

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Keanekaragaman Hayati

Indonesia adalah negara dengan keanekaragaman hayati yang sangat besar dan memiliki banyak sumber daya alam (Yuhanna & Retno, 2025) . Keanekaragaman hayati atau *biodiversity* merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan keseluruhan variasi makhluk hidup yang terdapat di bumi, baik pada tingkat gen, jenis, maupun ekosistem. Keanekaragaman hayati mencakup seluruh bentuk kehidupan, mulai dari mikroorganisme, tumbuhan, hewan, hingga manusia beserta interaksi yang terjadi di antara mereka (Setiawan, 2022). Keanekaragaman hayati menunjukkan kekayaan dan variasi organisme yang terbentuk melalui proses evolusi dan adaptasi terhadap lingkungan. Keanekaragaman ini tidak hanya mencerminkan perbedaan bentuk dan struktur organisme, tetapi juga mencakup variasi fungsi dan peran ekologisnya dalam suatu ekosistem.

Keanekaragaman hayati terdiri atas tiga tingkatan utama, yaitu keanekaragaman gen, keanekaragaman jenis, dan keanekaragaman ekosistem. Keanekaragaman gen menunjukkan variasi sifat dalam satu spesies yang memungkinkan individu memiliki perbedaan bentuk, ukuran, dan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan. Keanekaragaman jenis mengacu pada variasi antar spesies dalam suatu wilayah, sedangkan

keanekaragaman ekosistem menunjukkan perbedaan tipe habitat serta komunitas organisme yang hidup di dalamnya (Sengka et al., 2022) . Ketiga tingkatan tersebut saling berkaitan dan membentuk sistem kehidupan yang mendukung kestabilan dan keberlanjutan lingkungan (Irni, 2022)

Keanekaragaman hayati memiliki fungsi penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui berbagai interaksi ekologis, seperti daur ulang nutrisi, penguraian bahan organik, dan pengaturan populasi organisme. Selain itu, keanekaragaman hayati juga memberikan manfaat besar bagi manusia, antara lain sebagai sumber pangan, obat-obatan, bahan baku industri, serta sebagai sumber pendidikan dan penelitian biologi. Keanekaragaman hayati juga memiliki nilai ekonomi, estetika, dan rekreasi, terutama dalam pengembangan pariwisata alam dan pendidikan berbasis lingkungan (Sengka et al., 2022)

Meskipun demikian, keanekaragaman hayati saat ini menghadapi berbagai ancaman, terutama akibat aktivitas manusia seperti perusakan habitat, alih fungsi lahan, deforestasi, pencemaran, dan eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya hayati. Deforestasi dan fragmentasi habitat menyebabkan banyak spesies kehilangan tempat hidupnya, sedangkan masuknya spesies invasif dan perubahan iklim global semakin memperburuk kondisi ekosistem alami (Jainuddin, 2023). Jika tidak dikendalikan, berbagai ancaman tersebut dapat menyebabkan penurunan populasi, bahkan kepunahan spesies tertentu (Faizah & Nugraheni, 2024).

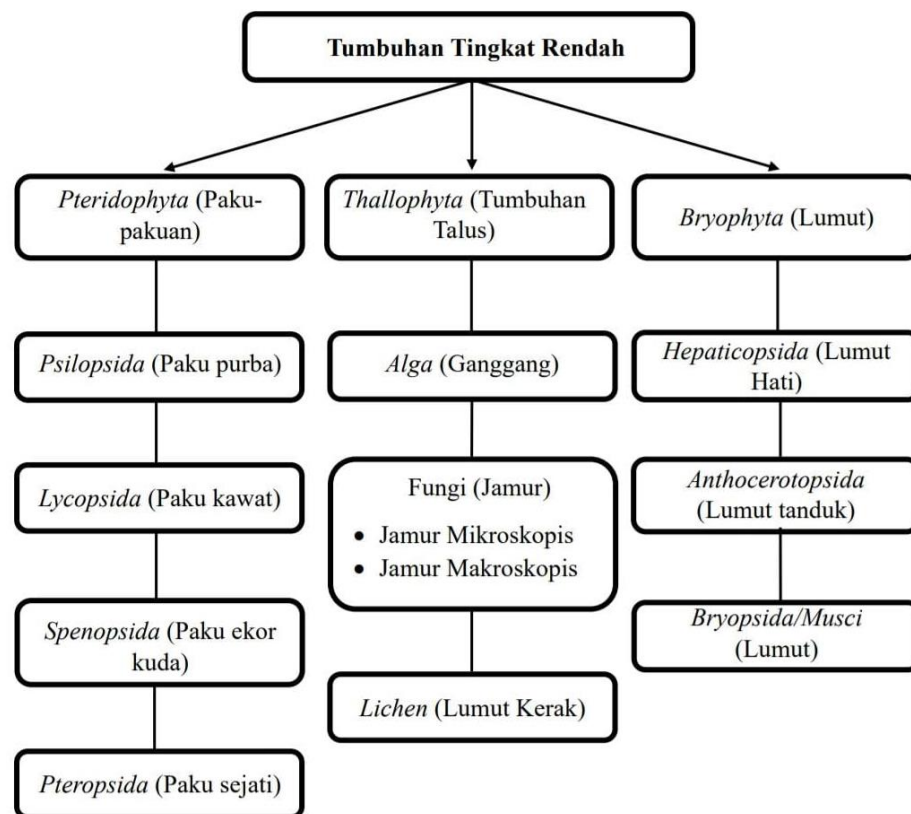
Oleh karena itu, upaya pelestarian keanekaragaman hayati menjadi sangat penting. Pelestarian dapat dilakukan secara *in-situ*, yaitu dengan menjaga organisme di habitat aslinya melalui kawasan konservasi, serta secara *ex-situ* melalui kebun botani, kebun raya, dan lembaga penyimpanan plasma nutfah. Selain itu, pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, edukasi masyarakat, serta kebijakan dan penegakan hukum yang mendukung konservasi juga berperan penting dalam menjaga keberlanjutan keanekaragaman hayati (Faizah & Nugraheni, 2024).

