

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Tumbuhan Lumut

2.1.1.1 Tumbuhan Lumut Secara Umum

Tumbuhan lumut termasuk kedalam tumbuhan tingkat rendah dan tidak memiliki jaringan pembuluh atau nonvaskular (Urry et al., 2020). Tumbuhan lumut merupakan kelompok tumbuhan terbesar kedua setelah tumbuhan tingkat tinggi. Terdapat sekitar 18.000 jenis tumbuhan lumut yang tersebar di dunia dan sekitar 1.500 jenis yang terdapat di Indonesia (Raihan, Nurasih, & Zahara, 2018). Tumbuhan lumut saat ini diwakili oleh tiga divisi tumbuhan herba (tidak berkayu) yang berukuran kecil yaitu lumut hati (*liverwort*, Hepatophyta), lumut tanduk (*hornwort*, Anthoceroophyta), dan lumut daun (*moss*, Bryophyta) (Urry et al., 2020).

Lumut dapat tumbuh dan berkembang di lingkungan yang lembab. Tumbuhan ini dapat tumbuh di berbagai substrat seperti kayu lapuk, serasah, batang pohon, batu dan daun (Kasiani, Afriyansyah, Juairiah, & Windadri, 2019). Tumbuhan lumut dianggap sebagai salah satu vegetasi primitif karena kemunculannya lebih awal dibandingkan dengan Pteridophyte dan Spermatophyte (Sasongko, Salamah, & Nurjanah, 2020). Tumbuhan lumut dapat disebut sebagai tumbuhan pelopor yang dapat tumbuh pada suatu tempat sebelum tumbuhan lain mampu tumbuh (Fahmawati, 2018). Sehingga tumbuhan lumut dapat disebut juga sebagai tumbuhan pionir atau tumbuhan perintis.

2.1.1.2 Morfologi Tumbuhan Lumut Secara Umum

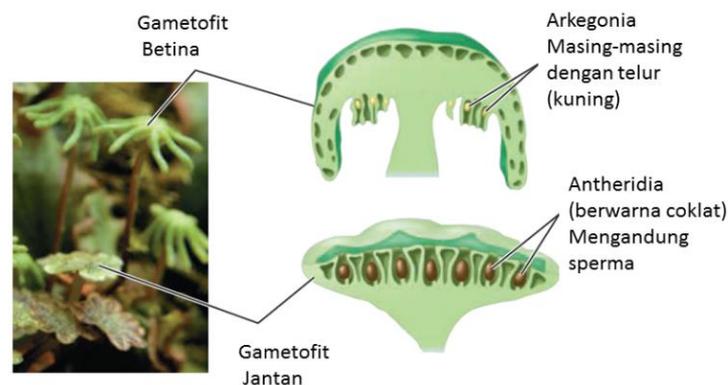
Tumbuhan lumut memiliki struktur tubuh yang relatif kecil dan jarang ada yang mencapai 15 cm, bahkan ada yang tingginya hanya beberapa milimeter saja (Fahmawati, 2018). Bentuk tubuh lumut adalah peralihan antara tumbuhan thalus ke tumbuhan kormus (Lukitasari, 2018). Tumbuhan lumut tidak memiliki jaringan vaskular seperti xilem dan floem, tetapi mereka memiliki rhizoid yang dapat menembus tanah dan mampu mengambil air. Selain itu, mereka juga dapat menyerap air dari udara (Scooley, 1997). Semua jenis tumbuhan lumut tidak

memiliki akar, batang dan daun yang sempurna atau sejati, serta tidak menghasilkan bunga maupun biji (Lukitasari, 2018). Tumbuhan lumut berwarna hijau karena memiliki sel-sel dengan plastida yang menghasilkan klorofil a dan juga klorofil b. Lumut merupakan tumbuhan yang bersifat autotrof, yaitu dapat membuat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis (Najmi, 2009 dalam Lukitasari, 2018). Maka dari itu tumbuhan lumut dapat menjadi sebagai produsen karena dapat melakukan fotosintesis.

Lumut memiliki ciri-ciri habitus berupa talus yang berbentuk lembaran untuk jenis lumut primitif, sedangkan untuk lumut yang lebih maju talusnya sudah dapat dibedakan menjadi *cauloid*, *filoid*, dan *rhizoid* (Sujadmiko & Vitara, 2021). Generasi gametofit memiliki *rhizoid*, *caulid* (bentuk yang menyerupai batang, dan *phyllids* (daun yang tidak sempurna) (Lukitasari, 2018). *Filoid* terdiri atas satu lapisan sel dan memiliki rusuk dibagian tengah yang terdiri atas beberapa lapisan sel, namun belum memperlihatkan adanya daging *filoid*. Pada *cauloid* terdapat seperti berkas pengangkut berupa sekelompok sel yang memanjang. Kemudian *rhizoid* adalah struktur yang memiliki fungsi untuk membantu melekatnya lumut pada substrat (Sujadmiko & Vitara, 2021). Rhizoid merupakan struktur halus dan memanjang yang berupa kumpulan sederet sel yang sejenis dan memiliki fungsi seperti akar (Lukitasari, 2018).

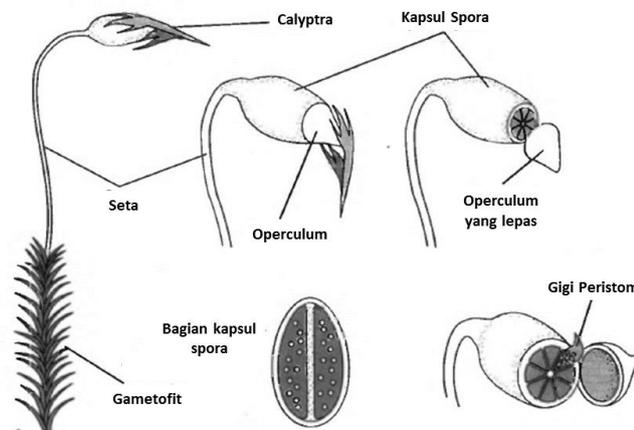
Semua tumbuhan yang tergolong ke dalam Bryophyta memiliki kesamaan bentuk dan susunan gametangiumnya (baik mikrogametangium = anteridium, maupun makrogametangium = arkegonium) (Tjitrosoepomo, 2014). Gametofit merupakan struktur yang dapat melakukan fotosintesis dan biasanya melekat pada substrat dengan rhizoid. Gametofit biasanya berukuran kecil dan bervariasi dari kurang dari 1 milimeter sampai kadang-kadang setinggi 20 sentimeter. Pada lumut daun dan lumut hati gametofit umumnya berdaun, dan pada beberapa lumut hati dan sebagian besar lumut tanduk gametofit berbentuk thalus (Hallingback & Hodgetts, 2000). Gametangia (tunggal, *gametangium*) betina disebut arkegonia (tunggal, *archegonium*) dan gametangia jantan disebut antheridia (tunggal, *antheridium*) (Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, & Reece, 2017). Arkegonium berbentuk seperti labu dan terdiri dari bagian basal atau venter yang membesar yang

merupakan tempat sel telur, dan pada bagian atas atau leher memanjang dan biasanya tempat untuk ditembus oleh spermatozoid dalam membuahi sel telur (Gambar 2.1)(Gradstein, Churchill, & Allen, 2001). Sedangkan anteridium adalah gametangium jantan yang memiliki bentuk bulat atau seperti gada (Gambar 2.1) (Tjitrosoepomo, 2014). Berdasarkan letak alat kelaminnya (gametangia), lumut dapat dibedakan menjadi dua, yaitu lumut berumah satu apabila anteridium dan arkegonium terletak pada satu individu yang sama dan lumut berumah dua apabila anteridium dan arkegonium terletak pada individu yang berbeda (Fahmawati, 2018).



