

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Tumbuhan Lumut Secara Umum

Lumut merupakan kelompok tumbuhan tingkat rendah yang tidak memiliki jaringan pembuluh atau *nonvascular* (Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, & Orr, 2020). Lumut termasuk salah satu jenis tumbuhan yang bersifat kosmopolit, yaitu memiliki wilayah persebaran keanekaragaman yang luas, dari daerah tropis hingga daerah kutub (Sujadmiko & Vitara, 2021). Hal itu dibuktikan dengan lumut menempati urutan kedua setelah tumbuhan tingkat tinggi (Rianti et al., 2019). Berdasarkan taksonominya tumbuhan lumut termasuk ke dalam Superdivisi Embryophyta yang memiliki tiga divisi yaitu *Anthocerotophyta* (lumut tanduk), *Marchantiophyta* (lumut hati) dan *Bryophyta* (lumut daun) (Ruggiero et al., 2015).

Lumut banyak ditemukan di daerah yang sejuk dan lembap, akan tetapi lumut juga dapat bertahan hidup dalam kondisi ekstrem seperti kekeringan, dan suhu yang rendah. Seperti salah satu spesies lumut yang dapat bertahan dalam kondisi itu yaitu *Syntrichia caninervis*. Lumut tersebut mampu menahan kekeringan dalam kondisi dengan akses air yang terbatas atau mampu memulihkan kondisi setelah kehilangan lebih dari 98% kadar air yang terkandung dalam tubuhnya, dan mampu bertahan dalam suhu beku hingga -196°C . Oleh karena itu, lumut ini dianggap sebagai tumbuhan pionir yang mampu mengkolonisasi lingkungan ekstraterrestrial (Li et al., 2024).

Lumut merupakan tumbuhan mikro yang dapat tumbuh di berbagai substrat seperti kayu lapuk, pohon, serasah, tanah dan bebatuan. Kehidupan lumut dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan dan cahaya. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi perbedaan toleransi dari masing-masing spesies lumut seperti, tingkat adaptasi, komposisi spesies dan sebaran lumut (Masyitoh et al., 2023). Tumbuhan lumut dianggap sebagai salah satu vegetasi primitif karena kemunculannya lebih awal daripada Pteridophyta dan Spermatophyta (Sasongko, Salamah, & Nurjanah, 2020).

2.1.2 Morfologi Tumbuhan Lumut Secara Umum

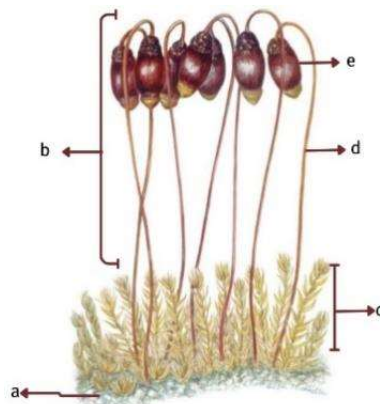
Ukuran tubuh tumbuhan lumut relatif kecil dan jarang ada yang mencapai ukuran 15 cm bahkan ada yang hanya tingginya beberapa milimeter. Struktur tubuhnya pipih seperti pita dan ada juga yang menyerupai seperti batang dengan daun-daun kecil. Lumut tumbuh tegak dan mendatar pada substratnya melalui bantuan rizoid (Kurniawan, Anas, & Rohani, 2023). Bentuk talus pada lumut berupa lembaran yang bersusun spiral, lembaran, dengan batang berwarna hijau muda, hijau tua, hijau kekuningan dan berwarna kecoklatan (Husain et al., 2022). Pada umumnya, tumbuhan lumut berwarna hijau karena memiliki sel-sel dengan plastid yang mengandung klorofil a dan klorofil b dan sel-selnya telah mempunyai dinding yang terdiri atas selulosa (Tjitrosoepomo, 2014). Menurut (Lukitasari, 2018) tumbuhan lumut bersifat autotrof yaitu mempunyai kemampuan untuk menghasilkan senyawa organik melalui proses fotosintesis.

Meskipun lumut memiliki ukuran tubuh yang relatif kecil, dominan berwarna hijau dan jarang diperhatikan, namun lumut memiliki morfologi yang unik. Bentuk tubuh lumut adalah peralihan dari talus ke bentuk kormus. Semua jenis lumut seperti halnya struktur tumbuhan rendah lainnya belum memiliki akar, batang dan daun sejati. Selain itu, lumut tidak menghasilkan bunga dan biji serta tidak memiliki struktur jaringan pengangkut xilem dan floem, tetapi untuk melangsungkan kehidupannya tumbuhan lumut memiliki struktur berupa rizoid (Gambar 2.1) yang menyerupai akar dan berfungsi untuk menempel pada substrat sehingga mampu mereabsorpsi air serta nutrisi (Lukitasari, 2018). Lumut merupakan tumbuhan berspora yang memiliki ciri-ciri habitus berupa talus berbentuk lembaran pada jenis lumut primitif, sedangkan pada jenis lumut yang lebih maju talusnya sudah dapat dibedakan menjadi *rizoid*, *cauloid*, dan *phyllids* (Sujadmiko & Vitara, 2021).

Generasi gametofit memiliki rizoid, *cauloid* (organ yang menyerupai batang) dan *phyllids* (daun tidak sempurna) (Lukitasari, 2018). *Rizoid* merupakan struktur mirip akar yang berfungsi untuk membantu perlekatan lumut pada substrat. Pada *cauloid*, terdapat semacam berkas pengangkut berupa sekelompok sel yang memanjang. Sedangkan *phyllids* terdiri atas satu lapisan sel dan memiliki rusuk

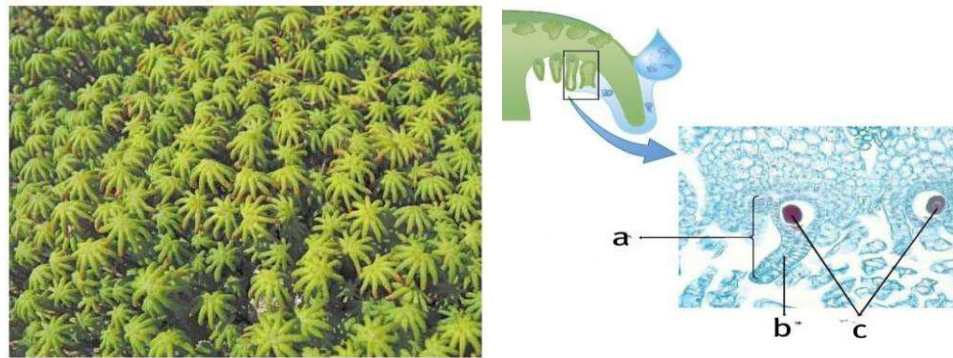
tengah. Pada bagian dekat rusuk tengah terdiri atas beberapa lapis sel, tetapi belum memperlihatkan adanya daging *phyllids* (Sujadmiko & Vitara, 2021). Sel-sel daunnya kecil, sempit, panjang dan mengandung kloroplas yang tersusun seperti jala. Diantaranya terdapat sel-sel mati dengan penebalan dinding dalam berbentuk spiral. Sel-sel mati ini berfungsi sebagai persediaan air dan cadangan makanan. Pada sebagian tumbuhan lumut sudah mempunyai bentuk seperti liang udara yang berguna untuk pertukaran gas, seperti fungsi stomata pada tumbuhan tinggi (Hasanuddin & Mulyadi, 2014).

Bentuk tubuh lumut terdiri dari dua bagian yaitu gametofit dan sporofit (Gambar 2.1). Struktur yang dapat melakukan proses fotosintetik dan biasanya melekat pada substrat dengan rizoid disebut dengan gametofit. Gametofit umumnya memiliki ukuran kecil dan bervariasi dari kurang 1 milimeter sampai kadang-kadang ada yang mencapai setinggi 20 sentimeter. Pada lumut daun dan lumut hati gametofit umumnya berdaun, sedangkan pada beberapa lumut hati dan sebagian besar lumut tanduk berbentuk talus (Hallingback & Hodgetts, 2000). Struktur sporofit berperan untuk menghasilkan spora dan menempel pada gametofit untuk memperoleh air dan mineral lalu akan tumbuh menjadi individu baru (Lukitasari, 2018). Pada sebagian lumut memiliki tempat pembentukan spora yang disebut dengan kotak spora (sporangium) (Hasanuddin & Mulyadi, 2014).