2. Karakteristik Tumbuhan Tingkat Rendah

Tumbuhan tingkat rendah merupakan kelompok tumbuhan yang memiliki organisasi tubuh sederhana dan belum dilengkapi dengan jaringan pembuluh sejati sebagaimana pada tumbuhan tingkat tinggi. Kelompok ini mencakup lumut (Bryophyta), tumbuhan paku (Pteridophyta), serta Thallophyta yang di dalamnya termasuk jamur. Secara umum, kelompok tumbuhan ini hidup pada lingkungan yang lembab, cenderung tumbuh berkelompok, dan mudah dijumpai di berbagai habitat sekitar (Rifqiawati et al., 2024). Tumbuhan tingkat rendah berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, antara lain melalui keterlibatannya dalam proses pembentukan tanah, pemeliharaan kelembaban lingkungan, serta fungsinya sebagai indikator kualitas udara dan air (Endang et al., 2020). Selain itu, keberadaan tumbuhan tingkat rendah juga dapat digunakan untuk menilai kondisi lingkungan, karena

kelimpahannya menunjukkan bahwa suatu habitat masih berada dalam keadaan yang relatif stabil (Rifqiawati et al., 2024).

Kelompok tumbuhan tingkat rendah meliputi Thallophyta, Bryophyta, dan Pteridophyta. Secara umum, tumbuhan-tumbuhan ini memiliki tingkat organisasi tubuh yang masih sederhana, sehingga bagian-bagian seperti akar, batang, dan daun belum terdiferensiasi secara jelas sebagaimana pada tumbuhan tingkat tinggi.



Gambar 2.1. Klasifikasi Tumbuhan Tingkat Rendah

Tumbuhan tingkat rendah meliputi kelompok Bryophyta, Pteridophyta, dan Thallophyta yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Kelompok ini mampu hidup pada lingkungan ekstrim seperti tanah tandus dan permukaan batuan sehingga

berfungsi sebagai organisme pionir dalam proses pembentukan tanah (Bawaihaty & Iwan Hilwan, 2014). Selain itu, tumbuhan tingkat rendah berkontribusi dalam meningkatkan kesuburan tanah melalui akumulasi bahan organik serta mempertahankan kelembaban lingkungan. Keberadaannya juga mendukung siklus nutrisi dan menyediakan habitat bagi berbagai organisme, serta dapat digunakan sebagai indikator kondisi lingkungan karena kepekaannya terhadap perubahan habitat.

Berdasarkan kajian ilmiah dan pendidikan, tumbuhan tingkat rendah merupakan objek kajian penting untuk memahami evolusi dan adaptasi tumbuhan, sekaligus memiliki potensi sebagai sumber belajar dan bahan terapan di bidang bioteknologi serta pengobatan tradisional. Pemanfaatan tumbuhan tingkat rendah sebagai media pembelajaran berbasis lingkungan dapat meningkatkan pemahaman dan kepedulian terhadap kelestarian alam (Andari et al., 2021). Namun, kelompok tumbuhan ini menghadapi ancaman akibat deforestasi, pencemaran, dan perubahan iklim, sehingga upaya konservasi melalui perlindungan habitat dan pengembangan media pembelajaran berbasis lapangan perlu terus dilakukan, sebagaimana diterapkan dalam program di Hutan Pinus Nangko Ijo (Sengka et al., 2022)

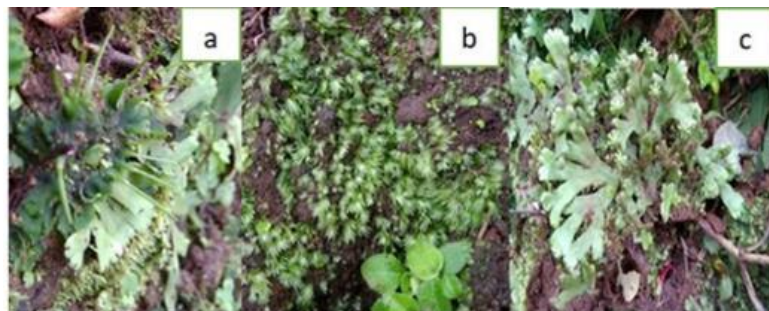
3. Deskripsi dan Klasifikasi Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

Lumut merupakan tumbuhan tingkat rendah yang termasuk ke dalam divisi Bryophyta. Lumut di alam memiliki peran penting dalam ekosistem. Lumut dapat berperan sebagai penyerap air, mempertahankan

kelembaban dan sebagai penyerap polutan, lumut memiliki keunikan dan keindahan yang dapat memberikan nilai lebih (Ulfa et al., 2023). Lumut merupakan kelompok tumbuhan rendah yang tumbuh menempel pada berbagai substrat, antara lain berupa pohon, kayu mati, kayu lapuk, serasah, tanah dan bebatuan. Tumbuhan lumut dilaporkan merupakan kelompok terbesar kedua setelah tumbuhan tinggi. Mereka tidak mempunyai bunga atau biji, dan daun-daun yang sederhananya menutupi batang liat yang tipis (Fanani et al., 2019).