Gambar 2.1 Arkegonia dan Antheridia *Marchantia* (sejenis lumut hati)
Sumber: Urry et al., (2017)

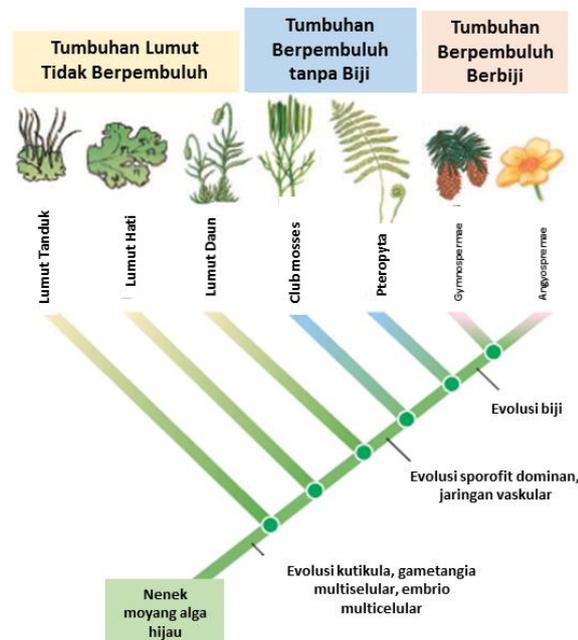
Tumbuhan lumut memiliki sporofit terkecil dari semua kelompok tumbuhan yang ada. Sporofit tumbuhan lumut khas yang terdiri dari satu kaki, satu seta, dan satu sporangium. Kaki (*foot*) berfungsi untuk menyerap nutrisi dari gametofit dan letaknya tertanam di dalam arkegonium. Seta (jamak *setae*) atau disebut juga tangkai memiliki fungsi untuk mengangkat nutrisi ke sporangium. Sporangium atau disebut kapsul (*capsule*) adalah yang menggunakan zat-zat tersebut atau nutrisi untuk menghasilkan spora melalui tahap meiosis. Pada lumut daun di bagian atas kapsul biasanya terdapat struktur cincin yang memiliki bentuk seperti gigi serta saling mengunci, bagian tersebut dinamakan *peristome* (Urry et al., 2020). Selain itu terdapat struktur yang dinamakan *calyptra*, yaitu tutup kecil atau topi kecil pada kapsul (Lukitasari, 2018), dan terdapat juga *operculum* sebagai penutup kapsul (Scooley, 1997). Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Struktur Umum Tumbuhan Lumut
Sumber: Scooley (1997)

2.1.1.3 Klasifikasi Tumbuhan Lumut

Kingdom Plantae memiliki tiga kelompok utama diantaranya tumbuhan lumut, tumbuhan berpembuluh tanpa biji, dan tumbuhan berpembuluh berbiji (tanaman berbunga). Hubungan antara ketiga kelompok tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 Hubungan antara tumbuhan lumut, tumbuhan berpembuluh tanpa biji dan tumbuhan berpembuluh berbiji
Sumber: Berg (2008)

Tumbuhan lumut terbagi menjadi tiga divisi yaitu Anthocerotophyta (lumut tanduk), Marchantiophyta (lumut hati) dan Bryophyta (lumut daun) (Internasional Taxonomy Information System, 2022)

2.1.1.3.1 Divisi Anthocerotophyta (Lumut Tanduk)

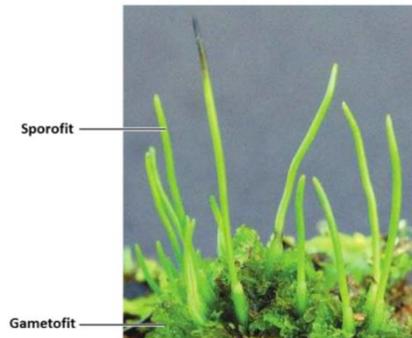
Klasifikasi dari divisi Anthocerotophyta sebagai berikut (Internasional Taxonomy Information System, 2022):

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

Lumut tanduk memiliki dua kelas yaitu kelas Anthocerotopsida dan kelas Leiosporocetopsida. Kelas Anthocerotopsida memiliki 3 *subclass* diantaranya *subclass* Anthocerotidae, *subclass* Dendrocerotidae, *subclass* Notothylatidae. *Subclass* Anthocerotidae memiliki 1 ordo yaitu ordo Anthocerotales (Gambar 2.4). *Subclass* Dendrocerotidae memiliki 2 ordo yaitu ordo Dendrocerotales dan ordo Phymatocerotales. *Subclass* Notothylatidae memiliki 1 ordo yaitu ordo Notothyladales. Sedangkan kelas Leiosporocetopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Leiosporocerotales (Ruggiero et al., 2015).

Lumut tanduk memiliki nama umum dan nama saintifik (dari bahasa Yunani yaitu *keras*, yang artinya tanduk) mengacu pada bentuk sporofit lumut tanduk yang panjang dan meruncing. Sporofit biasanya dapat tumbuh setinggi 5 cm. Sporofit lumut tanduk tidak mempunyai seta dan hanya terdiri atas sporangium. Gametofit biasanya memiliki diameter sekitar 1-2 cm, dan biasanya tumbuh secara horizontal serta sering dilekati oleh sporofit majemuk (Urry et al., 2020). Gametofit memiliki talus yang berbentuk cakram dengan tepi yang bertoreh, dan biasanya melekat pada tanah dengan menggunakan rizoid-rizoid (Tjitrosoepomo, 2014). Sel lumut tanduk hanya memiliki satu kloroplas saja, dan pada gametofitnya terdapat kloroplas

tunggal yang berukuran lebih besar dari tumbuhan lumut yang lainnya (Fahmawati, 2018). Lumut tanduk biasanya hidup di tepi sungai, tepi danau, sepanjang selokan dan di tepi jalan yang basah maupun lembab (Fahmawati, 2018).



Gambar 2.4 Salah satu spesies lumut tanduk, *Anthoceros*
Sumber: Urry et al., (2020)

2.1.1.3.2 Divisi Bryophyta (Lumut Daun)

Klasifikasi dari divisi Bryophyta sebagai berikut (Internasional Taxonomy Information System, 2022) :

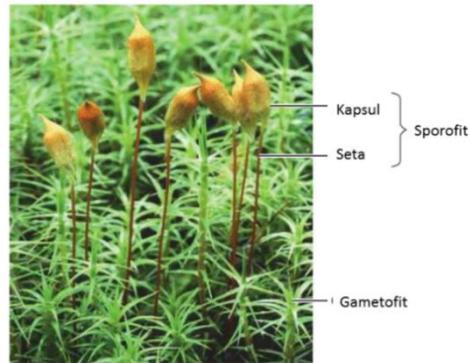
Kingdom : Plantae
Subkingdom : Viridiplantae
Infrakingdom : Streptophyta
Superdivision : Embryophyta
Division : Bryophyta
Class : Andreaebryopsida
: Andreaeopsida
: Bryopsida
: Oedipodiopsida
: Polytrichopsida
: Sphagnopsida
: Takakiopsida
: Tetrarhizopsida

Kelas Andreaebryopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Andreaebryales. Kelas Andreaeopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Andreaeales. Kelas Bryopsida memiliki 6 *subclass* yaitu *subclass* Bryidae (memiliki 10 ordo yaitu ordo

Bartramiales, ordo Bryales, ordo Hedwigiales, ordo Hookeriales, ordo Hypnales, ordo Hypnodendrales, ordo Orthotrichales, ordo Ptychomniales, ordo Rhizogoniales, dan ordo Splachnales), *subclass* Buxbaumiidae (memiliki 1 ordo yaitu ordo Buxbaumiales), *subclass* Dicranidae (memiliki 6 ordo yaitu ordo Archidiales, ordo Bryoxiphiales, ordo Dicranales, ordo Grimmiales, ordo Pottiales, dan ordo Scouleriales), *subclass* Diphysciidae (memiliki 1 ordo yaitu ordo Diphysciales), *subclass* Funariidae (memiliki 3 ordo yaitu ordo Encalyptales, ordo Funariales, dan ordo Gigaspermales), *subclass* Timmiidae (memiliki 1 ordo yaitu ordo Timmiales). Kelas Oedipodiopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Oedipodiales. Kelas Polytrichopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Polytrichales (Gambar 2.5). Kelas Sphagnopsida memiliki 2 ordo yaitu ordo Ambuchananiales dan ordo Sphagnales. Kelas Takakiopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Takakiales. Kelas Tetrachidopsida memiliki 1 ordo yaitu ordo Tetrachidales (Ruggiero et al., 2015).

