penggunaan lahan.

2.1.6 Peranan Tumbuhan Lumut

Lumut dapat digunakan sebagai pendukung kehidupan organisme lain. Lumut berperan penting untuk meningkatkan kemampuan hutan dalam menahan keberadaan air (*water holding capacity*). Dengan kemampuan menahan airnya, maka lumut dapat menjadi media hidup bagi tumbuhan epifit seperti anggrek serta paku-pakuan. Lumut juga memiliki kemampuan mengikat air sehingga membantu biji yang tidak sengaja jatuh di atasnya untuk berkecambah dan tumbuh. Lumut memungkinkan hutan untuk melepaskan air secara bertahap ke aliran air, sehingga mencegah banjir bandang, erosi, dan tanah longsor di wilayah hilir. Sifat retensi air rawa sangat mengesankan karena sifat serap lumut *Sphagnum*. *Sphagnum* merupakan tanaman terpenting dalam rawa dan dalam formasi gambut, yaitu sisa-

sisia terkompresi dari tanaman vaskular dan non-vaskular (terutama *bryophytes*, yaitu *Sphagnum*). Salah satu tanaman yang dapat berkembang baik karena adanya lumut adalah anggrek. Lumut menopang kebutuhan nutrisi dan air bagi perkembangan hidupnya. Manfaat keberadaan lumut sebagai penjaga kelembaban atmosfer terutama adalah untuk menyimpan air yang sekaligus menjaga keseimbangan air dalam hutan.

Bryophyta dengan kolonisasi, stabilisasi tanah, akumulasi humus, dan komersialisasi. *Bryophytes* dalam mengendalikan erosi dan mengatur siklus air dalam suatu ekosistem. Di hutan tropis, biasanya lumut membentuk kanopi pohon, di mana tanah sering kekurangan lapisan humus dan miskin nutrisi, *bryophyta* juga membantu dalam akumulasi humus pada cabang dan ranting. Komersialisasi *Sphagnum* juga telah digunakan sebagai agen penyaringan dan penyerapan efektif untuk pengolahan air limbah dari pabrik dengan pembuangan asam dan beracun yang mengandung logam berat, termasuk zat organik seperti minyak, detergen, dan zat warna, dan mikroorganisme. Sifat *Sphagnum* yang memiliki tekstur lembut, berguna sebagai bahan pengemas saat mengirim produk seperti sayuran dan bunga segar. Penggunaan *bryophytes* lainnya adalah *Sphagnum* pada popok bayi (karena sifat absorptifnya), *Polytrichum* sebagai isian di bantal, dan lumut daun sebagai hiasan, khususnya dalam kostum seremonial masyarakat adat. Lumut juga sering digunakan sebagai penghias di bagian atas pot bunga untuk mencegah pengeringan tanah yang mendasari. Berdasarkan kondisi tersebut, *Bryophytes* dapat membantu dalam prospek *geobotanical* sekaligus sebagai indikator ekologi yang berguna untuk pekerjaan survei botani, dan mampu mengungkapkan perubahan substrat yang halus. biomassa. Lapisan tebal *bryophyta* pada pohon dan tanah dapat menyerap air hujan dalam jumlah besar dan memainkan peran penting dalam keseimbangan air dan siklus nutrisi hutan. Hingga 20-40% dari curah hujan ditangkap oleh *bryophyta* di hutan awan tropis ini. Bagian dari air menguap kembali ke atmosfer, sedangkan kelebihan menetes secara berangsur-angsur menuruni batang atau bebas ke tanah. Dengan menahan air hujan, lapisan *bryophyta* berfungsi sebagai reservoir air, mencegah air mengalir langsung ke Sungai.

Lumut dapat juga dijadikan sebagai bahan obat, antibiotik, antimikroba dan penahan rasa sakit. Orang Amerika Utara telah menggunakan berbagai *bryophyta* sebagai obat-obatan herbal dan orang cina juga menggunakan untuk pengobatan berbagai penyakit kardiovaskular, bisul, eksim, luka, gigitan, luka, dan luka bakar dari beberapa spesies. Jenis tumbuhan lumut yang sering digunakan sebagai bahann obat-obatan adalah lumut daun dan lumut hati. Jenis lumut yang digunakan seperti *Marchantia polymorpha*, *Marchantia stemanii* Bischler, *Marchantia geminate*, dan *Marchantia paleaceae*.