Bryophyta merupakan kelompok tumbuhan unik yang berkontribusi signifikan terhadap keanekaragaman flora dan memiliki persebaran yang luas. Tumbuhan bertubuh mini dengan ukuran hanya beberapa milimeter ini jamak ditemukan hidup pada media tanah, batuan, kayu, hingga lingkungan perairan. Kendati sebagian besar jenis lumut merupakan organisme darat (*terrestrial*), mereka tetap membutuhkan habitat yang lembap dan basah untuk bertahan hidup (Ivhone et al., 2022). Lumut sering disebut sebagai tumbuhan pioneer karena memiliki peran penting dalam proses suksesi suatu wilayah. Lumut dapat memineralisasi batuan dan mengikat karbon sehingga membantu menyeimbangkan nutrisi di dalam tanah. Selain itu, lumut juga berperan sebagai tumbuhan obat dan pengendali polusi. Pentingnya keberadaan lumut ini perlu didukung dengan data inventarisasi dan keanekaragaman yang baik agar keanekaragaman lumut dapat terus dijaga (Eman et al., 2022).

Lumut dengan nama latin Bryophyta memiliki sekitar 16.000 spesies yang dikelompokkan menjadi tiga kelas yakni lumut hati (Hepaticae), lumut daun (Musci), dan lumut tanduk (Anthocerotae). Hepaticae memiliki dua bangsa yaitu bangsa Marchantiales dan bangsa Jungermaniales. Kelas Musci, memuat tiga bangsa yakni bangsa Andreaeales, Sphagnales, Bryales. Sedangkan kelas Anthocerotae terdapat satu bangsa yakni anthocerothales (Lukitasari, 2018). Secara ekologi lumut berperan penting dalam ekosistem, terutama pada daerah hutan hujan tropis lumut berperan dalam menjaga keseimbangan air, siklus hara dan merupakan habitat penting bagi organisme lain serta dapat dijadikan sebagai bioindikator karena tumbuhan ini lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan. Lumut (Bryophyta) juga merupakan tumbuhan perintis yang menjadi pembuka ruang untuk ditumbuhi tanaman lainnya (Husain et al., 2022).



Gambar 2.2 a. Lumut Tanduk; b. Lumut Daun; c. Lumut Hati

(Habibi & Al-Kharis, 2021)

Ketiga divisi Bryophyta memiliki ciri yang sangat mencolok sehingga dengan mudah dapat dibedakan dengan tumbuhan vaskuler atau tumbuhan berpembuluh pada umumnya. Sebagian besar tumbuhan lumut

tidak memiliki jaringan vaskuler, sehingga terkadang dikategorikan dalam klasifikasi tumbuhan ‘nonvaskuler’.

a. Lumut Tanduk (*Anthocerotales*)

Bryophyta dapat dikelompokkan secara sistematis berdasarkan karakteristik bentuk tubuhnya. Salah satu kelompoknya adalah lumut tanduk (*Anthocerotales*), yang memiliki ciri khas berupa sporofit berbentuk seperti tanduk. Organ reproduksi pada lumut ini tertanam di dalam tubuh berbentuk talus. Dalam proses reproduksinya, lumut tanduk menghasilkan spora secara berkelanjutan dari sporangium, yang selanjutnya akan berkembang menjadi individu lumut tanduk baru. Pada lumut tanduk, struktur talus, khususnya anatomi bagian dalam dan kandungan selnya, merupakan karakter penting dalam proses identifikasi dan klasifikasi (Lukitasari, 2018). Selain itu, sporofit yang meliputi dinding sporangium, spora beserta pola ornamentasinya, serta sel-sel steril yang bercampur dengan spora juga menjadi ciri pembeda utama. Keberadaan silinder steril di dalam sporangium, apabila ada, turut menjadi karakter diagnostik. Ciri-ciri struktural tersebut bersifat khas pada lumut tanduk sehingga sangat membantu dalam penentuan klasifikasinya. Contoh lumut tanduk seperti anthoceros

b. Lumut Hati (*Hepaticae*)

Lumut hati berasal dari istilah Latin *hepaticae* yang berarti hati, merujuk pada bentuk gametofitnya yang menyerupai hati, seperti

yang dijumpai pada genus *Marchantia*. Beberapa jenis lumut hati, termasuk *Marchantia*, dikenal sebagai lumut taloid karena fase gametofitnya berbentuk lembaran pipih. Lumut hati atau Hepaticopsida merupakan organisme berukuran kecil dengan tubuh pipih menyerupai lembaran yang memiliki lobus, yaitu bagian struktur dari talusnya. Meskipun tidak memiliki bunga, lumut hati tetap mampu bereproduksi dengan membentuk spora yang tersimpan dalam kapsul.

Pada tubuh lumut hati terdapat struktur yang berfungsi menyimpan air sehingga memungkinkan organisme ini bertahan dalam kondisi kering tanpa mengalami kematian. Beberapa jenis lumut hati bahkan tidak memiliki klorofil, seperti kelompok *Cryptothallus*, dan hidup secara saprofit. Selain itu, sebagian lumut hati memiliki sel-sel khusus yang mengandung minyak dengan bentuk dan susunan yang khas. Contohnya seperti *Marchantia polymorpha*

c. Lumut Daun (*Musci*)

Musci atau lumut daun merupakan kelompok tumbuhan tidak berpembuluh dan berkembang biak dengan spora yang termasuk dalam kelas terbesar pada divisi Bryophyta. Kelompok ini sering disebut sebagai lumut sejati karena memiliki struktur tubuh yang relatif lebih lengkap, berupa bagian yang menyerupai akar (rizoid), batang semu, dan daun. Lumut daun mampu tumbuh pada berbagai jenis habitat, seperti tanah terbuka yang mengalami periode

kekeringan, di antara rerumputan, pada batuan, batang dan cabang pohon, serta pada kayu yang telah lapuk. Selain itu, lumut daun juga dapat ditemukan pada tembok semen, di sepanjang saluran irigasi, serta di tepi sungai dan danau. Beberapa jenis lumut daun bahkan mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang kering dalam jangka waktu yang lama, mulai dari beberapa bulan hingga bertahun-tahun, tanpa mengalami kerusakan. Secara morfologis, lumut daun memiliki bagian tubuh yang jelas dapat dibedakan antara batang dan daun, serta dilengkapi dengan rizoid yang berfungsi untuk melekat pada substrat (Yohendri et al., 2021)