Lumut daun disebut juga lumut sejati (Fahmawati, 2018) hal tersebut karena lumut daun memiliki bentuk tubuh yang kecil, memiliki bagian yang menyerupai akar (rizoid), memiliki batang (semu), dedaunan (Lukitasari, 2018). Lumut daun meliputi \pm 12.000 jenis. Lumut daun dapat tumbuh di atas tanah-tanah gundul yang periodik mengalami kekeringan, di atas pasir yang bergerak, di antara rumput-rumput, di atas batu-batu cadas, pada batang-batang dan cabang-cabang pohon, dan di rawa-rawa, tetapi jarang berada di dalam air (Tjitrosoepomo, 2014).

Gametofit lumut daun memiliki tinggi yang berkisar dari kurang dari 1 mm sampai 60 cm, tingginya kurang dari 15 cm pada sebagian besar spesies. Helai-helai 'daun' biasanya hanya setebal satu sel, namun ada yang lebih kompleks dengan tepian yang dilapisi oleh kutikula yang dapat ditemukan pada lumut daun tudung berambut biasa (Gambar 2.5) dan kerabat-kerabat dekatnya. Sporofit lumut daun biasanya memanjang dan dapat dilihat secara langsung. Memiliki tinggi sampai sekitar 20 cm. Sporofit lumut daun berwarna hijau dan dapat melakukan fotosintesis ketika muda, namun ketika mereka siap untuk melepaskan spora, warna sporofit berubah menjadi coklat atau merah kecoklatan (Urry et al., 2020).



Gambar 2.5 *Polytrichum commune*, lumut tudung-berambut
Sumber: Urry et al., (2020)

2.1.1.3.3 Divisi Marchantiophyta (lumut hati)

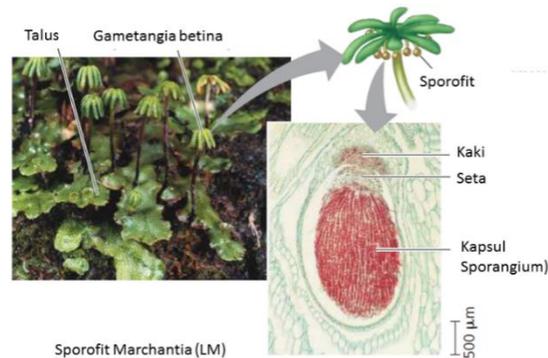
Klasifikasi dari divisi Marchantiophyta sebagai berikut (Internasional Taxonomy Information System, 2022):

- Kingdom* : Plantae
- Subkingdom* : Viridiplantae
- Infrakingdom* : Streptophyta
- Superdivision* : Embryophyta
- Division* : Marchantiophyta
- Class* : Haplomitriopsida
- : Jungermanniopsida
- : Marchantiopsida

Kelas Haplomitriopsida memiliki 2 ordo yaitu ordo Calobryales dan ordo Treubiales. Kelas Jungermanniopsida memiliki 3 *subclass* yaitu *subclass* Jungermanniidae (memiliki 3 ordo yaitu ordo Jungermanniales, ordo Porellales, dan ordo Ptilidiales), *subclass* Metzgeriidae (memiliki 2 ordo yaitu ordo Metzgeriales dan ordo Pleuroziales), dan *subclass* Pelliidae (memiliki 3 ordo yaitu ordo Fossombroniales, ordo Pallaviciniales, dan ordo Pelliales). Kelas Marchantiopsida memiliki 5 ordo yaitu ordo Blasiales, ordo Lunulariales, ordo Marchantiales, ordo Neohodgsoniales dan ordo Sphaerocarpaceles (Ruggiero et al., 2015).

Lumut hati memiliki nama umum dan nama saintifik (dari bahasa Latin yaitu *hepaticus*, yang artinya hati) yang mengacu pada gametofit berbentuk hati seperti *Marchantia* (Gambar 2.6). Beberapa lumut hati termasuk *Marchantia*

memiliki gametofit yang berbentuk pipih dan disebut sebagai 'taloid'. Sporofit lumut hati terdiri dari seta yang pendek dengan kapsul yang berbentuk lonjong atau bulat. Kemudian lumut hati yang lain seperti *Plagiochila* memiliki gametofit yang mempunyai struktur mirip batang dengan banyak tonjolan yang mirip daun dan disebut dengan lumut hati 'berdaun' (Gambar 2.7) (Urry et al., 2020).



Gambar 2.6 *Marchantia polymorpha*, lumut hati 'taloid'
Sumber: (Urry et al., 2020)



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

Dalam mengetahui jenis tumbuhan lumut selain dengan melihat sebuah gambar atau foto dan deskripsi setiap jenis lumut, pengidentifikasian juga dapat menggunakan kunci determinasi. Identifikasi tersebut dilakukan untuk menentukan jati diri suatu tumbuhan yang sesuai dengan susunan taksonomi tumbuhan (Purwanti, Manurung, & Kartikawati, 2021). Kunci determinasi adalah suatu media yang digunakan dalam proses identifikasi suatu makhluk hidup (Gago & Wae, 2021). Kunci identifikasi adalah alat pembanding yang berisi ciri-ciri khas takson tumbuhan yang dapat digunakan dalam mendeterminasi tumbuhan (Sujadmiko & Vitara, 2021). Berdasarkan identifikasi yang terdapat dalam artikel (Gradstein,

2017), terutama untuk lumut hati dan lumut tanduk yang berada di wilayah Jawa dapat dicermati dari terjemahan sebagai berikut (Lukitasari, 2018):

1. Tanaman dengan dedaunan (daun terkadang seperti rambut) 2
 1. Tanaman thalloid, tanpa daun..... 4
 2. Daun dengan pelepah (pelepah lebih dari 1 lapisan sel tebal)
- Lumut
2. Midrib 3
 3. Daun dalam 2-3 baris memanjang kunci 4 (lumut hati berdaun)
 3. Daun dalam 4 baris atau lebih, atau dalam bentuk spiral (tetapi kadang-kadang daun rata dan tampak dalam 2 baris; periksa dengan teliti Mosses
4. Talus hanya satu lapisan sel tebal 5
 4. Talus lebih dari satu sel lapisan tebal 8
 5. Talus dengan pelepah 6
 5. Talus tanpa pelepah 7
 6. Talus dengan satu pelepah, pelepah tidak berwarna. Thallus margin dengan rambut Metzgeria
 6. Talus dengan beberapa pelepah atau dengan pelepah bercabang, pelepah biasanya berwarna hitam. Talus margin tanpa rambutHymenophyllaceae (pakis)
 7. Talus pada daun hidup di hutan hujan montane, sangat kecil dan berwarna pucat, ± menyirip, thallus margin dengan silia. Gametangia diproduksi pada dahan pendek berdaun*Cololejeunea metzgeriopsis* (Goebel) Gradst et al. (= *Metzgeriopsis pusilla* Goebel) (*Lejeuneaceae*)
 7. Talus pada tanah atau kulit kayu, hijau muda, sederhana atau bercabang tidak beraturan, margin tanpa silia. Cabang-cabang berdaun kurang ... Prothallium
 8. Sel dengan 1 (-4) kloroplas besar. Kapsul linear (jarang berbentuk telur; Nototylas), hijau, menjadi hitam setelah dehiscence. Kapsul membuka perlahan dari puncak ke bawah (selama periode minggu atau bulan) ...Kunci 2 (Lumut tanduk)

8. Sel dengan banyak kloroplas kecil. Kapsul bulat ke elpis, hitam saat dewasa (sebelum dehiscence). Pembukaan kapsul sekaligus (tidak perlahan) ...Kunci 3 (Lumut hati)