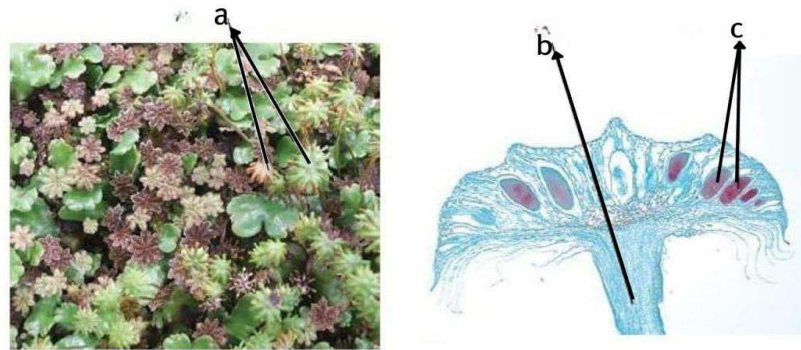
Gambar 2.1 Struktur Umum Tumbuhan Lumut
 (a) Rizoid (b) Sporofit, (c) Gametofit, (d) Seta, (e) kapsul
 Sumber: (McCarthy et al., 2006)

Generasi gametofit merupakan generasi yang dominan dan memiliki dua alat reproduksi yang disebut gametangium, yaitu berupa *anteridium* yang menghasilkan banyak gamet jantan yang berflagellum (*spermatozoid*) dan *arkegonium* yang menghasilkan satu gamet betina (*ovum* = sel telur) yang tidak berflagellum dan berukuran lebih besar daripada *spermatozoid*. Gametangia (tunggal, *gametangium*) betina disebut arkegonia (tunggal, *archegonium*) dan gametangia jantan disebut antheridia (tunggal, *antheridium*) (Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, & Orr, 2017). Pada generasi gametofit ini terdiri dari sel-sel dengan kromosom yang tidak berpasangan (haploid = n). Sedangkan generasi sporofit terdiri dari sel-sel dengan kromosom yang berpasangan (diploid = $2n$) karena terbentuk dari pertemuan antara gamet jantan dan gamet betina. (Hasanuddin & Mulyadi, 2014). Seperti pada gambar 2.2 arkegonium merupakan gametangium betina yang bentuknya seperti botol atau labu. Bagian yang lebar disebut perut dan bagian yang sempit disebut leher, yang pada bagian masing-masingnya mempunyai dinding yang terdiri atas selapis sel.



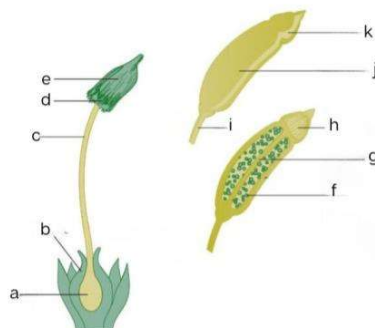
Gambar 2.2 Arkegonium dari *Marchantia*, sejenis lumut hati
(a) Arkegonium. (b) Leher, (c) telur
Sumber: (Mauseth, 2016)

Sedangkan anteridium (Gambar 2.3) merupakan gametangium jantan yang memiliki bentuk bulat atau seperti gada dan mempunyai dinding yang terdiri atas selapis sel-sel mandul. Di dalamnya terdapat sejumlah besar sel-sel induk spermatozoid yang berbentuk spiral pendek (Tjitrosoepomo, 2014). Tangkai anteridium disebut dengan anteridiofor, sedangkan tangkai arkegonium disebut arkegoniofor (Kurniawan et al., 2023).



Gambar 2.3 Anteridium dari *Marchantia*, sejenis lumut hati
 (a) Anteridium, (b) Tangkai (anteridiofor), (c) Antheridia
 Sumber: (Mauseth, 2016)

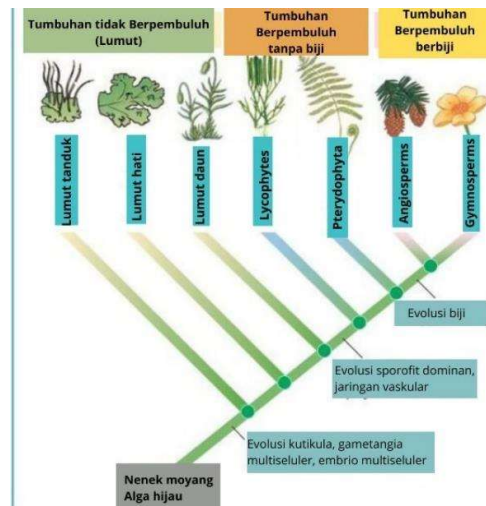
Lumut memiliki sporofit yang kecil dari semua kelompok tumbuhan yang ada. Struktur sporofit tubuh lumut terdiri dari satu kaki, satu seta, dan satu kapsul. Kaki (*foot*) berada di dalam arkegonium dan berguna untuk menyerap nutrisi dari gametofit. Seta atau tangkai (jamak: *satae*) berfungsi untuk mengangkut nutrisi dari sporangium. Kapsul (*capsule*) atau sporangium menggunakan nutrisi untuk membentuk spora atau kotak spora melalui tahap meiosis. *Peristome* merupakan struktur cincin yang memiliki bentuk seperti gigi dan saling mengunci yang biasanya terdapat pada bagian atas kapsul lumut daun (Urry et al., 2020). Sedangkan struktur yang dinamakan *calyptra*, yaitu tutup kecil atau tudung pada kapsul, dan terdapat *operculum*, yaitu organ yang menjadi penutup kapsul lumut lalu akan membuka apabila spora-spora di dalam kapsul telah matang (Lukitasari, 2018). Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Generasi Sporofit Tumbuhan Lumut
 (a) Kaki, (b) Arkegonium, (c) Seta, (d) Kapsul, (e) Kaliptra, (f) Spora,
 (g) Kolumella, (h) Gigi peristome, (i) Seta, (j) Kapsul, (k) Operkulum
 Sumber: (Mauseth, 2016)

2.1.3 Klasifikasi Tumbuhan Lumut

Kingdom Plantae mempunyai tiga kelompok diantaranya tumbuhan tidak berpembuluh, tumbuhan berpembuluh tanpa biji dan tumbuhan berpembuluh berbiji. Hubungan ketiga kelompok tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5 Garis keturunan antara tumbuhan tidak berpembuluh, tumbuhan berpembuluh tanpa biji, dan tumbuhan berpembuluh berbiji
Sumber: (Berg, 2008)

Menurut Lumut mempunyai hubungan kekerabatan yang cukup dekat dengan alga hijau. Gambar tersebut menjelaskan garis keturunan atau perkembangan dari tumbuhan tingkat rendah tidak berpembuluh hingga tumbuhan tingkat tinggi (*Angiospermae* dan *gymnospermae*) yang memiliki jaringan pembuluh pengangkut dan menghasilkan biji. Tingkatan tersebut menunjukkan perpindahan filogeni dan perkembangan evolusi sekaligus menggambarkan perbedaan antar takson dari jenis tumbuhan yang ada. Karakteristik gametofit dan sporofit pada tumbuhan lumut dapat membantu dalam melakukan suatu identifikasi yang bertujuan untuk melakukan klasifikasi lumut (Lukitasari, 2018). Menurut Ruggiero et al., (2015) Tumbuhan lumut dibagi menjadi tiga divisi yaitu *Marchantiophyta* (lumut hati) *Anthocerotophyta* (lumut tanduk), dan *Bryophyta* (lumut daun).