4. Morfologi dan Anatomi Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

Tumbuhan lumut ada yang berbentuk tumbuhan kecil dan tegak, seperti lumut daun dan ada juga yang berbentuk lembaran, seperti lumut hati. Lumut secara morfologi memiliki struktur mirip akar yaitu (rizoid) sebagai penyerap air sekaligus berfungsi untuk melekatkan diri pada substrat tanah, bebatuan, atau pepohonan. Bryophyta lebih dikenal dengan lumut sejati karena morfologi tubuhnya yaitu memiliki bagian akar (rhizoid), batang (semu), dan daun serta tidak memiliki organ pengangkut pada organ tubuhnya (Azward et al., 2020)

Lumut adalah kelompok tumbuhan kecil yang termasuk dalam divisi Bryophyta. Tumbuhan lumut memiliki morfologi yang khas dan berbeda dengan tumbuhan berpembuluh seperti tumbuhan berbiji. Talus dari tumbuhan lumut tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati seperti

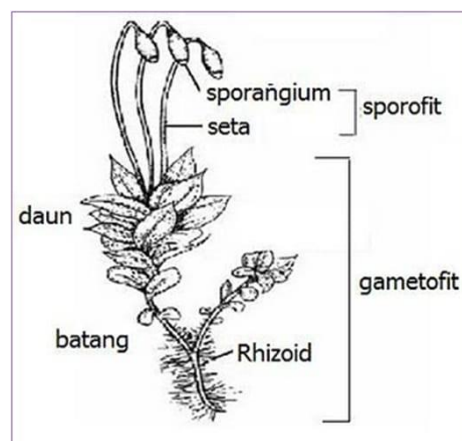
tumbuhan berpembuluh. Tubuh tumbuhan lumut disebut talus, yang terdiri dari jaringan sel yang tidak berdiferensiasi secara khusus. Talus biasanya terdiri dari batang yang merayap atau tegak. Tumbuhan lumut memiliki struktur yang disebut rizoid yang menyerupai akar berfungsi untuk menempel pada substrat dan menyerap air serta nutrisi. Gametofit dari tumbuhan lumut memiliki siklus hidup yang melibatkan dua tahap utama, yaitu tahap gametofit dan tahap sporofit. Tahap gametofit adalah tahap dominan dalam siklus hidup lumut. Gametofit berbentuk talus dan menghasilkan organ reproduksi yang menghasilkan sel reproduksi yang disebut gamet.

a. Lumut Daun (*Musci*)

Ciri-ciri kelas Musci secara morfologi sebagai berikut:

- 1) Memiliki bagian rizhoid, batang, dan daun sehingga disebut lumut sejati. Daun tersusun spiral dengan melingkari batang.
- 2) Tubuh umumnya tegak, berdaun serupa sisik yang rapat, padat, dan memipih atau menumpuk.
- 3) Hidup ditempat yang lembab atau basah, menempel pada tembok, batu, dan pohon yang terlindung dari matahari.
- 4) Berwarna hijau, mempunyai daun yang sederhana, mengandung kloroplas.
- 5) Batang dari lumut daun adalah semu yang tegak dengan lembaran daun yang tersusun spiral, reproduksi vegetatif dengan membentuk kuncup pada cabang batang.

- 6) Gametofit tumbuh tegak
- 7) Perkembangan berasal dari protonema yang terdiri atas benang-benang berwarna hijau, bersifat fototrop, bercabang banyak, pada tiap-tiap protonema hanya akan membentuk gametofora yang terdiri dari batang yang bercabang.
- 8) Sporofit tumbuh pada gametofitnya atau pada tumbuhan lumut itu sendiri, serta bersifat sebagai parasit terhadap gametofit.
- 9) Sporangium mempunyai kaki yang lebar, seta hanya berupa lekukan antara kaki dari kapsul
- 10) Bagian bawah kapsul memiliki stomata untuk proses fotosintesis. Kapsul memiliki kolumela yang pecah oleh gigi-gigi peristom.
- 11) Tangkai (seta) secara perlahan bertambah panjang seiring perkembangan kapsul.
- 12) Alat perkembangbiakan terdiri dari Anteridium (jantan) dan Arkegonium (betina).



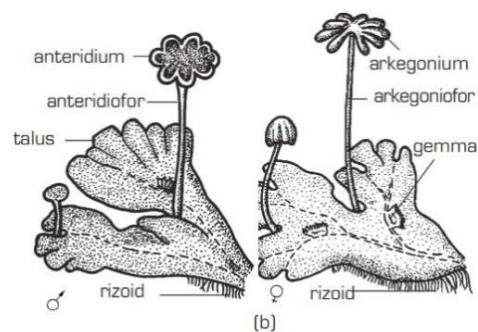
Gambar 2.3 Morfologi Lumut Daun (*Musci*)

(Lukitasari, 2018)

b. Klasifikasi Lumut Hati (*Hepaticae*)

Secara umum, tumbuhan lumut hati memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Gametofit berupa talus yang tidak terdiferensiasi menjadi batang dan daun, sedangkan bagian yang berfungsi seperti akar berupa rizoid.
- 2) Talus gametofit berbentuk pipih dengan susunan dorsiventral.
- 3) Pada permukaan dorsal gametofit terdapat anteridium dan arkegonium yang tersusun dalam struktur menyerupai payung.
- 4) Sporofit berukuran sangat kecil sehingga hampir tidak tampak secara kasat mata (Febriansah et al., 2019)



Gambar 2.4 Morfologi Lumut Hati (*Hepaticae*)

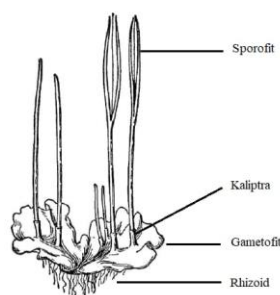
(Ulfa et al., 2023)

c. Lumut Tanduk (*Antheceoptopsida*)

Secara umum lumut tanduk memiliki ciri morfologi sebagai berikut:

- 1) Berbentuk talus (lembaran) yang sederhana, lebar, tipis, sering berlekuk, dan melekat pada substrat lembab.