Kunci 2. Lumut Tanduk

1. Permukaan talus tertutup rapat oleh lacinia kecil. Permukaan involuncre ditutupi oleh lamela. Spora kuning, elaters berwarna coklat gelap *Paraphymatoceros hirticalyx* (Steph.) Stotler (=Anthoceros tjibodensis Meijer)
1. Permukaan talus tidak tertutup rapat oleh lacinia kecil. Permukaan involuncre biasanya halus (dengan lamela di *Notothylas javanicus*). Spora kuning, coklat, hitam, atau kuning pucat 2
2. Setidaknya beberapa sel epidermis talus dengan 2 kloroplas. Talus hijau gelap ke hijau kehitaman. Spora hijau. Habitat pada batu basah, kayu busuk atau kulit kayu di hutan pegunungan *Megaceros flagellaris* (Mitt.) Steph.) (= *M. tjibodensis* Campb.)
2. Semua sel epidermis hanya 1 kloroplas. Talus hijau pucat sampai hijau pucat sampai hijau tua. Spora berwarna kuning, coklat, hitam atau pucat, jarang hijau 3
3. Epifit. Talus dengan pelepah tebal (periksa dengan seksama; pelepah kadang-kadang dikaburkan oleh talus yang kering). Permukaan talus sangat kering atau hampir rata. Spora besar, multiseslular (*Dendroceros*)
3. Di atas tanah. Talus tanpa pelepah tebal. Permukaan talus datar atau agak gepeng. Spora kecil, uniceluler 4
4. Spora sedikit 5
4. Terdapat Sporophyte 8
5. Talus dengan gigi peristom berlubang, dan dengan koloni ganggang biru-hijau di dalam talus yang terlihat sebagai titik hitam 6
5. Sedikit rongga dan koloni alga 7
6. Talus ligulate sempit, tidak membentuk roset lengkap *Folioceros*
6. Talus lebih luas, biasanya membentuk roset lengkap. Talus margin halus tipis *Anthoceros punctatus* L.

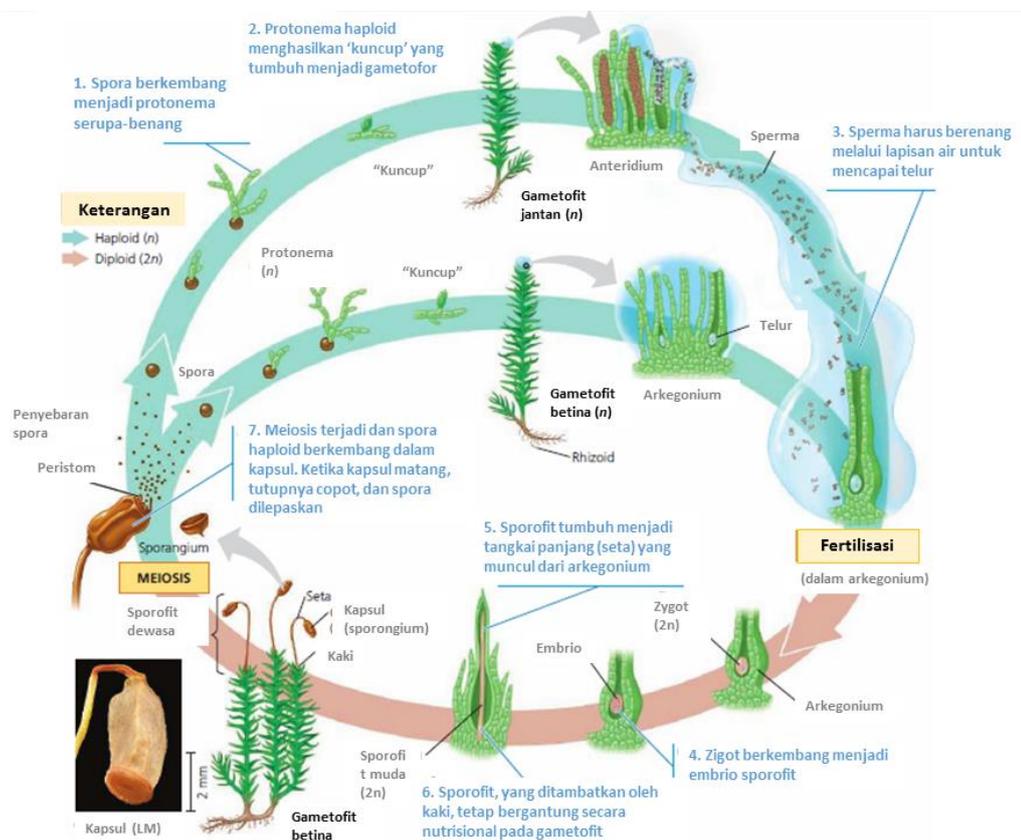
7. Talus membentuk roset lengkap, lobus imbricate. Talus margin tidak beraturan crenate-laciniate *Notothylas javanicus* (Sande Lac.) Gottsche
7. Talus tidak membentuk roset lengkap. Talus margin tidak tipis .. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk
8. Sporophyte ovoid, melekat hampir horizontal pada talus dan hampir seluruhnya tertutup oleh involucre berdaging. Permukaan involucre kasar oleh lamellae dan lacinia. Tidak ada elaters. Spora kuning *Notothylas javanicus* (Sande Lac.) Gottsche

Kunci 3. Lumut Hati

1. Permukaan atas talus dengan pori-pori (muncul sebagai titik kecil, keputihan atau gelap, terlihat dengan kaca pembesar) 2
1. Permukaan talus tanpa pori-pori atau pori-pori tidak jelas 5
2. Gemma cups terdapat di permukaan talus 3 (*Marchantia*)
2. Tidak ada gemma cups 4
3. Sisik ventral ada di hampir seluruh permukaan talus, mencapai margin thallus atau hampir jadi. Reseptakel betina terbagi (hingga 0,8 diameter) menjadi banyak lobus linear. Reseptakel jantan tidak terbagi Subgenus *Marchantia*
3. Sisik ventral hanya sepanjang garis tengah talus. Reseptakel betina dangkal atau ada dalam lobus tetapi tidak mendalam dan dibagi menjadi banyak lobus linear, dengan permukaan atas lobus datar. Reseptakel jantan biasanya melengkung Subgenus *Clamidium*
4. Talus sangat tipis, 2-4 lapisan sel tebal, hijau muda, obtusate, mencolok melebar ke arah puncak. Sporofit tertanam dalam lekukan di puncak talus. Tumbuhan segar kadang dengan bau yang tidak enak *Cyathodium*
5. Talus besar, lebar 0,8 – 2 cm, hijau tua 6
5. Talus lebih kecil, hijau pucat untuk hijau segar mengkilap, hijau jarang gelap *Riccardia*
6. Rhizoid halus. Talus margin tidak beraturan. Gametanga diproduksi di talus, jumlah sedikit. Habitat pada kayu busuk *Aneura maxima* Schiffn.

2.1.1.4 Siklus Hidup Tumbuhan Lumut

Tumbuhan lumut mempunyai pergiliran keturunan yang terdiri atas dua fase, yaitu fase haploid dan fase diploid. Yang termasuk fase haploid adalah gametofit atau generasi penghasil gamet dan fase diploid adalah sporofit atau generasi penghasil spora. Siklus hidup yang paling dominan adalah generasi gametofit dari pada generasi sporofit. Sporofit lumut biasanya berbentuk kapsul spora yang bertangkai dan hidup menumpang pada gametofit. Sedangkan yang terlihat sebagai lembaran talus adalah gametofit dari tumbuhan lumut tersebut (Sujadmiko & Vitara, 2021). Siklus hidup tumbuhan lumut pada gambar 2.8 sebagai berikut :



Gambar 2.8 Siklus Hidup Tumbuhan Lumut

Sumber: Urry et al., (2020)

Gametofit adalah tahap siklus hidup tumbuhan lumut yang dominan dari pada sporofit. Apabila spora tersebar ke lingkungan yang menguntungkan seperti tanah ataupun kulit kayu yang lembap maka mereka akan bergerminasi sehingga akan berkembang menjadi protonema. Pada kondisi yang menguntungkan,

protonema akan menghasilkan satu ‘kuncup’ atau lebih. Kuncup tersebut kemudian akan menghasilkan struktur penghasil gamet atau disebut dengan gametofor. Sebuah protonema dan satu gametofor atau lebih, secara bersamaan akan menyusun tubuh gametofit lumut. Kemudian gametofit-gametofit dewasa akan membentuk gametangia yang menghasilkan gamet-gamet. Sperma berflagel berenang melalui lapisan air menuju ke sel telur yang berada di dasar arkegonium. Setelah proses fertilisasi selesai, embrio akan tetap berada di dalam arkegonium. Lapisan sel-sel transfer plasenta akan membantu mentranspor nutrisi kepada embrio selama mereka berkembang dan menjadi sporofit (Urry et al., 2020).