2.1.3.1 Divisi *Marchantiophyta* (Lumut Hati)

Taksonomi dari divisi *Marchantiophyta* adalah sebagai berikut (ITIS, 2024m):

<i>Kingdom</i>	: Plantae
<i>Subkingdom</i>	: Viridiplantae
<i>Infrakingdom</i>	: Streptophyta
<i>Superdivision</i>	Embryophyta
<i>Division</i>	Marchantiophyta
<i>Class</i>	Haplomitriopsida
	Jungermanniopsida
	Marchantiopsida

Lumut hati (berasal dari Bahasa Latin, *hepaticus* : hati) artinya mengacu pada gametofit yang mempunyai bentuk seperti hati (Urry et al., 2020). Berdasarkan bentuknya lumut hati dapat dibedakan ke dalam dua kelompok yaitu, lumut hati berdaun dan lumut hati bertalus (Sujadmiko & Vitara, 2021). Pada lumut hati berdaun, gametofitya terdiri dari daun pada batang. Sedangkan lumut hati yang bertalus memiliki gametofit yang berbentuk pipih, ada yang berkerut atau berlubang dan berwarna hijau. Seperti pada gambar 2.6, *Marchantia polymorpha* merupakan salah satu contoh spesies yang termasuk ke lumut hati bertalus memiliki struktur mirip payung yang tumbuh dari talus dan merupakan bagian dari gametofit (Lepp, 2012b). Lumut hati bertalus mempunyai bentuk seperti lempengan dengan tepi rata atau berlekuk sehingga aksis talus membentuk *lobe*, percabangan dikotom, memiliki rusuk tengah atau *midrib*, dan sel rizoid bersifat uniseluler (Sujadmiko & Vitara, 2021). Lumut hati berdaun tidak memiliki rusuk tengah, habitus merayap, daun terdiri atas dua baris daun lateral, dan *lobule* sebagai pelipatan daun. Lumut hati tipe ini seperti *Plagiochila deltoidei* (Gambar 2.7) memiliki gametofit mirip batang dan mempunyai banyak pelengkap mirip daun (Urry et al., 2020).



Gambar 2.6 *Marchantia polymorpha*, salah satu spesies lumut bertalus
Sumber: (Lepp, 2012a)



Gambar 2.7 *Plagiochila deltoidei*, sejenis lumut hati berdaun
Sumber: (Urry et al., 2020)

Lumut hati memiliki tiga kelas yaitu kelas Haplomitriopsida, kelas Jungermanniopsida, dan kelas Marchantiopsida. Kelas Haplomitriopsida mempunyai dua *subclass* yaitu Haplomitriidae (mempunyai satu ordo yaitu ordo *Calobryales*) dan *subclass* *Treubiidae* (mempunyai satu ordo yaitu ordo *Traubiales*) masing-masing mempunyai satu famili (Ruggiero et al., 2015). Seperti pada gambar 2.8 salah satu contohnya yaitu spesies *Haplomitrium mnioides* dari ordo *Calobryales*. Gametofit tidak mempunyai batang dengan daun-daun tersusun dalam tiga baris. Sedangkan generasi sporofitnya terdiri dari seta, kaki, dan kapsul yang memanjang. (Hasnunidah, 2018).



Gambar 2.8 *Haplomitrium mnioides*
Sumber: (Hasnunidah, 2018)

Kelas Jungermanniopsida terdapat tiga *subclass* yaitu *subclass* Jungermanniales (ordo Porellales dan ordo Ptilidiales), *subclass* Metzgeriidae (memiliki dua ordo yaitu ordo Metzgeriales dan ordo Pleuroziales) dan *subclass* Pelliidae (mempunyai tiga ordo yaitu ordo Fossombroniales, ordo Pallaviciniales dan ordo Pelliiales) (Ruggiero et al., 2015). Seperti pada gambar 2.9 salah satu contohnya yaitu spesies *Plagiochilla asplenoides* dari *subclass* Jungermanniales. Gametofit berupa talus sederhana atau terdiri dari batang dengan daun-daun dan mempunyai rizoid. Habitus berupa lembaran bercabang menggarpu dengan duduk daun ke samping, habitat di atas tanah atau batang pohon, dan sebagai epifit pada daun pohon-pohonan dalam hutan. Terdapat daun-daun steril disebut periketium yang menyelubungi arkegonium berupa talus, sedangkan yang berupa daun-daun diselubungi oleh periantium. Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul (Hasnunidah, 2018).



Gambar 2.9 *Plagiochilla asplenoides*
Sumber: (Hasnunidah, 2018)

Kelas Marchantiopsida mempunyai lima ordo yaitu ordo Blasiales, ordo Lunulariales, ordo Marchantiales, ordo Neohodgsoniales dan ordo Sphaerocarpaceles. Seperti pada gambar 2.10 salah satu contohnya yaitu spesies *Marchantia polymorpha* dari ordo Marchantiales. Sebagian lumut hati yang tergolong dalam bangsa ini mempunyai susunan talus yang rumit, memiliki bentuk seperti pita dengan lebar kurang lebih 2 cm, agak tebal, berdaging, bercabang-cabang menggarpu, dan mempunyai rusuk tengah yang tidak begitu menonjol. Pada sisi bawah talus terdapat selapis sel-sel yang menyerupai daun yang dinamakan dengan sisik-sisik ventral dan terdapat juga rizoid yang bersifat fototrof negatif dan dinding selnya mempunyai penebalan ke dalam yang bentuknya seperti sekat-sekat yang tidak sempurna. Sedangkan pada lapisan atas talus mempunyai lapisan kutikula (Tjitrosoepomo, 2014).



Gambar 2.10 *Marchantia polimorpha*
Sumber: (Glime, 2017)

Lumut hati didominasi dengan bentuk talus yang menempel horizontal pada permukaan tanah. Talus pada lumut hati menggarpu yang bagian bawahnya memiliki rizoid untuk menyerap makanan dari tanah. Daun pada lumut hati bukan tipe daun sejati seperti pada tumbuhan tingkat tinggi. Struktur daunnya tidak memiliki pelepah dan biasanya hanya terdiri dari susunan sel berjajar yang sederhana dan menebal. Sporangium pada lumut hati dengan seta sebagai kaki dilindungi oleh struktur yang disebut dengan *elater*, setelah sporangium matang, seta (kaki) akan menegak karena adanya tekanan air yang ada di dalam sel-selnya dan akan mendorong spora untuk keluar dari sporangium. Spora yang matang akan keluar ketika sporangium pecah dan *elater* (sel-sel pelindung) akan membuka

karena dipicu oleh udara yang kering (Lukitasari, 2018). Elater adalah struktur mikroskopis berbentuk spiral yang biasanya berputar atau terlepas sebagai respon terhadap perubahan lingkungan terutama kelembapan dan membantu penyebaran spora. Sporofit pada lumut hati yang berdaun terdiri dari kapsul spora yang terletak di atas seta yang menempel pada gametofit (Lepp, 2012b).

2.1.3.2 Divisi *Anthocerotophyta* (Lumut Tanduk)

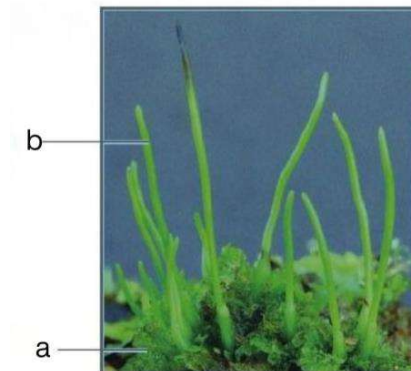
Taksonomi dari divisi *Anthocerotophyta* adalah sebagai berikut (ITIS, 2024a):

<i>Kingdom</i>	: Plantae
<i>Subkingdom</i>	: Viridiplantae
<i>Infrakingdom</i>	: Streptophyta
<i>Superdivision</i>	Embryophyta
<i>Division</i>	Anthocerotophyta
<i>Class</i>	Anthocerotopsida
	Leioporocerotopsida

Lumut tanduk mempunyai nama ilmiah dan nama umum (dari Bahasa Yunani *keras*: tanduk). Hal ini merujuk pada bentuk sporofit pada lumut tanduk yang runcing dan panjang. Sporofit yang khas ini dapat tumbuh setinggi sekitar 5 cm. Sporofit pada lumut tanduk tidak memiliki seta dan hanya terdiri dari kapsul yang memajang seperti tanduk dengan ujung meruncing. Ujung tanduk sporangium tersebut dapat melepaskan spora yang matang dengan cara membelah. Gametofit memiliki ukuran diameter 1-2 cm dan tumbuh secara horizontal pada permukaan tanah dengan perantaraan rizoid-rizoid. Menurut (Sujadmiko & Vitara, 2021) gametofit lumut tanduk mempunyai bentuk yang sederhana, jika dibandingkan dengan kelas lain lumut tanduk memiliki jumlah spesies yang lebih sedikit. Letak rizoid berada pada permukaan bawah talus, sedangkan antheridia terdapat pada permukaan talus dalam ruang anteridia dan arkegonia berada di dalam talus.