Lumut memiliki kandungan zat antibakteria di dalamnya. Pada lumut hati memiliki ekstrak senyawa isoflavonoid, flavonoid, dan bioflavonoid yang aktif menghambat mikroorganisme. Lumut juga dianggap sebagai tumbuhan pioneer atau tumbuhan perintis. Pada lahan yang rusak atau daerah dengan sedikit nutrisi, lumut merupakan tumbuhan pertama yang tumbuh ketika awal suksesi. Lahan yang telah ditumbuhi oleh lumut akan menjadi media yang cocok untuk perkecambahan dan pertumbuhan tumbuhan lainnya. Lumut juga memiliki peran dalam keseimbangan ekosistem. Lumut yang tumbuh di tanah yang mempercepat proses siklus terbentuknya nutrisi yang dapat digunakan oleh tumbuhan lainnya yang hidup di tanah tersebut. Lumut mempunyai bentuk adaptasi dan kemampuan yang istimewa, yaitu kemampuan untuk menangkap nutrisi yang berada di udara dan atmosfer yang lebih baik. Jenis-jenis lumut yang mampu berkembang dengan cepat seperti *atrichum*, *nardia*, *pogonatum*, *pohlia*, dan *trematodon* memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

Keberadaan lumut dapat menjadi bioindikator. Adanya perubahan iklim di suatu daerah memberikan peringatan dini terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan lingkungan. Tingkat sensitifitas yang tinggi yang dimiliki oleh lumut dalam merespon kondisi lingkungan. Tumbuhan lumut berperan penting sebagai bioindikator perubahan iklim global karena sensitifitas terhadap kondisi iklim dan lingkungan. Lumut bisa dijadikan sebagai bioindicator karena pada daerah yang dekat dengan sumber polusi asap yang tinggi tidak ditemukan lumut yang sempurna, permukaan daun pada lumut menyerap polutan dan mengakumulasinya di dalam sel.

2.1.7 Kajian keanekaragaman

Keanekaragaman hayati atau *biodiversity* merujuk pada berbagai bentuk kehidupan di bumi, termasuk tumbuhan, hewan, jamur, dan mikroorganisme, beserta materi genetik yang mereka miliki serta faktor ekologis yang memengaruhi mereka. (Sriastuti et al., 2018) menekankan pentingnya perlindungan dan pelestarian keanekaragaman flora dan fauna di Indonesia agar bisa dimanfaatkan oleh masyarakat di masa depan. Menurut (Ulfa et al., 2023), keanekaragaman hayati terdiri dari dua komponen utama: kekayaan jenis dalam suatu area dan pemerataan jenis, yang menggambarkan kelimpahan relatif individu dalam setiap spesies. Keanekaragaman ini terbagi menjadi tiga tingkat: genetik, spesies, dan ekosistem, yang semuanya berpengaruh pada kemampuan adaptasi populasi dalam interaksi antar spesies.

Terdapat dua komponen berbeda dalam keanekaragaman, yaitu kekayaan spesies, yang merupakan total jumlah spesies, dan pemerataan, yang mengacu pada distribusi kelimpahan (seperti jumlah individu dan biomassa) di antara spesies-spesies tersebut (Nahlunnisa & Zuhud, 2016). Konsep keanekaragaman spesies dimulai dari pemahaman tentang keanekaragaman hayati secara luas, yang mencakup variasi kehidupan dalam berbagai bentuk dan tingkat organisasi, termasuk struktur, fungsi, dan proses ekologi. Sebaran jenis secara tidak langsung dipengaruhi oleh interaksi antar vegetasi, suhu, kelembapan, serta sifat fisik-kimia tanah, yang menciptakan kondisi lingkungan tertentu yang menentukan keberadaan atau ketidakberadaan suatu spesies serta tingkat adaptasi yang berbeda (Nahdi et al., 2014).