Sporofit tumbuhan lumut biasanya berwarna hijau, memiliki sifat fotosintetik ketika muda dan akan tetap melekat pada gametofit induk serta menyerap gula, asam amino, mineral, dan air dari gametofit induk. Struktur sporofit pada tumbuhan lumut terdiri dari kaki, seta, dan sporangium (kapsul). Satu kapsul mampu menghasilkan lebih dari 50 juta spora. Sporofit lumut tanduk dan lumut daun memiliki ukuran yang lebih besar dan juga lebih kompleks daripada sporofit lumut hati (Urry et al., 2020).

2.1.1.5 Habitat Tumbuhan Lumut

Lumut termasuk tumbuhan tingkat rendah yang banyak ditemukan di tempat yang lembab dan lahan basah, serta dapat ditemukan di tempat-tempat ekstrim seperti di puncak gunung (Menih, 2006 dalam Marhento & Zaenab, 2021). Menurut Mulyani et al. (2015); Wati et al. (2016) dalam Kasiani et al., (2019) menyatakan bahwa habitat pertumbuhan lumut banyak dijumpai pada dataran rendah dan dataran tinggi seperti di kawasan hujan tropis, pegunungan dan bukit. Lumut tumbuh dengan baik di hutan atau di kawasan yang lembab dengan kanopi tertutup maupun kanopi terbuka (Riyana, Gendro Sari, & Gunawan, 2020). Dalam struktur hutan hujan tropis banyak ditemukan lumut-lumut yang membentuk koloni memanjang dengan cara menempel pada pohon-pohon atau disebut epifit (Lukitasari, 2018).

Syarat utama tumbuhan lumut dapat hidup yaitu adanya kelembapan yang cukup serta cenderung tinggi, kecuali di laut. Lumut biasanya dapat tumbuh pada permukaan tanah, menempel pada pohon baik cabang, ranting maupun batang, dan

pada bebatuan (Lukitasari, 2018). Selain itu, lumut juga dapat tumbuh subur pada habitat peralihan yaitu di daerah perairan dan daratan. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adanya rhizoid sebagai alat pelekat pada substrat dan untuk menyerap zat makanan, mempunyai talus multiseluler, terdapat kutikula dan dinding sel dari selulosa yang berfungsi sebagai pelindung dari cekaman kekeringan, terdapat porus untuk absorpsi karbon dioksida dari udara yang digunakan untuk fotosintesis, gametangium memiliki pelindung berupa sel-sel steril, dan memiliki spora yang berdinding tebal serta multiseluler (Sujadmiko & Vitara, 2021).

Tumbuhan lumut dapat tumbuh dan berkembang pada berbagai jenis substrat. Substrat merupakan media yang padat dan berfungsi sebagai tempat untuk tanaman tumbuh (Glime, 2017a). Menurut Rahardian et al., (2017) dalam Utami, Harmoko, & Fitriani (2020) menyatakan bahwa lumut mampu hidup pada berbagai substrat seperti pada permukaan tanah, batu-batuan, batang kayu yang sudah lapuk, dan menempel pada permukaan batang pohon atau disebut dengan epifit. Substrat berfungsi sebagai tempat untuk menempelnya lumut serta sebagai media untuk menyerap berbagai nutrisi (Menih, 2006 dalam Marhento & Zaenab, 2021). Substrat lumut adalah tempat-tempat yang lembab dengan penyinaran yang cukup, seperti pada batang pohon, kayu mati, kayu lapuk, tanah atau batuan (Indah, 2009 dalam (Imu, Purnamasari, & Liana, 2019). Dengan berbagai macam jenis substrat tersebut dapat mempengaruhi keanekaragaman jenis lumut yang ada di suatu tempat. Hal ini sejalan dengan pernyataan Fitria, Kamal, & Eriawati, (2018) bahwa keanekaragaman tumbuhan lumut dapat dipengaruhi oleh keberadaan substrat. Dibawah ini merupakan gambar-gambar dari berbagai substrat tempat tumbuhnya lumut diantaranya gambar 2.9 merupakan substrat tanah, gambar 2.10 merupakan substrat batu, gambar 2.11 merupakan substrat batang pohon, dan gambar 2.12 merupakan substrat kayu lapuk.



Gambar 2. 9 Substrat tanah
Sumber: Glime, (2017)



Gambar 2. 10 Substrat batu
Sumber: David, (2015)



Gambar 2. 11 Substrat batang pohon
Sumber: Crooks, (2021)



Gambar 2. 12 Substrat kayu lapuk
Sumber: David, (2015)

Beberapa jenis tumbuhan lumut dapat tumbuh pada substrat yang berbeda, seperti pada hasil penelitian Fanani, Afriyansyah, & Haerida, (2019) bahwa lumut yang mereka temukan di Bukit Muntai dapat hidup dan tumbuh pada dua substrat yang berbeda yaitu jenis lumut *Acroporium sigmatodontium* yang ditemukan pada substrat batu dan kayu lapuk dan jenis lumut *Pallavicinia lyellii* yang ditemukan pada substrat tanah dan juga batu. Lumut dapat tumbuh meskipun pada batu, hal tersebut karena batu mempunyai kelembaban yang cukup sehingga lumut dapat hidup (Utami et al., 2020). Batu yang permukaannya kasar mampu menampung air di dalam cekungan batu tersebut sehingga batu menjadi lembab, apabila spora lumut jatuh pada batu tersebut dan didukung oleh intensitas cahaya matahari yang cukup akan membuat spora lumut tumbuh dan berkembang (Windadri, 2009 dalam Fanani et al., 2019). Kemudian untuk substrat kayu lapuk merupakan substrat terbaik bagi lumut karena dapat menyediakan air dan zat-zat yang diperlukan oleh lumut sehingga lumut dapat tumbuh dan berkembang (Fauziah, 2016 dalam (Utami et al., 2020). Kondisi substrat yang lembab akan membantu lumut dalam proses perkembangbiakan (Yohendri, Rafdinal, & Zakiah, 2021). Selain substrat batu dan kayu lapuk, lumut juga dapat tumbuh pada kayu pohon yang masih hidup. Lumut yang tumbuh pada pohon inang banyak ditemukan pada bagian akar serabut yang menonjol di atas permukaan tanah dan jarang ditemukan di pada bagian kulit batangnya. Hal tersebut disebabkan karena pada kulit batang memiliki permukaan yang halus, sedangkan pada bagian akar terdapat lekukan-lekukan dan terkadang bertekstur kasar sehingga lumut dapat tumbuh (Fitria et al., 2018). Permukaan kasar tersebut adalah tempat singgah yang baik bagi spora lumut ataupun bagi air hujan yang mengandung mineral yang terlarut di dalamnya. Spora lumut tersebut dapat berkecambah apabila kondisi lingkungan yang mendukung dan tidak terdapat faktor penghambat (Windadri, 2010 dalam Fitria et al., 2018).

Sifat substrat (pH, kelembaban, kandungan organik gambut, dan kandungan nutrisi) sangat penting untuk pembentukan dan perkembangan komposisi dari spesies lumut (Purre & Ilomets, 2018). Selain itu faktor-faktor lainnya seperti suhu, kelembaban, pH, intensitas cahaya dan ketinggian dapat mempengaruhi pertumbuhan lumut. Pada suhu antara 10-30°C banyak ditemukan tumbuhan lumut,

dan pada kelembaban yang berkisar antara 70-98% akan membuat tumbuhan lumut dapat tumbuh (Wati, et al., 2009 dalam Yohendri et al., 2021). Tumbuhan lumut dapat tumbuh pada intensitas cahaya optimal 10.000 lux yang akan membantu tumbuhan lumut dalam melakukan fotosintesis (Putri, 2012 dalam Yohendri et al., 2021). Selain itu suhu tanah dan ketinggian juga mempengaruhi pertumbuhan lumut. Suhu tanah yang rendah akan membantu dalam proses penguapan air dan juga membantu pertumbuhan rhizoid. Sedangkan ketinggian tempat dapat mempengaruhi iklim, apabila tempat tersebut berada di tempat yang tinggi, biasanya suhu udaranya rendah karena kerapatan udara yang lebih renggang sehingga kurang mampu menyimpan panas (Satiyem, 2013 dalam Yohendri et al., 2021).