Lumut tanduk memiliki dua kelas yaitu kelas Anthocerotopsida dan kelas Leiosporocetopsida. Kelas Anthocerotopsida mempunyai tiga subkelas yaitu Anthocerotidae (mempunyai satu ordo Anthocerotales, salah satu spesiesnya seperti pada gambar 2.11), subkelas Dendrocerotidae (mempunyai dua ordo yaitu

ordo Dendrocerotales dan ordo Phymatocerales), subkelas Notothyladiales mempunyai satu ordo yaitu ordo Notothyladales. Sedangkan kelas Leiosporocerotopsida mempunyai satu ordo yaitu Leiosporocerotales (Ruggiero et al., 2015).



Gambar 2.11 *Anthoceros*
(a) Gametofit, (b) Sporofit
Sumber: (Urry et al., 2020)

2.1.3.3 Divisi *Bryophyta* (Lumut Daun)

Taksonomi dari divisi *Bryophyta* adalah sebagai berikut (ITIS, 2024c)

<i>Kingdom</i>	: Plantae
<i>Subkingdom</i>	: Viridiplantae
<i>Infrakingdom</i>	: Streptophyta
<i>Superdivision</i>	Embryophyta
<i>Division</i>	Bryophyta
<i>Class</i>	Andreaeobryopsida
	Andreaeopsida
	Bryopsida
	Oedipodiopsida
	Polytrichopsida
	Sphagnopsida
	Takakiopsida
	Tetraphidopsida

Lumut daun biasa disebut dengan lumut sejati, hal ini karena bentuk dari tubuhnya yang kecil, memiliki rizoid, batang semu, dan daun tersusun radial, dalam

spiral atau bilateral yang melingkari batang dan jarang daun-daun itu tersusun dalam dua baris saja. Keberadaan lumut daun tersebar hampir di setiap penjuru dunia dan merupakan kelompok lumut terbanyak dibanding dengan kelompok lumut lainnya, yaitu sekitar 12.000 spesies (Lukitasari, 2018). Menurut (Tjitrosoepomo, 2014) lumut daun dapat tumbuh di atas tanah yang gundul, di antara rumput-rumput, di atas batu-batu cadas, pada batang-batang dan cabang pohon, di rawa-rawa, tetapi jarang ditemukan di dalam air. Sebagian spesies lumut daun ada yang dapat bertahan dalam kondisi kekeringan sampai bertahun-tahun tanpa mengalami kerusakan. Di tempat kering lumut daun akan membentuk seperti badan-badan yang menyerupai bantalan, sedangkan akan membentuk lapisan-lapisan seperti permadani ketika tumbuh di tanah-tanah hutan.

Gametofit pada lumut daun dibedakan menjadi dua kelompok yaitu, protonema dan gametofora. Protonema terdiri dari benang bercabang dan gametofora menyerupai batang dan daun (Sujadmiko & Vitara, 2021). Gametofit lumut daun tumbuh tegak memiliki tinggi antara 1 mm hingga 60 cm, pada sebagian spesies tingginya ada yang kurang dari 15 cm dan tubuh terdiferensiasi menjadi rizoid, cauloid dan filoid. Bilah 'daun' pada lumut ini biasanya hanya setebal satu sel. Lumut daun terhampar di permukaan tanah dan sebagian besar terdiri dari gametofit. Sedangkan sporofit dapat dilihat oleh mata telanjang dan biasanya memanjang dengan tinggi berkisar hingga 20 cm. Sporofit tumbuh pada gametofitnya atau pada tumbuhan lumut itu sendiri, terdiri dari kaki dan kapsul yang disangga oleh seta. Selain itu, saat muda sporofit lumut daun berwarna hijau dan berfotosintesis, namun pada saat siap melepaskan spora warnanya berubah menjadi coklat atau merah kecoklatan (Urry et al., 2020). Lumut daun mempunyai struktur berupa gigi peristom sebagai pengganti elater yang berfungsi untuk membantu pengeluaran spora. Gigi peristom ini terletak pada tepi kapsul pada bagian kolumela (Sujadmiko & Vitara, 2021).

Kelas *Andreaebryopsida* mempunyai satu ordo yaitu ordo *Andreaebryales*. Kelas *Andreaeopsida* mempunyai satu ordo yaitu ordo *Andreaeales*. Kelas *Bryopsida* mempunyai 6 *subclass* yaitu, *subclass* *Bryidae* (mempunyai 10 ordo yaitu, ordo *Bartramiales*, ordo *Bryales*, ordo *Hedwigiales*,

ordo Hookeriales, Hypnales, Hypnodendrales, ordo Orthotrichales, ordo Ptychomniales, ordo Rhizogoniales, dan ordo Splachnaes), *subclass* Buxbaumiidae (mempunyai satu ordo yaitu Buxbaumiales), *subclass* Dicranidae (mempunyai 6 ordo yaitu, ordo Archidiales, ordo Bryoxiphiales, ordo Dicranales, ordo Grimmeriales. Ordo Pottiales, ordo Scouleriales), *subclass* Diphysciidae (mempunyai 1 ordo yaitu ordo Diphysciales), *subclass* Funariidae (mempunyai 3 ordo yaitu, ordo Encalyptales, ordo Funariales, dan ordo Gigaspermales), *subclass* Timmiidae (mempunyai satu ordo yaitu ordo Timiiales). Kelas Oedipodiopsida mempunyai satu ordo yaitu ordo Oedipodiales. Kelas Polytrichopsida mempunyai satu ordo yaitu ordo Polytrichales (Gambar 2.12). Kelas Sphagnopsida mempunyai dua ordo yaitu ordo Ambuchananiales dan ordo Sphagnales. Kelas Takakiopsida mempunyai satu ordo yaitu ordo Takakiales dan kelas Tetrahidopsida mempunyai satu ordo yaitu ordo Tetrarhiales (Ruggiero et al., 2015).

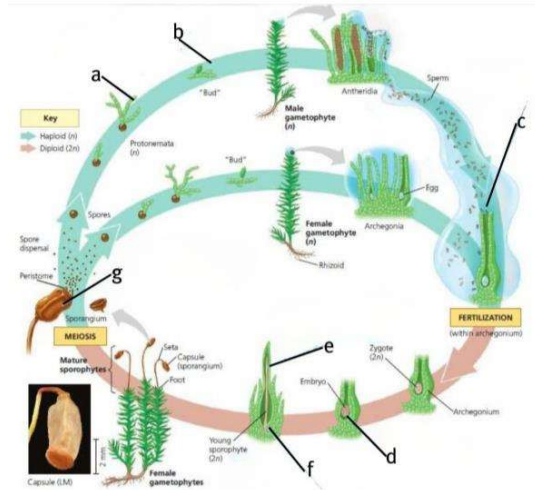


Gambar2.12 *Polytrichum commune*
 (a) Gametofit, (b) Seta, (c) Kapsul, (d) Sporofit
 Sumber: (Urry et al., 2020)

2.1.4 Siklus Hidup Tumbuhan Lumut

Siklus hidup tumbuhan lumut mempunyai dua generasi, yaitu generasi gametofit dan generasi sporofit. Generasi gametofit lebih dominan daripada generasi sporofit dalam siklus hidupnya. Generasi gametofit mencakup rizoid, batang dan daun sehingga tampak sebagai lembaran talus. Generasi sporofit lumut berupa kapsul spora bertangkai yang hidup menumpang pada gametofit. Arkegonium dan anteridium dihasilkan dari bagian ujung batang. Arkegonium mengandung satu sel telur yang tunggal, sedangkan anteridium menghasilkan banyak spermatozoid (Lukitasari, 2018). Jika gametangium terdapat dalam satu

individu disebut berumah satu, jika gametangium terpisah pada dua individu maka disebut berumah dua sehingga terdapat gametofit jantan dan betina (Hasanuddin & Mulyadi, 2014). Siklus hidup tumbuhan lumut pada gambar 2.13 sebagai berikut.