Untuk melakukan analisis kuantitatif keanekaragaman digunakan indeks keanekaragaman Shanon-Wiener ($\hat{H}$), untuk menggambarkan populasi secara sistematis agar mempermudah dalam menganalisis informasi jumlah individu masing-masing jenis pada suatu komunitas. Dengan rumus:

$$\hat{H} = -\sum P_i \ln(P_i)$$

Keterangan:

$\hat{H}$ = Indeks Keanekaragaman Shanon-Wiener

$P_i = n_i/N$

N_i = Jumlah individu jenis ke-I

N = Jumlah total individu seluruh jenis

2.1.8 Taman Nasional Gunung Ciremai

Taman Nasional Gunung Ciremai ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung oleh Pemerintah Hindia Belanda pada tahun 1941, dengan tujuan utama untuk mengatur tata air, mencegah banjir, dan mengatasi bencana alam seperti letusan gunung berapi, erosi, sedimentasi, dan longsor, serta menjaga kesuburan tanah di area bawahnya serta kelestarian flora dan fauna dalam ekosistem tersebut. Pada tahun 1973, statusnya berubah menjadi hutan produksi, namun kemudian kembali diubah menjadi hutan lindung pada tahun 2003 berdasarkan Surat Keputusan Menteri No. 195/Kpts-II/2003. Selanjutnya, pada tahun 2004, kawasan hutan lindung Ciremai berfungsi sebagai Taman Nasional Gunung Ciremai hingga saat ini (Y. K. Sari, 2013).



Gambar 2. 8 Citra Satelit Lembah Cilengkrang

Sumber: Google Earth 2024

(Gambar 8) merupakan citra satelit Lembah Cilengkrang dilihat dari Google Earth 2024 pada ketinggian 10.000 meter. Berdasarkan letak geografisnya, Taman Nasional Gunung Ciremai terletak pada koordinat $108^{\circ}28'0''\text{BT}$ - $108^{\circ}21'35''\text{BT}$ dan $6^{\circ}50'25''\text{LS}$, dengan ketinggian mencapai 3.078 mdpl. Setelah mengalami perubahan fungsi, kawasan ini sekarang memiliki luas 15.500 ha sebagai taman nasional, yang terbagi antara dua kabupaten: wilayah Kabupaten Kuningan seluas 8.931,27 ha dan Kabupaten Majalengka seluas 6.927,90 ha.

2.1.9 Objek Wisata Alam Lembah Cilengkrang

Kawasan Wisata Alam Lembah Cilengkrang terletak di dalam wilayah Seleksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) II Kabupaten Kuningan, khususnya di resort Jalaksana. Dengan luas sekitar 30 hektar, kawasan ini berbatasan dengan desa Pajambon, Kecamatan Kramatmulya, Kabupaten Kuningan. Lembah Cilengkrang (Gambar 9) menawarkan daya tarik berupa dua air terjun, sumber air panas alami, serta keanekaragaman hayati yang melimpah. Menurut penelitian (Y. K. Sari, 2013) terdapat berbagai jenis tanaman, termasuk tanaman hias dan obat di kebun koleksi Lembah Cilengkrang, seperti ki jamuju, nangsi (*Villebrunia rubescens*), walen (*Ficus ribes*), hamerang (*Ficus toxicaria*), mara (*Macaranga tanarius*), serta berbagai jenis lainnya. Di sekitar curug dan sumber air panas alami, juga ditemukan berbagai tumbuhan seperti asam keranji (*Dialium indum*), pinus (*Pinus merkusii*), dan beberapa tanaman agroforestri seperti alpukat (*Persea americana*), kopi (*Coffea*), dan durian (*Durio zibethinus*). Selain itu, beberapa satwa liar juga terlihat di area ini, termasuk elang jawa (*Nizaetus bartelsi*), lutung budeng (*Trachypithecus auratus*), musang (*Paradoxurus hermaphroditus*), dan berbagai jenis burung seperti ciung mungkal jawa (*Cochoa azurea*) dan cinenen pisang (*Orthotomus sutorius*).