2.1.1.6 Peranan Tumbuhan Lumut

Tumbuhan lumut memiliki peranan penting untuk ekosistem maupun untuk kehidupan manusia. Pada wilayah hutan hujan tropis, tumbuhan lumut mempunyai peranan yang penting untuk meningkatkan kemampuan hutan dalam menahan keberadaan air (*water holding capacity*). Tumbuhan lumut mempunyai kapasitas retensi air yang tinggi karena strukturnya, dan cenderung yang paling berlimpah adalah di daerah dengan tingkat kelembaban atmosfer yang tinggi serta tingkat penguapan yang rendah. Tumbuhan lumut bisa dengan cepat menyerap air lalu melepaskannya secara perlahan dan bertahap ke lingkungan sekitarnya sehingga akan mencegah terjadinya banjir bandang, erosi, dan tanah longsor di wilayah hilir (Lukitasari, 2018). Tumbuhan lumut memiliki kemampuan seperti spons sehingga dapat menyimpan dan menopang curah hujan (sampai 25 × berat kering) dan memiliki kemampuan “menisir” kelembapan atmosfer serta hanya melepaskan air secara bertahap (Sujadmiko & Vitara, 2021). Menurut Pócs (1982) dalam Gradstein, (2011) menyatakan bahwa lapisan tebal lumut pada pohon dan tanah dapat menyerap air hujan dalam jumlah yang besar dan memiliki peran penting dalam keseimbangan dan siklus nutrisi hutan. Hingga 20-40% curah hujan dapat ditangkap oleh lumut di hutan awan tropis.

Dengan kemampuan tumbuhan lumut dalam menahan air, maka tumbuhan lumut dapat digunakan sebagai media hidup bagi tumbuhan epifit seperti anggrek

dan paku-pakuan (Lukitasari, 2018). Anggrek dapat berkembang dengan baik pada tumbuhan lumut karena tumbuhan lumut ini dapat menunjang kebutuhan nutrisi dan air untuk perkembangan kehidupan anggrek (Barat et al., 2014 dalam Lukitasari, 2018). Selain itu, kemampuan tumbuhan lumut dalam mengikat air dapat membantu biji yang tidak sengaja jatuh diatas tumbuhan lumut untuk berkecambah dan tumbuh (Lukitasari, 2018).

Terdapat satu genus dari lumut daun di lahan basah yaitu *Sphagnum* atau biasa disebut dengan lumut gambut. Wilayah rawa-rawa yang didominasi oleh lumut daun ini biasanya disebut dengan lahan gambut (Urry et al., 2020). Lahan gambut diakui berfungsi sebagai penyerap karbon (Lukitasari, 2018). Diperkirakan 400 miliar ton karbon organik di seluruh dunia tersimpan di dalam gambut. Simpanan karbon tersebut dapat membantu menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer (Urry et al., 2020).

Selain memiliki peran bagi kehidupan tumbuhan tingkat tinggi, tumbuhan lumut juga memiliki peran bagi kelangsungan hidup hewan. Lumut daun dan lumut hati dijadikan sebagai habitat dan sumber makanan bagi arthropoda. Kapsul penghasil spora atau sporangium yang kaya nutrisi sangat cocok untuk beberapa serangga dan moluska seperti siput. Selain itu, tumbuhan lumut juga merupakan sumber makanan untuk burung dan mamalia di lingkungan yang dingin, dan tumbuhan lumut juga dimakan oleh rusa, angsa, bebek, domba, sapi dan hewan pengerat lainnya (Lukitasari, 2018).

Tumbuhan lumut dapat dimanfaatkan hewan sebagai tempat untuk bertahan hidup di alam karena lumut dapat berfungsi sebagai tempat isolasi untuk melawan panas, dingin dan angin. Tumbuhan lumut juga dapat dijadikan sebagai bantalan kehidupan mereka dalam melawan perubahan iklim (Sujadmiko & Vitara, 2021b). Tumbuhan lumut dimanfaatkan oleh burung sebagai bahan untuk membuat sarang dan berperan sebagai habitat pelindung bagi amfibi. Selain itu, tumbuhan lumut juga dijaikan sebagai substrat yang cocok untuk ganggang biru-hijau (*cyanobacteria*), dimana spesies ini berguna dalam memperbaiki nitrogen dari udara menjadi senyawa nitrogen padat sehingga nantinya dapat digunakan oleh tanaman lain (Lukitasari, 2018).

Tumbuhan lumut juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan untuk kehidupan manusia. Jenis tumbuhan lumut yang biasanya sering digunakan sebagai bahan obat-obatan adalah lumut daun dan lumut hati, contohnya seperti *Marchantia polymorpha* yang digunakan untuk mengobati penyakit hepatitis dan *Frullania tamaricis* yang digunakan sebagai obat antiseptik (Lukitasari, 2018). Dalam ekosistem, tumbuhan lumut memiliki peran sebagai bioindikator karena tumbuhan lumut sensitif terhadap polusi udara khususnya logam berat (Zechmeister et al. 2003 dalam Fastanti & Wulansari, 2021). Lumut hati, lumut tanduk dan lumut daun dapat dijadikan sebagai bio-indikator karena mereka tidak mempunyai kutikula pelindung sehingga mereka cukup sensitif terhadap perubahan kelembaban lingkungan dan indikator efisien dari perubahan kecil atau gangguan dalam ekosistem. Tumbuhan lumut juga dapat menyerap polutan melalui permukaan daun atau thallusnya, dan akan mengumpulkannya di dalam sel (Lukitasari, 2018).

2.1.2 Gunung Galunggung

Gunung Galunggung merupakan gunung berapi yang masih aktif. Gunung Galunggung secara geografis terletak pada 7°15' LS dan 108°03' BT, secara administratif termasuk Priangan Tatar Sunda, Kabupaten Tasikmalaya dan Garut, Provinsi Jawa Barat (Gambar 2.13), dan telah mengalami erupsi pada tahun 1822, 1894, 1918, dan erupsi yang terakhir pada tahun 1982-1983 (Auditia & Nugroho, 2021). Gunung Galunggung terletak sekitar 17 km dari pusat Kota Tasikmalaya dan telah dikembangkan menjadi sebuah objek wisata “Hutan Wanasisata Galunggung”, secara resmi didirikan pada tahun 1988 yang memiliki luas wilayah sekitar 122 ha dan dikelola oleh Perum Perhutani (Widodo, 2014 dalam Putra, Hernawati, & Fitriani, 2019). Hutan Gunung Galunggung memiliki ketinggian 2.168 mdpl dan termasuk hutan lindung berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No. 837 /Kpts/UM/II/1980, 24 November 1980 (Fathia, Hilwan, & Kusmana, 2019). Kawasan Hutan Gunung Galunggung merupakan salah satu ekosistem yang sangat penting karena merupakan tangkapan dan resapan air yang berperan dalam penyimpanan air yang digunakan sebagai air minum, pertanian, perkebunan, pariwisata, dan lain-lain (Suryana, Iskandar, Perikesit, Pastasasmita, & Irawan, 2018).



Gambar 2. 13 Gunung Galunggung
Sumber: Dokumentasi peneliti (2022)

Terdapat berbagai objek wisata yang berada di kawasan objek wisata Gunung Galunggung diantaranya objek wisata kawah, pemandian air panas, curug cipanas, curug cikahuripan, hutan pinus dan lain-lain. Hal tersebut menjadi daya tarik wisatawan untuk berkunjung ke Objek Wisata Gunung Galunggung. Gunung Galunggung merupakan salah satu ikon wisata alam di Kabupaten Tasikmalaya dan menyimpan kekayaan alam flora dan fauna dengan ciri khas tersendiri (Putra & Fitriani, 2018). Maka dari itu Gunung Galunggung dapat dijadikan sebagai tempat untuk objek penelitian dan pendidikan karena memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi.