Gambar 2.13 Siklus Hidup Tumbuhan Lumut

(a) Spora berkembang menjadi protonema serupa batang, (b) Protonema haploid menghasilkan ‘kuncup’ yang tumbuh menjadi gametofor, (c) Sperm harus berenang melalui lapisan air untuk mencapai telur, (d) Zigot berkembang menjadi embrio sporofit, (e) Sporofit tumbuh menjadi tangkai panjang (seta) yang muncul dari arkegonium, (f) Sporofit yang ditambatkan oleh kaki, tetap bergantung secara nutrisi pada gametofit, (g) Meiosis terjadi dan spora haploid berkembang dalam kapsul. Ketika kapsul matang, tutupnya copot dan spora dilepaskan.

Sumber: (Urry et al., 2020)

Ketika spora tersebar ke lingkungan yang sesuai seperti tanah lembap ataupun kulit pohon yang lembap, maka spora akan berkecambah sehingga akan berkembang menjadi protonema berupa batang (jamak: *protonemata*). Pada keadaan yang menguntungkan protonema haploid yang membelah secara mitosis akan menghasilkan satu “kuncup” atau lebih yang masing-masing akan menghasilkan struktur penghasil gamet atau gametofor. Protonema yang satu atau lebih gametofor akan membentuk tubuh gametofit lumut. Kemudian gametofit-gametofit dewasa akan membentuk gametangia penghasil gamet-gamet. Gamet jantan atau anteridium akan menghasilkan sperma dan gamet betina atau arkegonium akan menghasilkan sel telur. Sperma yang berflagel akan berenang melalui lapisan air atau lapisan yang lembap untuk menuju ke sel telur yang berada pada dasar arkegonium. Jika arkegonium telah masak dan sel telur telah siap

dibuahi, maka arkegonium akan membuka pada ujungnya lalu akan terjadi proses fertilisasi. Zigot hasil fertilisasi akan membentuk embrio. Pada tahap awal perkembangan sporofit muda, gametofit akan menyediakan pasokan gula, asam amino, mineral, dan air selama mereka berkembang dan menjadi sporofit dewasa lalu akan menghasilkan spora, yaitu sporangium (Urry et al., 2020). Sporangium dihasilkan dari mekanisme pembelahan meiosis. Sporangium akan menghasilkan spora yang memiliki struktur kecil, haploid dan dilindungi oleh *sopollenin*, lalu ketika matang akan menyebar dan berkembang menjadi gametofit baru (Lukitasari, 2018).

Sel-sel sporofit lumut mengandung plastida yang biasanya berwarna hijau. Sporofit lumut tidak bisa hidup mandiri, sehingga selama masa hidupnya melekat pada gametofit induk. Sporofit lumut dapat menghasilkan spora dalam jumlah yang banyak. Satu kapsul lumut dapat menghasilkan 5 juta spora. Spora akan keluar secara bertahap melalui bagian atas kapsul yang memiliki cincin struktur mirip gigi yang saling bertautan yang disebut peristom. Peristom akan terbuka ketika dalam kondisi yang kering dan akan menutup kembali ketika dalam kondisi yang lembap. Hal ini yang menyebabkan spora akan keluar secara bertahap ketika ada hembusan angin dan dapat membawanya dalam jarak jauh. Sporofit lumut daun dan lumut tanduk seringkali lebih kompleks daripada sporofit yang ada pada lumut hati (Urry et al., 2020).

2.1.5 Ekologi Tumbuhan Lumut

Keragaman lumut dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada berbagai habitat termasuk di kawasan tropis seperti Indonesia. Tumbuhan tersebut dapat dengan mudah ditemui di kawasan pegunungan dengan berbagai ketinggian yang berbeda. Faktor ketinggian dan tofografi tersebut akan berpengaruh terhadap sumberdaya pendukung sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi persebaran serta jenis suatu spesies termasuk lumut (Lukitasari, 2018). Ketinggian suatu tempat dapat mempegaruhi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan (Suffayananda & Sujadmiko, 2019). Hal itu didukung juga oleh (Endang et al., 2020) bahwa tempat yang tinggi, memiliki suhu udara yang rendah dikarenakan kerapatan udara pada tempat yang lebih tinggi akan menghasilkan

udara yang renggang, sehingga kurang mampu dalam menangkap panas. Menurut (Suffayananda & Sujadmiko, 2019) menyebutkan bahwa suhu lingkungan pada ketinggian antara 500- 1.200 mdpl sudah dapat mempengaruhi pertumbuhan lumut secara optimal. Hal itu juga didukung oleh (Suffayananda & Sujadmiko, 2019) bahwa lumut akan memiliki pertumbuhan dan kemampuan untuk membentuk koloni yang lebih besar pada daerah dengan *altitude* yang tinggi daripada lumut yang ada pada daerah dengan *altitude* yang rendah, hal itu dikarenakan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi lumut untuk lebih cepat dalam bereproduksi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Siahaan, 2022) di kawasan hutan Gunung Galunggung menemukan 14 spesies lumut yang cukup melimpah di berbagai ketinggian stasiun penelitian.

Tumbuhan lumut dapat mengawali terbentuknya ekosistem baru, dan memegang peranan penting dalam keseimbangan air dan kumulasi humus pada tanah. Oleh karena itu, lumut termasuk ke dalam tumbuhan pionir dan menjadi salah satu tumbuhan penyusun vegetasi hutan. Keberadaan lumut yang mampu menyerap air dalam jumlah yang banyak dapat melembabkan tanah yang kering. Sehingga kondisi tanah yang lembab tersebut memungkinkan bagi tumbuhan atau organisme lainnya untuk tumbuh dan hidup dengan baik sehingga dapat membentuk ekosistem baru (Kamaludin, 2021). Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Krisnawati & Wardianti, 2022) bahwa lumut memiliki peranan penting dalam ekosistem, diantaranya mampu menyerap air, mempertahankan kelembaban, dan mampu menyerap polutan. Selain itu, lumut sensitif terhadap polutan seperti logam berat, sehingga lumut dapat menjadi bioindikator polusi udara (Krisnawati & Wardianti, 2022). Hal tersebut membuktikan bahwa keberadaan lumut dapat mempengaruhi suatu ekosistem.

Selain itu, lumut dapat hidup menempel di pohon atau tumbuhan lain sebagai substratnya (Lukitasari, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Wulandari, 2023a) bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara keanekaragaman lumut dengan substrat tempat tumbuhnya lumut tersebut, hal itu dibuktikan dengan ditemukannya 23 spesies lumut pada berbagai substrat di kawasan Gunung Galunggung. Penelitian lain yang juga mendukung temuan

tersebut dilakukan oleh (Azward et al., 2020) bahwa tumbuhan lumut memiliki hubungan erat dengan substrat tempat tumbuhnya. Misalnya, kayu lapuk yang menjadi salah satu substrat yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan jenis lumut. Hal tersebut dikarenakan substrat kayu yang telah lapuk memiliki kadar air yang tinggi dan daya serap air yang baik sehingga memungkinkan dapat menampung udara, dan lingkungan menjadi lembab.

Menurut (Vanderpooten & Goffinet, 2009) keberadaan lumut hampir ada di setiap ekosistem di bumi, kecuali ekosistem air asin dan ekosistem yang membeku secara permanen. Hal itu menarik perhatian untuk diketahui tentang bagaimana lumut dapat berdistribusi, beradaptasi, dan berkembang di lingkungan tersebut. Menurut (S. E. Putri et al., 2019) syarat penting untuk memenuhi proses pertumbuhan lumut sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat lumut itu berada. Faktor biotik dan abiotik seperti suhu, kelembapan udara, ketersediaan air bahkan ketinggian suatu tempat dapat mempengaruhi kekayaan spesies pada tingkat habitat. Menurut (Harahap et al., 2023) terdapat beberapa faktor abiotik yang mendukung pertumbuhan lumut antara lain.

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu komponen dari faktor abiotik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan lumut. Tumbuhan lumut banyak tumbuh pada tempat yang lembab dengan suhu udara yang berkisar 10 – 30°C (Wati et al., 2016; Yohendri et al., 2021).

b. Kelembapan Udara

Distribusi lumut juga dipengaruhi oleh kelembapan udara dan arah mata angin dari bawah gunung. Lumut akan tumbuh optimal pada kelembapan dengan kisaran antara 68% - >100%, kisaran tersebut merupakan kisaran kelembapan udara yang normal bagi pertumbuhan lumut (Wulandari, 2023b).

c. Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah merupakan jumlah air yang terkandung di dalam tanah. Definisi yang lain menyatakan bahwa kelembaban tanah adalah air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah (Marcos & Muzaki, 2022). Kelembaban tanah penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan tumbuhan, termasuk lumut.