- 2) Tidak memiliki batang, akar, atau daun sejati (tanpa percabangan dikotomi).
- 3) Melekat pada substrat dengan rizoid berdinding halus, uniseluler, dan tidak berklorofil.
- 4) Sel-sel talusnya umumnya homogen dan setiap sel memiliki satu kloroplas besar dengan pirenoid (badan penimbun pati).
- 5) Pada permukaan bawah talus terdapat stomata (mulut daun) dengan dua sel penutup, mirip tumbuhan berpembuluh.
- 6) Organ kelamin (anteridium dan arkegonium) tertanam di dalam talus. Menjulang dari gametofit, berbentuk kapsul memanjang seperti tanduk atau jarum. Kapsul sporofit berkembang dari zigot dan melekat pada talus melalui kaki (kaki sporogonium).
- 7) Tidak memiliki seta (tangkai) atau seta sangat pendek.
- 8) Saat matang, kapsul akan pecah memanjang dari atas ke bawah (tidak serempak seperti lumut hati) untuk melepaskan spora.
- 9) Terdapat pseudoelater (sel tunggal tidak berdinding tebal) di antara spora yang membantu penyebaran spora.

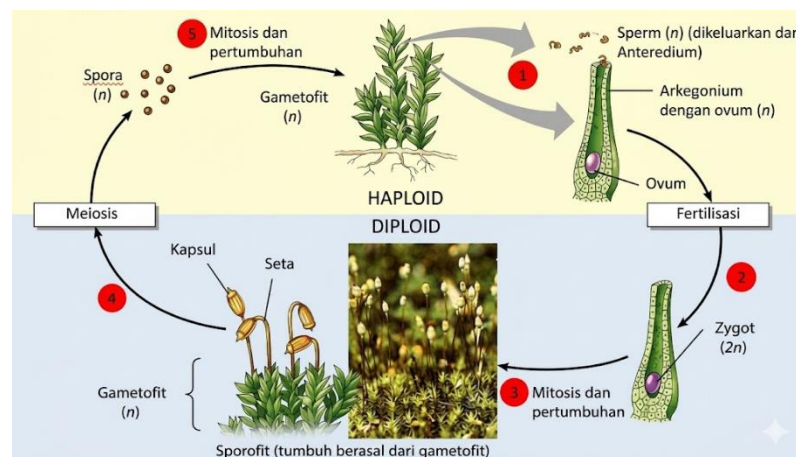


Gambar 2.5 Morfologi Lumut Tanduk (*Antheceroptopsida*)

(Lukitasari, 2018)

5. Reproduksi Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

Tumbuhan lumut (Bryophyta) memiliki pola reproduksi yang khas melalui pergiliran keturunan (metagenesis), yaitu pergantian antara dua fase kehidupan, yakni fase gametofit (haploid, n) dan fase sporofit (diploid, $2n$). Kedua fase ini tidak berdiri sendiri, melainkan membentuk satu siklus hidup yang terintegrasi dan berkesinambungan. Perubahan fase dari haploid ke diploid maupun sebaliknya melibatkan proses pembelahan sel yang spesifik, yaitu mitosis dan meiosis. Peralihan antar generasi ini juga ditandai dengan adanya transformasi morfologi yang kontras antara struktur penghasil gamet dan struktur penghasil spora. Secara visual, tahapan pergiliran keturunan dan keterkaitan morfologi antara kedua fase tersebut disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Daur Hidup Tumbuhan Lumut

(Hasnunidah, 2018)

Pada Bryophyta, fase gametofit merupakan fase yang dominan dan berperan sebagai individu utama, sedangkan fase sporofit tumbuh

menempel dan bergantung secara fisiologis pada gametofit (Riyani et al., 2024).

a. Reproduksi Seksual

Reproduksi seksual (Generatif) pada tumbuhan lumut berlangsung melalui pembentukan organ reproduksi yang disebut gametangium. Gametangium jantan disebut antheridium yang berfungsi menghasilkan sel kelamin jantan berupa spermatozoid (antherozoid), sedangkan gametangium betina disebut archegonium yang menghasilkan sel kelamin betina berupa sel telur (ovum atau oosfer). Kedua gametangium ini umumnya terbentuk pada bagian ujung gametofit, baik pada individu yang sama maupun pada individu yang berbeda tergantung jenis lumutnya.

Proses pembuahan pada Bryophyta sangat bergantung pada keberadaan air. Spermatozoid yang dihasilkan oleh antheridium bergerak secara aktif menuju archegonium melalui lapisan air tipis yang terdapat di permukaan substrat atau tubuh lumut. Ketika spermatozoid berhasil mencapai archegonium, terjadi peleburan antara sel kelamin jantan dan sel telur sehingga terbentuk zigot yang bersifat diploid ($2n$) (Widiyanto, 2020). Zigot kemudian berkembang menjadi embrio dan tumbuh menjadi sporofit. Sporofit pada tumbuhan lumut terdiri atas tiga bagian utama, yaitu kaki (foot) yang berfungsi menyerap nutrisi dari gametofit, tangkai (seta) yang menopang kapsul, dan kapsul atau sporangium yang berfungsi sebagai

tempat pembentukan spora. Sporofit tetap menempel pada gametofit betina selama hidupnya, sehingga sangat bergantung pada gametofit dalam memperoleh air dan nutrisi.