Terdapat tiga stasiun penelitian yang akan diteliti di kawasan Gunung Galunggung, diantaranya:

2.1.2.1 Ngarai Gunung Galunggung

Daerah ngarai ini berada di sekitar kawah gunung Galunggung, lebih tepatnya didekat kawasan bibir kawah. Ketinggian daerah ngarai sekitar 900 – 1100 mdpl, kelembaban sekitar 85 – 90 % dan suhu nya sekitar 26 – 27,8°C. Daerah ini tidak banyak ditumbuhi oleh tumbuhan berkayu, tetapi kebanyakan didominasi tumbuhan semak dan juga perdu (Putra et al., 2019). Tanah disekitar ngarai berupa tanah vulkanik dan bebatuan hasil erupsi dari gunung Galunggung dahulu. Maka dari itu daerah ngarai ini ditumbuhi oleh beberapa tumbuhan yang dapat tumbuh dengan kriteria tersebut, seperti beberapa jenis lumut, lumut kerak, paku-pakuan, kantung semar, berbagai pepohonan dan lain-lain.



Gambar 2. 14 Ngarai Gunung Galunggung
Sumber: Dokumentasi peneliti (2022)

2.1.2.2 Curug Batu Blek

Curug batu blek merupakan salah satu curug yang berada di kawasan Gunung Galunggung kabupaten Tasikmalaya. Curug batu blek memiliki ketinggian sekitar 7 meter dan kedalamannya sekitar 4 hingga 5 meter dengan air yang dingin serta jernih dan bersumber dari Gunung Galunggung (Hidayat, 2018). Ketinggian wilayah curug batu blek yaitu 988 mdpl dengan titik koordinat $-7.23736^{\circ}\text{S} - 108.09967^{\circ}\text{E}$. Jarak curug batu blek dari kota Tasikmalaya sekitar 22 kilometer (Mulyanie, 2017). Kondisi alam disekitar curug batu blek masih alami dengan ditumbuhi oleh banyak pepohonan yang besar dan rindang serta beranekaragam tumbuhan yang tumbuh di sepanjang jalan menuju curug tersebut. Terdapat juga beberapa aliran sungai yang berukuran kecil dan juga sedang, serta jalan diapit oleh tebih dan jurang, sehingga perlu berhati-hati jika berkunjung ke curug ini. Dan di sekitar curug tersebut terdapat banyak bebatuan besar.



Gambar 2. 15 Curug Batu Blek
Sumber : Dokumentasi Peneliti (2022)

2.1.2.3 Curug Cikahuripan

Curug Cikahuripan adalah salah satu curug yang berada di kawasan Gunung Galunggung kabupaten Tasikmalaya. Curug ini merupakan salah satu tempat wisata yang dikelola oleh Perum Perhutani. Curug Cikahuripan memiliki jarak sekitar 1 kilometer dari kawah Gunung Galunggung. Curug ini memiliki ketinggian sekitar 60 meter dengan bentuk *landscape* yang berundak-undak (Perhutani, 2020). Curug ini belum banyak diketahui oleh kebanyakan masyarakat sehingga kurang dikunjungi oleh wisatawan. Oleh karena itu, kealamian alamnya masih terjaga sehingga iklimnya cenderung lembab karena terdapat beberapa pohon yang rindang serta berbagai macam tanaman yang tumbuh disekitar curug tersebut. Terdapat beberapa puluh tangga yang berukuran kecil yang perlu dilalui jika ingin ke curug Cikahuripan ini. Terdapat juga beberapa aliran sungai yang berukuran kecil dan sedang dengan air yang jernih dan dingin yang bersumber dari gunung Galunggung.



Gambar 2. 16 Curug Cikahuripan
Sumber: Dokumentasi Peneliti (2022)

2.1.3 Suplemen Bahan Ajar

Dalam proses pembelajaran memerlukan suatu perangkat pembelajaran berupa bahan ajar yang dapat membantu dalam memahami materi pembelajaran. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan, baik itu berupa informasi, alat, atau teks yang disusun secara sistematis dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dan digunakan pada saat proses pembelajaran dengan tujuan untuk perencanaan dan penelaah implementasi pembelajaran (Prastowo, 2014 dalam Diki, Mukmin, &

Wenda, 2022). Bahan ajar memaparkan keseluruhan kompetensi yang harus peserta didik kuasai dalam kegiatan pembelajaran tersebut (Rahma & Hardiansyah, 2022).

Bahan ajar adalah bahan atau materi pelajaran yang disusun sistematis dan digunakan oleh guru serta siswa dalam proses pembelajaran (Pannen, 2001 dalam Magdalena, Sundari, Nurkamilah, Nasrullah, & Ayu Amalia, 2020). Guru akan lebih mudah dalam menyampaikan materi apabila menggunakan bahan ajar, begitu pula dengan siswa akan mudah dalam memahami materi (Mufidah, Susanto, & Sudirman, 2021). Bahan ajar tersebut dapat berupa bahan ajar tertulis maupun bahan ajar tidak tertulis.

Bahan ajar suplemen adalah bahan ajar pendamping yang akan dipergunakan sebagai pendukung dari bahan ajar utama (Supardi, 2016). Suplemen bahan ajar dapat digunakan untuk memperdalam pemahaman materi-materi dan juga menarik perhatian peserta didik (Wardani & Kusuma, 2017 dalam Putri, Syamsurizal, Atifah, & Fuadiyah, 2021). Suplemen bahan ajar digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran, sehingga dapat melengkapi bahan ajar yang sudah ada dan dengan adanya suplemen bahan ajar ini dapat membantu proses pembelajaran menjadi efektif sehingga peserta didik dapat memahami materi dengan baik (Novianti & Syamsurizal, 2021). Suplemen bahan ajar yang dapat digunakan dalam membantu proses pembelajaran salah satunya dalam bentuk *booklet*.

Booklet adalah media pendidikan yang berbentuk buku kecil dan berisi tulisan, gambar, atau keduanya serta disajikan dengan tampilan dan warna yang menarik (Rehusisma et al., 2017 dalam Ulandari & Syamsurizal, 2021). *Booklet* berisikan informasi-informasi penting dengan isi yang jelas, tegas dan mudah dipahami oleh peserta didik. *Booklet* akan lebih menarik apabila disajikan dengan gambar, sehingga *booklet* dapat dijadikan sebagai media pendamping (suplemen) untuk kegiatan pembelajaran dan diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran peserta didik (Intika, 2018 dalam Rahmi & Syamsurizal, 2021). *Booklet* memiliki keunggulan yaitu mudah dibawa karena ukurannya yang kecil, dilengkapi penjelasan yang ringkas dan sistematis, dan terdapat gambar sebagai ilustrasi, sehingga mempermudah pemahaman siswa terhadap suatu konsep ataupun fakta (Nikmah Rahmatih, Yuniastuti, & Susanti, 2018). *Booklet* sebagai

suplemen bahan ajar merupakan pelengkap dari sebuah bahan ajar yang sudah ada sebelumnya sehingga materi pembelajaran yang ditambahkan akan menyajikan secara lebih detail atau rinci (Gustiani & Syamsurizal, 2021).

Suplemen bahan ajar dalam bentuk *booklet* yang akan dibuat dalam penelitian ini berisi gambar-gambar jenis-jenis tumbuhan lumut yang terdapat di kawasan Gunung Galunggung, klasifikasi dari jenis tumbuhan lumut dan deskripsi singkat mengenai karakteristik dari tumbuhan lumut tersebut disertai dengan substrat tempat tumbuhnya lumut. *Booklet* tersebut diharapkan dapat menjadi suplemen bahan ajar untuk jenjang Sekolah Menengah Atas pada KD 3.8 Plantae kelas X khususnya mengenai Tumbuhan Lumut dan untuk perguruan tinggi pada mata kuliah Botani Cryptogamae mengenai Tumbuhan Lumut.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai jenis-jenis tumbuhan lumut dilakukan oleh Putra et al., (2019) mengenai Identifikasi Tumbuhan Lumut di Kawasan Wisata Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Dari hasil penelitian tersebut teridentifikasi sebanyak 20 jenis dan 16 suku yang ditemukan di hutan kawasan wisata Gunung Galunggung. Jumlah spesies lumut yang banyak ditemukan pada stasiun II, hal tersebut karena daya dukung lingkungannya seperti tingkat kemiringan, substrat tempat hidupnya lumut, dan ketersediaan air. Substrat tempat tumbuhnya lumut pada stasiun II yang teridentifikasi antara lain, bebatuan, batang pohon, kayu lapuk, serasah, tanah yang agak basah, dengan didukung oleh banyaknya tumbuhan semak dan perdu sehingga tumbuhan lumut dapat tumbuh di tempat tersebut.