Secara umum lumut dapat tumbuh dan berkembang di lingkungan yang lembab (Sopacua, Tamaela, Sopratu, & Selehulano, 2020) atau di tempat-tempat yang memiliki kelembaban tanah dan udara yang tinggi.

Kelembaban tanah dapat digambarkan dengan skala 1-10, skala 1-3 menunjukkan tanah terasa kering, skala 4-7 menunjukkan tanah yang terasa lembab saat disentuh dan menggumpal saat diperas, tetapi tidak mengeluarkan air, dan skala 8-10 menunjukkan kondisi tanah yang basah sampai pada tanah yang tergenang air, lengket atau berlumpur. Sehingga secara umum kelembaban optimal untuk pertumbuhan lumut berada pada skala 6 hingga 8.

d. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya dapat mempengaruhi kadar air yang ada di dalam tanah dan di udara. Tinggi rendahnya intensitas cahaya yang diterima oleh permukaan hutan maka akan mempengaruhi kelembapan udara. Ketika intensitas cahaya sangat tinggi maka kelembapan udara akan turun begitu pun sebaliknya. Hal ini, semakin banyak cahaya masuk ke permukaan tumbuhan lumut maka suhu lingkungan akan meningkat. Ketika suhu meningkat maka air yang terkandung dalam tanah dan udara akan menguap secara cepat sehingga kadar yang ada akan berkurang (Purbasari & Akhmadi, 2019). Menurut (Wulandari, 2023b) intensitas cahaya yang normal bagi pertumbuhan lumut berkisar antara 400 Lux – 62.200 Lux.

e. pH

pH menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan persebaran lumut. pH berpengaruh dalam penyerapan unsur hara tanah oleh lumut dan sebagai indikator sifat keasaman tanah pada lokasi pengambilan sampel (Purbasari & Akhmadi, 2019). Nilai pH yang normal untuk pertumbuhan lumut berkisar antara 6 – 8 (Wulandari, 2023b).

2.1.6 Peranan Tumbuhan Lumut

Lumut memegang peranan penting bagi vegetasi di wilayah luas. Lumut juga disebut sebagai komponen penting dan merupakan bagian utama dari keanekaragaman hayati di ekosistem hutan lembap, lahan basah, pegunungan dan tundra. Lumut mempunyai kemampuan untuk meretensi air yang tinggi dan melepaskannya secara perlahan ke lingkungan sekitar, sehingga keberadaan lumut

dapat berperan untuk pengaturan aliran air (Hallingback & Hodgetts, 2000). Menurut (Sujadmiko & Vitara, 2021) sekitar 90% biji-biji pada tumbuhan yang jatuh pada vegetasi lumut akan berkecambah. Hal ini karena tumbuhan lumut mempunyai kemampuan seperti spons, yaitu dapat menyimpan dan menopang curah hujan (sampai $25 \times$ berat kering) dan mempunyai kemampuan untuk “menyisir” kelembapan atmosfer dan hanya melepaskan air. Keberadaan lumut dapat mencegah erosi tanah yang diakibatkan oleh aliran air. Penelitian yang dilakukan oleh (Vanderpooten & Goffinet, 2009) bahwa lumut dapat menahan air dengan kapasitas yang tinggi sekitar 1.500% dari berat keringnya. Menurut (Lukitasari, 2018) kapasitas penyimpanan air dalam tanah dapat dilakukan oleh cabang-cabang rizoid yang kompleks terjalin dengan tumbuhan lainnya sehingga air tidak segera mengalir dan menyebabkan erosi.

Lumut dapat menjadi indikator perubahan iklim di suatu daerah sehingga menjadi peringatan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan lingkungan. Sedangkan menurut (Hallingback & Hodgetts, 2000) lumut berperan dalam siklus hidrologi, dan bahan organik lainnya karena di beberapa pegunungan tropis dinyatakan bahwa massa lumut merupakan komponen utama dari total biomassa yang terdapat di dalam hutan. Lumut sering disebut sebagai tumbuhan perintis yang menghuni lahan baru, batuan gundul, dan permukaan abiotik lainnya. Kemampuan beberapa spesies lumut dapat tumbuh pada lahan kering dengan unsur hara yang terbatas, lingkungan yang sudah tidak stabil karena adanya kerusakan alam atau proses industri, dan juga di awal terjadinya suksesi. Setelah lumut tumbuh pada kondisi tersebut, lahan akan menjadi media yang cocok untuk perkecambahan dan pertumbuhan tumbuhan lainnya, sehingga hutan dapat kembali stabil. Akan tetapi, kondisi lumut yang tumbuh di sana tidak subur pada kondisi lumut yang tumbuh dengan kelembapan dan suhu yang masih terjaga baik (Lukitasari, 2018).

Wilayah rawa-rawa yang biasa disebut lahan gambut didominasi oleh salah satu genus dari lumut daun yaitu *Sphagnum* atau lumut gambut (Urry et al., 2020). Pada lahan gambut keberadaan lumut tersebut dapat berperan dalam penyerapan karbon (Hallingback & Hodgetts, 2000). *Sphagnum* tidak akan mudah membusuk karena kandungan senyawa fenolik yang terdapat pada dinding selnya. Selain itu,

kondisi seperti rendahnya suhu, pH, dan tingkat oksigen di lahan gambut dapat menghambat pembusukan lumut dan organisme lain yang ada di lahan basah berawa tersebut. Eropa dan Asia telah lama memanfaatkan gambut sebagai bahan bakar, terutama di Irlandia dan Kanada. Diperkirakan sekitar 500 miliar ton karbon organik di dunia tersimpan di dalam gambut. Simpanan karbon tersebut dapat membantu dalam menstabilkan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer (Urry et al., 2020).

Lumut juga bermanfaat bagi kelangsungan hidup organisme lain, contohnya hewan termasuk serangga, cacing tanah, dan bangsa *arthropoda*. Hal itu tergantung pada jenis lumut sebagai habitat dan sumber makanan. Struktur pada lumut seperti kapsul penghasil spora juga sangat cocok untuk beberapa serangga, dan moluska seperti siput. Lumut dapat dijadikan sebagai sumber makanan bagi burung dan mamalia di lingkungan yang dingin (Hallingback & Hodgetts, 2000). Hewan seringkali memanfaatkan lumut sebagai tempat untuk bertahan hidup di alam karena lumut berfungsi sebagai tempat berlindung dari perubahan iklim (Sujadmiko & Vitara, 2021). Selain itu, lumut dapat dijadikan sebagai penyedia substrat yang baik untuk ganggang biru-hijau memperbaiki nitrogen dari udara dan menjadikan nitrogen untuk dipergunakan oleh tanaman lain (Lukitasari, 2018).

Keberadaan lumut selain bermanfaat terhadap ekosistem, dapat dijadikan pula sebagai obat-obatan herbal, misalnya orang Amerika Utara, dan India. Masyarakat Cina menggunakan beberapa spesies lumut untuk pengobatan penyakit bisul, eksim, luka bakar, bahkan penyakit kardiovaskular. Senyawa fenolik yang terkandung dari ekstrak spesies lumut dapat menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri patogen. Lumut hati dan lumut daun lebih sering dijadikan obat, contohnya *Marchantia polymorpha* yang dapat dijadikan obat untuk penyakit hepatitis dan *Sphagnum* memiliki sifat antibiotik. Tumbuhan lumut tidak memiliki lapisan kutikula untuk mencegah kehilangan air, sehingga lumut mampu memperoleh dan kehilangan air dengan cepat. Hal ini dapat diartikan bahwa lumut akan cepat mengering, namun dengan mudah dapat menyerap kelembapan yang tersedia dari kabut, embun, dan sumber air lainnya yang dapat memenuhi kebutuhan hidup lumut

(Hallingback & Hodgetts, 2000). Oleh karena itu, lumut menempati habitat yang lembab, dan tidak terpapar sinar matahari langsung (Lukitasari, 2018).