Gambar 2. 9 ODTWA Lembah Cilengkrang

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.1.10 Sumber Belajar

Sumber belajar mencakup segala sesuatu yang dapat membantu peserta didik dalam melaksanakan kegiatan belajar (Susilo, 2018). Irawan dan Susilo dalam (Anggoroputro & Salamah, 2021) berpendapat bahwa alam dan lingkungan dapat dijadikan sumber belajar bagi peserta didik, asalkan dikelola dan dimanfaatkan dengan baik. Meskipun sumber belajar di sekitar peserta didik memiliki berbagai bentuk, umumnya sumber-sumber tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, dan penggunaan sumber belajar saat ini masih banyak bergantung pada buku teks (Supriadi, 2017). Salah satu cara untuk memanfaatkan sumber belajar dari lingkungan adalah melalui hasil penelitian. Ketika hasil penelitian digunakan sebagai sumber belajar, hal ini dapat memberikan pengalaman yang konkret dan faktual bagi peserta didik, karena informasi yang disampaikan berasal dari pengamatan langsung oleh peneliti (Anggoroputro & Salamah, 2021).

Adapun sumber belajar yang dibuat sebagai hasil penelitian ini adalah berupa video. Video adalah media audiovisual yang menampilkan gerakan. Materi yang disajikan bisa bersifat faktual, informatif, dan edukatif. Keuntungan menggunakan media video dalam pembelajaran antara lain adalah dapat diputar sesuai kebutuhan atau dalam suasana yang tenang saat menyampaikan materi, tidak memerlukan lampu khusus untuk objek, serta dapat diperlambat atau dipercepat sesuai keinginan (Tiwi & Mellisa, 2023).

Sumber belajar berupa video dokumenter yang berasal dari penelitian ini dibuat dengan melibatkan beberapa langkah. Peneliti menyiapkan skrip untuk pembuatan video dokumenter. Selain itu, peralatan seperti kamera, tripod dan mikrofon yang menunjang pembuatan video dokumenter juga diperlukan. Video yang diambil dalam sumber belajar adalah identifikasi lumut yang ditemukan, habitat, alat dan bahan yang digunakan, serta kegiatan penelitian yang dilakukan. Untuk menjelaskan isi video ditambahkan narasi. Video dokumenter di unggah ke *platform* Youtube agar dapat diakses oleh siswa Sekolah Menengah Atas. Video yang ditonton oleh siswa menarik siswa tersebut untuk melakukan pengamatan secara langsung di Kawasan ODTWA Lembah Cilengkrang.

2.1.11 Faktor Klimatik Lingkungan

Ada beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh pada kehidupan lumut, diantaranya adalah sebagai berikut:

a) Suhu udara

Suhu udara pada lumut berpengaruh dalam proses fisiologis seperti fotosintesis, pertumbuhan, dan reproduksi. Lumut tumbuh optimal pada kisaran suhu 15-25°C (Rahma et al., 2023), namun lumut juga toleran terhadap suhu yang lebih tinggi hingga 40-50°C asalkan kelembaban udara tetap memadai di atas 50% (Azwad et al., 2020). Suhu yang sesuai menciptakan kondisi lingkungan ideal yang mendukung aktivitas metabolik lumut, sementara suhu yang lebih rendah pada ketinggian tertentu memudahkan penguapan air dan pertumbuhan rizoid. Selain itu, suhu yang stabil pada lumut dapat mempertahankan keseimbangan air, sehingga dapat bertahan dan berkembang di berbagai habitat, terutama di wilayah pegunungan atau hutan hujan tropis.

b) Kelembaban udara

Menurut (Azwad et al., 2020) lumut dapat tumbuh optimal pada kelembaban udara yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 70% hingga 98%, dengan syarat minimal kelembaban di atas 50% agar proses fisiologis seperti fotosintesis dan perkecambahan spora dapat berjalan dengan baik. Kondisi kelembaban yang tinggi tersebut menjaga lumut dari dehidrasi dan menyediakan air yang dibutuhkan untuk reproduksi. Penelitian di kawasan hutan hujan dan air terjun menunjukkan kelembaban rata-rata antara 65% sampai 86% sangat mendukung keberadaan lumut dan keanekaragamannya (Bullu et al., 2022).

c) Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya memiliki peranan penting dalam kehidupan lumut karena berfungsi sebagai sumber energi utama untuk proses fotosintesis. Menurut (Utami et al., 2020) lumut umumnya tumbuh optimal pada intensitas cahaya sekitar 100 hingga 1.050 lux (795 Cd). Selain itu, lumut juga mampu tumbuh dengan baik pada intensitas cahaya sekitar 10.000 lux atau 795 Cd (Harahap et al., 2023). Kondisi cahaya tersebut cukup untuk menunjang aktivitas fotosintesis tanpa menyebabkan stres akibat paparan sinar matahari langsung. Intensitas cahaya pada kondisi

optimal biasanya ditemukan di habitat yang teduh seperti bawah kanopi hutan atau area sekitar air terjun (Endang et al., 2020).