Penelitian mengenai biodiversitas tumbuhan lumut epifit dilakukan oleh Marhento & Zaenab, (2021) dengan judul Biodiversitas Lumut epifit di Gunung Kendeng dalam Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak Jawa Barat bahwa tercatat terdapat 16 jenis lumut yang ditemukan menempel pada berbagai substrat baik pada batang kayu lapuk maupun pada kulit pohon. Keanekaragaman jenis tumbuhan lumut pada berbagai substrat yang terdapat di Gunung Kendeng tergolong sedang, baik pada substrat terestrial (nilai indeks keanekaragaman 1,276) maupun pada substrat arboreal (nilai indeks keanekaragaman 1,851). Hal tersebut

menunjukkan keanekaragaman jenis lumut pada substrat arboreal lebih tinggi dibandingkan dengan keanekaragaman jenis lumut pada substrat terrestrial, hal tersebut karena komunitas arboreal mempunyai kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan dengan komunitas terrestrial.

Penelitian mengenai keanekaragaman jenis lumut dan substratnya oleh Lestiani et al., (2021) mengenai survei keberagaman lumut dan pohon inang di kawasan Kebun Raya Bogor bahwa ditemukan 11 spesies yang berada pada substrat pohon dengan jumlah 7 pohon inang. Sebagian besar tumbuhan lumut tumbuh pada pohon inang di bagian batang pohon yang tidak terlalu terkena sinar matahari secara langsung, dan ada yang tumbuh di batang pohon yang berdaun rindang. Hal tersebut membuat kelembapan yang cukup tinggi sehingga lumut dapat tumbuh dengan baik. Jenis tumbuhan lumut yang banyak ditemukan pada pohon inang yaitu di sekitar jalan Kenari Kebun Raya Bogor adalah jenis *Lejeuneae* sp.

Penelitian mengenai ekspolrasi tumbuhan lumut oleh Utami et al., (2020) dengan judul Eksplorasi Lumut (Bryophyta) di Kawasan Air Terjun Bukit Gatan Provinsi Sumatera Selatan diketahui bahwa terdapat 7 spesies yang telah ditemukan di lokasi penelitian yang tumbuh pada berbagai substrat. Terdapat 5 jenis lumut yang ditemukan pada substrat bebatuan yaitu *Hyophila javanica*, *Philonotis hastata*, *Fissidens atroviridis*, *Hyophila apiculata* dan *Plagiochila asplenoides*. Banyaknya jenis tumbuhan lumut yang ditemukan pada substrat batu karena lokasi penelitian tersusun dari bebatuan yang dekat dengan perairan. Pada substrat kayu lapuk atau mati ditemukan 2 jenis lumut yaitu *Hyophila javanica* dan *Hyophila apiculata*. Pada substrat kayu pohon ditemukan 1 jenis lumut yaitu *Taxiphyllum* sp. Dan pada substrat tanah ditemukan 1 jenis lumut yaitu *Hyophila apiculata*.

Selanjutnya, penelitian mengenai keanekaragaman lumut pada berbagai substrat oleh Fanani, Afriyansyah, & Haerida, (2019) mengenai keanekaragaman jenis lumut (Bryophyta) pada berbagai substrat di Bukit Muntai Kabupaten Bangka Selatan diketahui bahwa tumbuhan lumut yang ditemukan sebanyak 20 jenis dengan 16 jenis termasuk lumut sejati, dan lumut hati ditemukan sebanyak 4 jenis. Lumut tersebut ditemukan pada beberapa substrat diantaranya pada batang pohon, batu, kayu lapuk, dan tanah. Pada substrat batu ditemukan 12 jenis lumut, pada

substrat batang pohon terdapat 3 jenis, pada substrat kayu lapuk terdapat 3 jenis dan pada substrat tanah ditemukan 3 jenis lumut.

2.3 Kerangka Konseptual

Tumbuhan lumut termasuk kedalam tumbuhan tingkat rendah yang berukuran relatif kecil, tidak mempunyai jaringan vaskular dan tidak memiliki akar, batang dan daun sejati, mempunyai struktur tubuh yang memiliki fungsi seperti akar disebut dengan rhizoid. Habitat tumbuhan lumut biasanya di lingkungan yang lembab dan basah. Tumbuhan lumut hidup dan menempel pada berbagai substrat seperti pada permukaan tanah, batu-batuan, kulit pohon, kayu yang sudah lapuk, dan serasah. Tumbuhan lumut merupakan salah satu tumbuhan pionir yang dapat tumbuh pada lahan yang telah mengalami bencana alam maupun ulah manusia yang merugikan. Tumbuhnya tumbuhan pionir tersebut merupakan proses suksesi dimana komponen-komponen spesies dalam suatu komunitas akan berubah seiring dengan berjalannya waktu.

Suksesi terbagi menjadi dua yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder. Suksesi primer dapat terjadi secara alami seperti bencana alam gunung meletus. Salah satu gunung berapi yang ada di Jawa Barat tepatnya di Kabupaten Tasikmalaya yaitu Gunung Galunggung yang pernah mengalami erupsi secara berkala dari tahun 1822-1983. Erupsi tersebut berupa debu dan pasir yang menutupi vegetasi di lereng gunung Galunggung yang menyebabkan pohon-pohon banyak yang mati. Untuk mengembalikan kondisi vegetasi tersebut dapat dimulai dari tumbuhnya tumbuhan pionir salah satunya lumut. Seiring dengan berjalannya waktu, kondisi vegetasi akan kembali membaik sehingga banyak pepohonan dan tumbuhan lain tumbuh kembali. Kelembaban di kawasan Gunung Galunggung berkisar dari 82-95 %, hal tersebut dapat menunjang tumbuhnya tumbuhan lumut, karena tumbuhan lumut memerlukan kelembaban udara sekitar 70-90%. Selain itu, di kawasan Gunung Galunggung juga terdapat berbagai macam substrat seperti batu, kayu lapuk, pohon inang, tanah dan tanah vulkanik. Banyaknya jenis substrat untuk tempat tumbuhnya lumut merupakan salah satu faktor keanekaragaman jenis tumbuhan lumut.

Secara ekologi tumbuhan lumut memiliki peranan penting dalam ekosistem yaitu untuk menjaga keseimbangan air dan siklus hara. Tumbuhan lumut juga dijadikan sebagai habitat bagi organisme lain, serta dijadikan sebagai bioindikator karena lumut sensitif terhadap perubahan lingkungan. Selain itu tumbuhan lumut juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan bagi kehidupan manusia. Maka dari itu keberadaan tumbuhan lumut sangatlah penting dalam berbagai hal. Penelitian mengenai keanekaragaman tumbuhan lumut di kawasan Gunung Galunggung sudah pernah dilakukan, namun tidak secara keseluruhan diobservasi, terutama dalam hubungan keanekaragaman lumut dengan substrat tempat tumbuhnya lumut tersebut. Untuk itu penting dilakukan penelitian keanekaragaman lumut dan diidentifikasi sesuai substrat tempat tumbuhnya untuk menambahkan kekayaan biota lumut secara utuh di Gunung Galunggung dan penting untuk terdokumentasikan mengingat masih belum banyak eksplorasi dilakukan tentang lumut untuk kepentingan pembelajaran.

Berdasarkan uraian tersebut, diduga terdapat hubungan keanekaragaman lumut dengan substrat tempat tumbuhnya lumut di kawasan Gunung Galunggung.

2.4 Hipotesis Penelitian

H_0 : tidak terdapat hubungan keanekaragaman lumut dengan substrat tempat tumbuhnya lumut di kawasan Gunung Galunggung Tasikmalaya.

H_a : terdapat hubungan keanekaragaman lumut dengan substrat tempat tumbuhnya lumut di kawasan Gunung Galunggung Tasikmalaya.