b. Reproduksi Aseksual dan Pembentukan Spora

Selain melalui proses seksual (Vegetatif), tumbuhan lumut juga mampu berkembang biak secara aseksual melalui pembentukan spora. Di dalam kapsul sporofit terdapat jaringan sporogen yang tersusun atas sel induk spora (sporosit). Sel-sel ini mengalami pembelahan meiosis dan menghasilkan spora haploid yang umumnya tersusun dalam bentuk tetrad. Spora yang telah matang akan dilepaskan dari kapsul melalui mekanisme pembukaan operkulum dan peristom, kemudian tersebar ke lingkungan sekitar dengan bantuan angin atau air (Irawati et al., 2023). Spora yang jatuh pada substrat yang sesuai akan mengalami perkecambahan dan membentuk struktur awal berupa protonema. Protonema merupakan tahap awal gametofit yang berbentuk benang-benang halus atau lembaran tipis yang berwarna hijau.

Protonema kemudian akan berdiferensiasi membentuk kuncup-kuncup yang berkembang menjadi gametofit dewasa. Gametofit ini selanjutnya akan membentuk antheridium dan archegonium, sehingga siklus reproduksi lumut berlangsung secara berkesinambungan. Selain melalui spora, beberapa jenis Bryophyta juga dapat memperbanyak diri melalui cara vegetatif, seperti

fragmentasi talus atau pembentukan gemma (Widiyanto, 2020). Bagian tubuh lumut yang terlepas dapat tumbuh menjadi individu baru apabila berada dalam kondisi lingkungan yang sesuai, sehingga mekanisme ini berperan penting dalam mempertahankan populasi lumut di habitat alaminya.

6. Deskripsi Wisata Alam Sumber Nogo Kabupaten Ngawi

Wisata Alam Sumber Naga (Nogo) terletak di Kecamatan Jogorogo, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur. Kawasan ini merupakan sumber mata air alami yang berada di wilayah perbukitan dengan kondisi lingkungan yang masih relatif asri dan alami. Sumber air muncul dari celah bebatuan dan mengalir sepanjang tahun dengan air yang jernih, membentuk aliran kecil yang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar. Area di sekitar sumber didominasi oleh batuan, tanah lembab, serta permukaan tanah yang tidak rata, dengan tutupan vegetasi yang cukup rapat berupa pepohonan dan tumbuhan bawah. Kondisi tersebut menciptakan suasana kawasan yang sejuk dan teduh, dengan intensitas cahaya matahari yang bervariasi akibat adanya naungan vegetasi.



Gambar 2.7 Wisata Alam Sumber Naga (Nogo)

(Dokumentasi Pribadi, 2026)

Secara fisik dan ekologis, kawasan Sumber Nogo memiliki kelembapan udara yang relatif tinggi dan suhu udara yang cenderung sejuk, sehingga membentuk iklimat khas kawasan sumber mata air. Keberadaan bebatuan, aliran air, dan tanah lembab menjadi ciri utama lingkungan di kawasan ini. Meskipun telah dimanfaatkan sebagai destinasi wisata alam, struktur dan kondisi lingkungan Sumber Nogo masih terjaga dengan baik, karena aktivitas wisata yang berlangsung relatif terbatas. Dengan karakteristik tersebut, Sumber Nogo tetap mempertahankan fungsi alaminya sebagai kawasan sumber air dengan kondisi lingkungan yang stabil dan mudah diamati secara langsung.

7. Platform e-Plantasia

Platform e-Plantasia merupakan salah satu inovasi platform digital yang dikembangkan sebagai sumber belajar dalam bidang botani dengan menyediakan database tumbuhan yang komprehensif dan mudah diakses. Platform ini dirancang untuk memetakan dan mengidentifikasi sebaran tumbuhan secara digital, khususnya di wilayah Indonesia seperti Jawa Timur, sehingga mampu memberikan informasi yang kontekstual sesuai dengan potensi lokal. Kehadiran e-Plantasia menjadi solusi atas keterbatasan bahan ajar konvensional yang cenderung berfokus pada teori, sehingga kurang memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan aplikatif. Secara fungsional, e-Plantasia mengintegrasikan teknologi informasi dengan ilmu botani dengan menyajikan data yang tidak hanya mencakup klasifikasi ilmiah, tetapi juga deskripsi morfologi, ekologi, serta

informasi lokasi atau sebaran tumbuhan. Informasi tersebut disusun secara sistematis dan dilengkapi dengan ciri-ciri morfologi seperti bentuk daun, batang, bunga, serta habitat asli, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan proses identifikasi. Selain itu, platform ini memiliki fitur interaktif yang memungkinkan pengguna menelusuri data tumbuhan berdasarkan wilayah, jenis, maupun famili, sehingga eksplorasi keanekaragaman hayati dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien. Melalui pendekatan ini, platform tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan data statis, melainkan juga sebagai panduan praktis yang interaktif saat melakukan pengamatan di lapangan. Integrasi fitur berbasis teknologi ini diharapkan mampu mentransformasi metode pembelajaran botani konvensional menjadi lebih kontekstual dan adaptif terhadap perkembangan era digital.