2.1.7 Konsep Keanekaragaman

Keanekaragaman merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan berbagai variasi bentuk, penampakan, ukuran, jumlah, serta sifatnya terhadap faktor lingkungan mulai dari gen, spesies, dan ekosistem (Hasanuddin & Mulyadi, 2014). Keanekaragaman hayati ditinjau dari asal katanya berasal dari terjemahan kata *biodiversity*. Secara terminologi *biodiversity* merupakan istilah baru yang dipopulerkan oleh Forum Nasional Keanekaragaman Hayati (*National Forum on Biodiversity*) pada tahun 1986 di Amerika Serikat. Kata *Biodiversity* berasal dari bahasa Yunani (*bios*: hidup) dan bahasa Latin *diversitas* yang berarti aneka ragam. Oleh karena itu, kedua makna tersebut menimbulkan arti baru, yaitu kehidupan yang beraneka ragam. Sedangkan menurut UU No. 5 Tahun 1994 mengartikan bahwa keanekaragaman hayati merupakan variasi antara makhluk hidup dari berbagai sumber, termasuk lautan, daratan, akuatik dan keanekaragaman di dalam spesies, antara spesies dan ekosistem (Khosi'in, 2021).

Menurut (Khosi'in, 2021) keanekaragaman hayati dapat digolongkan menjadi tiga tingkatan, yaitu: (i) Keanekaragaman spesies, yaitu keanekaragaman semua makhluk hidup atau spesies yang ada di bumi, mulai dari organisme bersel tunggal hingga organisme bersel banyak. (ii) Keanekaragaman genetik, yaitu variasi gen dalam populasi dan spesies. Keanekaragaman genetik mengacu pada berbagai jenis gen yang terkandung di dalam kromosom spesies dan variasinya. (iii) Keanekaragaman ekosistem, yaitu komunitas biologi yang berbeda serta hubungannya dengan ekosistem masing-masing. Menurut (Asril et al., 2022) keanekaragaman ekosistem mengacu pada berbagai interaksi tertentu dari spesies yang hidup berdampingan dan lingkungan fisiknya di suatu area tertentu.

Ketiga tingkatan tersebut sangat diperlukan untuk keberlangsungan makhluk hidup di bumi (Khosi'in, 2021). Berbagai bentuk keanekaragaman tersebut merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari berbagai organisme lain yang ada pada habitat tersebut dan membentuk suatu ekosistem dengan berbagai ciri yang saling berhubungan satu sama lain (Siboro, 2019). Selain itu,

keanekaragaman hayati memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem mulai dari segi penyediaan jasa lingkungan untuk menjamin kelangsungan ekosistem (Asril et al., 2022). Kesehatan suatu sistem biologis dapat terukur dari keanekaragaman hayati. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi keanekaragaman hayati, maka akan semakin kompleks proses ekologis yang terjadi pada suatu lingkungan tersebut (Leksono, 2011).

Mempelajari keanekaragaman tentunya banyak manfaat bagi kehidupan, seperti sebagai sumber sandang, pangan, papan, kesehatan, sumber pendapatan, dan plasma nutftah. Selain itu, pada masa sekarang keanekaragaman hayati menjadi lahan penelitian dan pengembangan dari segi ilmu pengetahuan dan teknologi. Tingkat keanekaragaman yang tinggi dapat dijadikan sebagai laboratorium alam untuk penelitian mengenai ekologi dan studi identifikasi keanekaragaman (Siboro, 2019). Indeks keanekaragaman dapat dihitung secara matematik untuk mempermudah menganalisis informasi terkait jumlah individu pada suatu area (Mukhlis, Suryanti, Nevrita, & Apdillah, 2022). Menurut (Rini, 2019) metode kuantitatif yang dapat digunakan untuk mengukur keanekaragaman spesies salah satunya adalah indeks Shannon dan Wiener (H), dengan rumus (Anjani, Umam, & Anhar, 2022);

$$\hat{H} = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

Keterangan: \hat{H} : Indeks keragaman

n_i : Jumlah individu jenis ke-i

N : Jumlah total individu seluruh jenis

2.1.8 Gunung Karacak

Gunung karacak (Gambar 2.14) merupakan sebuah gunung membentangi kota Garut dari sebelah Selatan yang memisahkan Kabupaten Garut dan Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Gunung ini berada diantara Gunung Cikuray dan Gunung Galunggung. Ketinggian Gunung Karacak tidak setinggi Gunung Papandayan atau Gunung Cikuray, hanya mencapai 1.838 meter di atas permukaan laut atau 6.030 kaki. Titik koordinat Gunung Karacak berada pada 7°16'09" Lintang Selatan, dan 107° 58'19" Bujur Timur. Gunung karacak menjadi salah satu gunung yang bisa dijadikan sebagai jalur pendakian. Kondisi sebagian

besar wilayah Gunung Karacak masih berupa hutan belantara sehingga jalur akses untuk masuk ke dalam hutan tersebut masih terkendala. Namun, di Kaki Gunung Karacak menyimpan berbagai potensi alam yang melimpah, salah satunya kondisi tanah yang subur sehingga terdapat banyak perkebunan warga. Selain itu, terdapat hutan pinus (Gambar 2.14) yang luas dan kekayaan alam yang beragam (Darpan & Suhadirman, 2023) sehingga fokus penelitian dilakukan di Kawasan Kaki Gunung Karacak yang terletak di Desa Cigalontang, Kecamatan Cigalontang, Kabupaten Tasikmalaya.



Gambar 2.14 Kondisi di dalam Hutan Kaki Gunung Karacak
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2024)

2.1.9 Suplemen Bahan Ajar

Proses pembelajaran tentunya memerlukan suatu perangkat pembelajaran berupa bahan ajar yang dapat menunjang dalam memahami materi pelajaran. Bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan belajar mengajar (Kosasih, 2021). Bahan ajar dapat diartikan juga sebagai bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis berdasarkan pada kaidah pembelajaran yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran (Magdalena, Prabandani, Rini, Fitriani, & Putri, 2020).

Bahan ajar dapat digunakan oleh guru dan peserta didik dengan tujuan untuk memahami pokok bahasan yang sudah ditentukan oleh kurikulum dan mempermudah memahami beberapa materi pembelajaran. Di dalamnya berisi uraian materi pengetahuan, pengalaman, dan teori. Bentuk bahan ajar bermacam-

macam, bisa berupa buku bacaan, LKS, ataupun sajian dari bahan digital. Oleh karena itu, bahan ajar dapat berupa banyak hal yang dilihat untuk meningkatkan pengetahuan dan pengalaman peserta didik. Adanya bahan ajar membuat guru lebih mudah dalam menjelaskan pokok bahasan dan peserta didik dapat melanjutkan membaca dan memahami materi secara mandiri. Guru dapat memilih dan menyusun bahan ajar yang relevan dan kompleks dari berbagai sumber, dan menjadikannya sebagai contoh dalam menyajikan materi untuk kegiatan pembelajaran peserta didik (Kosasih, 2021).

Proses pembuatan bahan ajar memang banyak membutuhkan sumber sebagai acuan yang digunakan dengan mengelaborasi sesuai dengan gaya tersendiri untuk lebih menarik dan tetap melihat tujuan yang diharapkan. Bahan ajar bersifat unik dan spesifik. Unik artinya bahan ajar hanya digunakan sebagai sarana tertentu dan dalam proses pembelajaran tertentu, dan spesifik artinya isi dari bahan ajar dibuat dalam bentuk yang sedemikian rupa untuk mencapai berbagai kompetensi yang sudah dirancang (Magdalena et al., 2020).

Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan peserta didik yaitu berupa *booklet*. *Booklet* merupakan media pembelajaran berukuran kecil, berisi tulisan berupa informasi penting dengan ilustrasi yang menarik perhatian, penyajian materi yang jelas, dan mudah untuk dimengerti oleh peserta didik (Novianti & Syamsurizal, 2021). Informasi yang disampaikan di dalam *booklet* jelas, mudah dibawa karena berukuran kecil sehingga praktis (Ulandari & Syamsurizal, 2021). *Booklet* dapat dijadikan sebagai pendamping dalam proses pembelajaran dan menambah referensi selain buku paket dan LKPD sehingga dapat digunakan sebagai suplemen bahan ajar (Novianti & Syamsurizal, 2021).