d) Kelembaban tanah

Lumut membutuhkan kelembaban tanah yang cukup tinggi agar rizoid dapat menyerap air dengan efektif serta menjaga jaringan tubuh lumut dari dehidrasi. Penelitian yang dilakukan oleh (Utami et al., 2020) menunjukkan bahwa lumut biasanya hidup optimal pada kelembaban tanah yang tinggi, yaitu dalam kisaran 70.00% hingga 98.00% (0.70–0.98 dalam satuan desimal). Kondisi kelembaban ini menciptakan lingkungan mikro yang mendukung perkecambahan, pertumbuhan, dan perkembangan spora lumut secara maksimal (Lestiani et al., 2021). Kelembaban yang cukup diperlukan karena lapisan kutikula lumut sangat tipis sehingga lumut mudah kehilangan air dan sangat bergantung pada kelembaban lingkungan untuk proses fisiologisnya.

e) pH tanah

pH tanah memegang peranan penting dalam menunjang pertumbuhan dan distribusi lumut karena memengaruhi ketersediaan nutrisi dan aktivitas mikroorganisme di substrat tempat lumut berkembang. Berdasarkan berbagai kajian terbaru, lumut dapat tumbuh optimal pada rentang pH tanah yang luas, yakni sekitar 4,3 sampai 8,3, mencakup kondisi tanah yang agak asam hingga basa netral (Utami et al., 2020). Rentang pH ini memungkinkan lumut memanfaatkan unsur hara secara efisien dan menjaga keseimbangan mikroba di habitatnya. Perubahan pH di luar batas optimal dapat mengganggu metabolisme lumut dan menurunkan keanekaragaman serta kelangsungan hidupnya.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai keanekaragaman tumbuhan lumut yang dilakukan oleh Aprilia pada tahun 2023 di Air Terjun Pancuran Rayo Desa Koto Tuo Pulau Tengah Kabupaten Kerinci ditemukan 10 famili dari 16 spesies dengan total individu yaitu 720. Adapun indeks keanekaragaman (H') menunjukkan hasil sebesar 2,72 yang berarti tingkat keanekaragaman tumbuhan di lumut tersebut adalah sedang, kemudian terkait indeks kemerataan (E) menunjukkan hasil 0,98 yaitu termasuk

dalam kategori sedang. Sedangkan Indeks kekayaan (Dmg) menunjukkan hasil 2,27 yang artinya tingkat kekayaan yang rendah.

Penelitian mengenai keanekaragaman lumut juga telah dilakukan oleh Ninda Nur Amalia dengan tujuan untuk mempelajari keanekaragaman lumut yang tumbuh pada batuan candi, serta mengetahui distribusi lumut di lokasi Candi Plaosan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 11 jenis lumut yang teridentifikasi, yang dikelompokkan menjadi dua kelas: *Hepaticopsida* dan *Bryopsida*. Jenis-jenis lumut yang ditemukan antara lain *Cyathodium smaragdinum*, *Riccia hasskarliana*, *Barbula indica*, dan lain-lain. Dari semua jenis yang ditemukan, *Barbula indica* adalah yang paling luas dan merata distribusinya.

Penelitian lain mengenai keanekaragaman lumut juga dilakukan oleh Firman Firdaus di Jalur Pendakian Gunung Penanggungan Jawa Timur. Dalam penelitian tersebut, ditemukan 16 famili lumut dengan 23 spesies yang berbeda. Tumbuhan lumut yang paling banyak ditemukan adalah berasal dari kelas *Bryopsida* dengan jumlah 14 jenis, kelas *Marchantiopsida* berjumlah 7 jenis, dan yang paling sedikit adalah dari kelas *Anthocerotopsida* berjumlah 2 jenis. Adapun nilai indeks keanekaragaman (H) lumut diperoleh sebesar (J. Tamiajeng = 1,97, j. Kunjorowesi = 1,44 & J. Jolotundo = 1,36) dengan kategori sedang. Sedangkan nilai indeks Morisita (Id) lumut sebesar 4,16-66,33 serta nilai (X^2 hitung) sebesar 49-1673,4 dengan pola distribusi seragam dan mengelompok.