Gambar 2.8 Platform e-Plantasia

(Dokumentasi Pribadi, 2026)

Pemanfaatan e-Plantasia dalam pembelajaran memberikan berbagai keuntungan, terutama dalam meningkatkan kualitas literasi sains. Penyajian informasi yang visual, terstruktur, dan mudah diakses memungkinkan

pengguna memahami konsep botani secara lebih konkret. Penggunaan teknologi dalam bentuk platform digital seperti e-Plantasia memungkinkan akses yang lebih luas dan merata ke informasi, mengurangi keterbatasan waktu dan tempat dalam proses pembelajaran, serta memfasilitasi pembelajaran berbasis mandiri. Dengan basis data yang terus diperbarui, platform ini juga memberikan pengalaman belajar yang dinamis dan relevan dengan kondisi nyata di lingkungan sekitar. e-Plantasia tidak hanya bermanfaat bagi peserta didik, tetapi juga dapat dimanfaatkan oleh pendidik sebagai sumber referensi dalam proses pembelajaran serta oleh peneliti untuk memperoleh informasi tumbuhan secara cepat dan efisien. Selain itu, kemajuan teknologi memberikan kemudahan bagi peserta didik untuk memperoleh sumber belajar secara langsung melalui internet tanpa harus membeli buku secara konvensional (Baroroh et al., 2024). Dengan penyajian data yang terstruktur dan mudah dipahami, platform ini berpotensi menjadi media pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan ilmiah. Oleh karena itu, pemanfaatan e-Plantasia dalam pembelajaran biologi diharapkan dapat mendorong peserta didik untuk lebih mengenal, mencintai, dan menjaga keanekaragaman tumbuhan, khususnya yang ada di lingkungan sekitar.

8. Literasi Sains

Literasi sains merupakan kemampuan individu dalam memahami konsep dan proses sains serta menerapkan pengetahuan tersebut untuk memecahkan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Menurut

Programme for International Student Assessment (PISA), literasi sains diartikan sebagai kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah, mengidentifikasi pertanyaan, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti-bukti ilmiah untuk memahami fenomena alam dan perubahan yang terjadi akibat aktivitas manusia (Sutrisna, 2021). Di era abad ke-21 yang sarat akan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, literasi sains tidak lagi sekadar kemampuan menghafal formula atau istilah biologi, melainkan sebuah kecakapan berpikir kritis dan bertindak yang melibatkan pemahaman serta penerapan metodologi ilmiah dalam menghadapi berbagai isu sosial, kesehatan, dan mutu lingkungan. Kualitas pendidikan suatu bangsa sangat ditentukan oleh sejauh mana peserta didik mampu merefleksikan pengetahuan sains yang mereka peroleh di dalam kelas untuk merespon lingkungan di luar sekolah secara bijak.

Secara teoritis, literasi sains dikonstruksikan ke dalam empat dimensi utama yang saling berkaitan dan bersifat komprehensif, yaitu dimensi kompetensi atau proses sains, dimensi pengetahuan atau konten sains, dimensi konteks aplikasi sains, dan dimensi sikap sains. Dimensi kompetensi atau proses sains berfokus pada kecakapan kognitif peserta didik yang terdiri dari tiga aspek utama, yaitu kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah secara logis, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah secara metodologis, serta menafsirkan data dan bukti ilmiah secara objektif. Selanjutnya, dimensi pengetahuan sains secara mendalam mencakup tiga ranah pengetahuan yang saling mendukung, yaitu

pengetahuan konten yang berkaitan dengan pemahaman materi biologi itu sendiri, pengetahuan prosedural yang melandasi langkah-langkah identifikasi atau eksperimen, dan pengetahuan epistemik yang merujuk pada pemahaman peserta didik mengenai pembenaran mengapa suatu data ilmiah dapat dinyatakan valid.

Dimensi konteks aplikasi sains yang mengintegrasikan pengetahuan ilmiah peserta didik dengan situasi nyata di sekitarnya, meliputi ranah kesehatan dan penyakit, pengelolaan sumber daya alam, pemeliharaan mutu lingkungan, mitigasi bahaya alam, serta pemahaman terhadap perkembangan mutakhir sains dan teknologi. Dimensi terakhir yang tidak kalah penting adalah dimensi sikap terhadap sains, yang mana dimensi ini merujuk pada regulasi afektif dan respons emosional peserta didik dalam memandang ilmu pengetahuan. Dimensi sikap ini diwujudkan melalui ketertarikan personal untuk terus melakukan pengembangan pengetahuan sains lebih lanjut, motivasi untuk mengejar karir profesional dalam bidang sains, serta komitmen yang kuat untuk menggunakan konsep-konsep dan metode ilmiah dalam memecahkan masalah di kehidupan nyata. Keempat dimensi yang terstruktur dari PISA ini saling mengikat untuk membentuk profil peserta didik yang melek sains secara utuh.

Dalam penelitian implementasi platform e-Plantasia berbasis potensi lokal ini, kelayakan dan efektivitas media dalam memfasilitasi kemampuan berpikir ilmiah peserta didik diukur secara nyata melalui lima aspek yang disusun ke dalam paragraf instrumen angket respon. Aspek

pertama yang diukur adalah kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, yang mana aspek ini menilai kecakapan peserta didik dalam mengenali, menawarkan, dan mengevaluasi penjelasan logis untuk berbagai fenomena alam terkait materi Bryophyta. Melalui deskripsi karakteristik morfologi dan struktur reproduksi yang valid di dalam platform, indikator ini menguji sejauh mana informasi tersebut dapat membantu peserta didik untuk mengidentifikasi ciri fisik dan membedakan kelompok lumut daun, lumut hati, dan lumut tanduk secara tepat.

Aspek kedua dalam instrumen ini difokuskan pada kemampuan menginterpretasi data dan bukti ilmiah, yang merujuk pada kompetensi peserta didik dalam menganalisis data, argumen, serta bukti ilmiah dalam berbagai bentuk penyajian untuk menarik kesimpulan yang valid. Pengukuran aspek ini dilakukan dengan melihat bagaimana peserta didik mampu membaca informasi teks ilmiah pada platform e-Plantasia, lalu mengoprasikannya dengan sajian dokumentasi foto makro asli spesimen Bryophyta kawasan Sumber Nogo guna menyimpulkan karakteristik habitat hidupnya.