Suplemen bahan ajar dapat diartikan sebagai bahan ajar tambahan yang ada sebagai bahan pengayaan untuk peserta didik dalam meningkatkan motivasi belajar (Novianti & Syamsurizal, 2021). Suplemen bahan ajar digunakan oleh guru untuk menjadi bahan tambahan sumber yang telah ada (Novianti & Syamsurizal, 2021). Suplemen bahan ajar dapat digunakan untuk memperluas pemahaman materi serta menarik perhatian peserta didik dalam belajar, terbukti 90% peserta didik lebih

menyukai sumber belajar disertai dengan gambar dan 93,3% menginginkan materi yang disampaikan lengkap, singkat, padat dan jelas (N. H. Putri et al., 2021).

Pada penelitian ini dibuat suplemen bahan ajar berupa *booklet* berukuran B5 sebagai media pembelajaran yang berisi gambar-gambar jenis-jenis tumbuhan lumut yang terdapat di Kawasan Kaki Gunung Karacak, klasifikasi dari setiap jenis tumbuhan lumut yang ditemukan dan deskripsi singkat mengenai karakteristik dari tumbuhan lumut tersebut. *Booklet* tersebut diharapkan dapat menjadi penunjang atau suplemen belajar bagi peserta didik pada jenjang Sekolah Menengah Atas pada materi Keanekaragaman Hayati dan untuk perguruan tinggi pada mata kuliah Botani Cryptogamae mengenai materi tumbuhan lumut.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai keanekaragaman tumbuhan lumut yang dilakukan oleh (Masyitoh et al., 2023) ditemukan 7 jenis tumbuhan lumut dengan morfologi yang berbeda di lokasi penelitian yang telah ditentukan. Jenis lumut yang di dapatkan diantaranya, *Leucobryum glaucum*, *Marchantia polimorfa*, *Octoblepharum albidum*, *Certodon purpureus*, dan *Dicranum Scorparium*. Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut yang ada di lokasi tersebut termasuk dalam kategori sedang, dengan nilai $H' = 1,58$. Spesies dengan jumlah tertinggi adalah *Dicranum Scorparium*, sedangkan yang terendah yaitu *Certodon purpureus*.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Kasiani et al., 2019) menunjukkan bahwa ditemukan 28 jenis lumut yang terdiri dari 20 jenis lumut sejati atau lumut daun terdiri dari 4 ordo dan 5 famili dan 8 jenis lumut hati terdiri dari 3 ordo dan 5 famili dan ditemukan 7 jenis yang dilaporkan sebagai rekaman spesies baru di Pulau Sumatra yaitu, *Fissidens viren*, *Trichosteleum stigmosum*, *Brotherella nictans*, *Drepanolejeunea tricornua*, *Lejeunea eckloniana*, *Cheilolejeunea conchifolia*, dan *Chiloscyphus profundus*.

Penelitian yang dilakukan (Eman et al., 2022) ditemukan 26 spesies lumut yang tergolong 19 famili, meliputi *Andreaeaceae*, *Aneuraceae*, *Bartramiaceae*, *Brachytheciaceae*, *Bryaceae*, *Dicranaceae*, *Hookeriaceae*, *Hypnodendraceae*, *Jungermaniaceae*, *Lejeunaceae*, *Lepidoziaceae*, *Marchantiaceae*, *Notothyladaceae*, *Plagiochilaceae*, *Pleuroziaceae*, *Porellaceae*, *Scapaniaceae*,

Sematophyllaceae, dan *Sphagnaceae*. Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut di lokasi penelitian dalam kategori tinggi dengan nilai $H' = 3,088$.

Kemudian (Rudiawan et al., 2021) melakukan penelitian mengenai keanekaragaman tumbuhan lumut bahwa terdapat 17 spesies lumut yang terdiri dari 5 kelas. Adapun spesies yang ditemukan antara lain *Anthoceros laevis*, *Anthoceros agrestis*, *Anthoceros punctatus*, *Dumortiera hirsuta*, *Harpanthus scutatus*, *Lepidozia cupressina*, *Lepidozia reptans*, *M. polymorpha* L. subsp. *Ruderalis*, *M. polymorpha* L. subsp. *Montivagans*, *Marchantia polymorpha*, *Homalothecium lutescens*, *Homalothecium sericeum*, *Dicranella heteromalla*, *Hypnum circinale*, *Polytrichum commune*, *Takakia ceratophylla*, dan *Bryum pseudotriquetrum*. Indeks keanekaragaman tumbuhan lumut kategori sedang dengan nilai $H' = 2,72$. Indeks nilai penting tertinggi yaitu *Hypnum circinale* dari kelas *Bryopsida* sebesar 19,51 dan INP tertinggi pada spesies *Lepidozia cupressina* dari kelas *Hepaticopsida* sebesar 5,33. Hasil akhir dari penelitian ini akan digunakan sebagai bahan pembuatan bahan ajar biologi berupa multimedia interaktif. Berdasarkan hasil validasi dari beberapa ahli produk multimedia interaktif tersebut cocok digunakan sebagai media pembelajaran biologi jenjang SMA.

2.3 Kerangka Konseptual

Tumbuhan lumut merupakan kelompok tumbuhan tingkat rendah yang tidak memiliki jaringan pembuluh angkut atau *nonvascular*. Pergiliran generasi pada tumbuhan lumut terdiri dari dua bagian yaitu generasi gametofit dan generasi sporofit. Lumut memiliki ukuran tubuh yang relatif kecil. Struktur tumbuh lumut sangat unik dan termasuk pada kelompok tumbuhan peralihan dari talus ke kormus yang artinya belum memiliki akar, batang dan daun sejati. Tumbuhan lumut memiliki struktur berupa rizoid yang menyerupai akar dan berfungsi untuk menempel pada substrat. Habitat lumut sangat beragam, mereka dapat hidup di berbagai tempat seperti permukaan batu, kayu lapuk, permukaan tanah, bahkan menempel di berbagai substrat. Kondisi lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya, kelembapan udara, air, pH tanah serta beberapa faktor lainnya dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hidup lumut. Oleh karena itu, lumut dapat

ditemukan di daerah pegunungan dan di berbagai tempat yang kondisi lingkungannya cocok.

Salah satu pegunungan yang ada di Kabupaten Tasikmalaya yaitu Kaki Gunung Karacak. Kawasan Kaki Gunung Karacak tepatnya terletak di Desa Cigalontang, Kecamatan Cigalontang, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, Kaki Gunung Karacak ini menyimpan beragam kekayaan alam, salah satunya tumbuhan lumut. Secara ekologi tumbuhan lumut memiliki peranan yang penting untuk menjaga keseimbangan air dan unsur hara. Selain itu, lumut juga dapat menjadi bioindikator perubahan lingkungan, menjadi habitat hewan lain untuk hidup, dan bermanfaat sebagai bahan obat-obatan bagi kehidupan manusia.

Potensi alam tersebut dapat menjadi indikator bahwa lingkungan di kawasan Kaki Gunung Karacak masih terjaga dan asri. Akan tetapi, setelah peneliti melakukan pencarian dari berbagai sumber dan literatur, keberadaan lumut di kawasan tersebut belum diketahui secara jelas dan belum ada yang melakukan penelitian mengenai keanekaragaman lumut. Untuk itu penting dilakukan penelitian mengenai keanekaragaman lumut untuk 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 kawasan Kaki Gunung Karacak. Kemudian, melakukan dokumentasi secara tertulis mengenai indeks keanekaragaman lumut yang ada di kawasan tersebut dan hasil dari penelitian dibuat dalam bentuk *booklet* sebagai suplemen bahan ajar biologi untuk kepentingan bidang pendidikan.

2.4 Pertanyaan Penelitian

- a. Bagaimanakah keanekaragaman tumbuhan lumut yang ditemukan di kawasan Kaki Gunung Karacak Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya?
- b. Bagaimanakah indeks ekologi yang meliputi, indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, indeks dominansi, dan indeks nilai penting dari tumbuhan lumut yang terdapat di kawasan Kaki Gunung Karacak Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya?

- c. Bagaimana hasil penelitian tentang keanekaragaman tumbuhan lumut di kawasan Kaki Gunung Karacak Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya sebagai suplemen bahan ajar biologi?