2.3 Kerangka Konseptual

Tumbuhan lumut termasuk dalam kategori tumbuhan tingkat rendah yang tidak memiliki jaringan pembuluh angkut, sehingga dikenal sebagai tumbuhan *non-vascular*. Dalam siklus hidupnya, tumbuhan lumut mengalami pergiliran generasi yang terdiri dari dua fase utama, yaitu generasi gametofit dan generasi sporofit. Secara umum, lumut memiliki ukuran tubuh yang relatif kecil dan struktur tubuhnya sangat khas. Mereka termasuk dalam kelompok tumbuhan peralihan antara talus dan kormus, yang berarti bahwa lumut belum memiliki akar, batang, dan daun sejati. Sebagai pengganti akar sejati, tumbuhan lumut memiliki struktur yang disebut rizoid, yang berfungsi untuk menempel pada substrat. Habitat lumut sangat beragam; mereka dapat ditemukan di berbagai lokasi seperti permukaan batu,

kayu lapuk, dan tanah, bahkan dapat menempel pada berbagai jenis substrat lainnya. Pertumbuhan dan perkembangan lumut dipengaruhi oleh sejumlah kondisi lingkungan, termasuk suhu, intensitas cahaya, kelembaban udara, ketersediaan air, pH tanah, serta berbagai faktor lainnya. Karena itu, lumut dapat ditemukan di daerah pegunungan dan pada berbagai lokasi lain yang memiliki kondisi lingkungan yang sesuai untuk keberlangsungan hidup mereka.

Salah satu gunung yang terletak di wilayah Jawa Barat adalah Taman Nasional Gunung Ciremai (TNGC). Salah satu kawasan wisata alam yang sering dikunjungi oleh para pelancong adalah Lembah Cilengkrang, yang terletak di Desa Pajambon, Kecamatan Kramatmulya, Kabupaten Kuningan. Melalui observasi dan wawancara yang dilakukan, diketahui bahwa Lembah Cilengkrang menyimpan beragam keanekaragaman hayati, termasuk di dalamnya tumbuhan lumut. Dari perspektif ekologi, tumbuhan lumut memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan air dan unsur hara di lingkungan. Selain itu, lumut juga berfungsi sebagai bioindikator perubahan lingkungan, menyediakan habitat bagi berbagai hewan, serta memiliki manfaat sebagai bahan obat-obatan yang berguna bagi manusia.

Potensi alam di Lembah Cilengkrang dapat dijadikan indikator bahwa lingkungan di kawasan tersebut masih terpelihara dan alami. Namun, setelah peneliti melakukan pencarian melalui berbagai sumber dan literatur, diketahui bahwa keberadaan lumut di area ini belum dipahami secara mendalam dan belum terlengkapinya beberapa informasi mengenai penelitian yang mengkaji keanekaragaman lumut di sana. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan penelitian mengenai keanekaragaman lumut guna menambah data inventarisasi distribusi tumbuhan lumut di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan identifikasi mengenai keanekaragaman tumbuhan lumut yang ada di Taman Nasional Gunung Ciremai khususnya di kawasan Lembah Cilengkrang. Kemudian, melakukan dokumentasi berupa video mengenai tumbuhan lumut yang ada di kawasan tersebut dan hasil dari penelitian dibuat dalam bentuk Video Pembelajaran sebagai sumber belajar biologi untuk kepentingan bidang pendidikan.

2.4 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kerangka beripikir di atas, maka pertanyaan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah keanekaragaman tumbuhan lumut yang ditemukan di Kawasan Objek Daya Tarik Wisata Alam Lembah Cilengkrang?
- b. Bagaimana indeks keanekaragaman, kemerataan, dominansi, dan nilai penting tumbuhan lumut di Kawasan Objek Daya Tarik Wisata Alam Lembah Cilengkrang?
- c. Bagaimana kondisi iklim berupa suhu, kelembaban, dan curah hujan dengan keanekaragaman di area Kawasan Objek Daya Tarik Wisata Alam Lembah Cilengkrang?
- d. Bagaimana bentuk kontribusi hasil penelitian untuk diintegrasikan dalam pembelajaran?