Aspek ketiga mengukur kemampuan menggunakan pengetahuan sains, yaitu menilai sejauh mana peserta didik dapat mengaplikasikan teori-teori biologi yang diperoleh dari media untuk memahami hubungan timbal balik yang dinamis antara karakteristik hidup lumut dengan parameter fisikokimia lingkungan tempat tumbuhnya, serta memahami peran ekologis penting Bryophyta dalam menjaga keseimbangan ekosistem hutan. Dua

aspek terakhir dalam instrumen angket respon ini mengulas ranah afektif peserta didik serta kualitas teknis dari media digital yang diimplementasikan di sekolah. Aspek keempat, yaitu sikap terhadap sains, mengevaluasi respons emosional peserta didik setelah melakukan proses pembelajaran mandiri, di mana indikatornya dititikberatkan pada munculnya rasa ingin tahu yang tinggi terhadap ilmu botani, ketertarikan mengeksplorasi informasi ilmiah secara berkelanjutan, serta tumbuhnya kesadaran untuk menjaga kelestarian keanekaragaman hayati lokal. Aspek kelima secara khusus menguji aspek media atau platform guna mengukur kelayakan fungsional dari e-Plantasia sebagai sarana penunjang literasi sains, mencakup tingkat kepraktisan akses platform melalui gawai pribadi, kemudahan navigasi menu kontrol, serta kejelasan tata letak teks dan visualisasi gambar digital yang membantu peserta didik mengkonstruksi pengetahuan secara mandiri dan fleksibel.

Salah satu bidang yang erat kaitannya dengan perkembangan sains dan teknologi adalah pendidikan. Perkembangan tersebut menuntut kemampuan dalam menganalisis berbagai permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari (Azizi, 2022). Oleh karena itu, masyarakat perlu memiliki kemampuan dasar, seperti membaca, menulis, berhitung, serta kemampuan literasi sains (Fadilah et al., 2020). Literasi sains menekankan pentingnya keterampilan berpikir dan bertindak yang melibatkan kemampuan memahami serta menerapkan cara berpikir ilmiah dalam menghadapi berbagai isu sosial. Menurut Pratiwi et al. (2019) Literasi sains

memiliki peranan penting bagi siswa dalam memahami aspek lingkungan, kesehatan, ekonomi, kehidupan sosial modern, dan perkembangan teknologi. Oleh karena itu, pengukuran literasi sains perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan literasi sains siswa. Tingkat literasi sains yang baik diharapkan mampu meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia sehingga dapat bersaing dengan negara lain.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian sebelumnya, salah satunya adalah penelitian oleh (Benita et al., 2024). Penelitian tersebut mampu menemukan identifikasi karakter morfologi dan reproduksi pada Thallophyta dan Bryophyta di lingkungan UIN Sunan Gunung Djati Bandung menunjukkan keanekaragaman spesies yang cukup tinggi. Thallophyta yang ditemukan umumnya memiliki tubuh yang sederhana berupa talus, sedangkan Bryophyta (lumut) memiliki tubuh yang lebih kompleks dengan struktur mirip akar, batang, dan daun. Reproduksi pada kedua kelompok tumbuhan ini menunjukkan adanya pergiliran keturunan (metagenesis).

Penelitian yang kedua yang dijadikan referensi dalam studi ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Riyani et al., 2024). Penelitian ini mengenai reproduksi dan perkembangan Bryophyta pada lumut daun, khususnya *Octoblepharum albidum*, menunjukkan bahwa lumut ini memiliki morfologi khas dengan daun berbentuk tombak dan warna hijau pucat. Lumut ini berkembang biak melalui spora dan memiliki dua alat reproduksi, yaitu anteridium dan arkegonium. Hasil pengamatan mengungkapkan bahwa

Octoblepharum albidum memiliki empat sporangium dengan lebih dari 200 butir spora dalam satu sporangium.

Selain dari penelitian yang sudah disebutkan, referensi ketiga yang ditulis oleh (Nursafiah et al., 2022). Penelitian tersebut menemukan keberadaan Jenis Tumbuhan Lumut yang terdapat di Air Terjun Dwi Sila Ketambe Spesies lumut yang terdapat di Air Terjun Dwi Sila Ketambe sebanyak 13 spesies yaitu: *Fissidens dubius*, *Srytothecia striatathor*, *Thuidium kiesense*, *Marchantia treubii*, *Isopterygium minutirameum*, *Hyophila javanica*, *Hyophila apiculata*, *Barbula indica*, *Philonotis hastata*, *Homalothecium lutescens*, *Etropothecium falciforme*, *Dumortiera hirsuta*, *Marchantia geminata*. Dari 8 famili yaitu: Arthoniaceae, Calymperaceae, Brachytheciaceae, Bartramiaceae, Hypnaceae, Fissidentaceae, Pottiaceae, dan Machatiaceae. Pemanfaatan hasil penelitian tumbuhan lumut (Bryophyta) yang terdapat di Air Terjun dwi sila ketambe kabupaten aceh tenggara sebagai referensi praktikum mata kuliah Botani Tumbuhan Rendah dalam bentuk buku saku dan herbarium.

Selain penelitian yang telah disebutkan, referensi keempat yang berkaitan dengan penelitian ini adalah penelitian yang ditulis oleh (Latifa et al., 2024) dengan hasil penelitian bahwa Jenis-jenis tumbuhan lumut yang terdapat di Kawasan Air Terjun Parapa Desa Tongoa Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi, Sulawesi tengah yaitu 13 jenis yang terdiri dari 11 Famili, 9 Ordo dan 3 Kelas. Berdasarkan sifat hidupnya jenis tumbuhan lumut yang ditemukan terdiri dari 13 spesies tumbuhan lumut epifit dan hasil validasi media terhadap buku saku

oleh dosen ahli dan mahasiswa dinyatakan sangat layak dimanfaatkan sebagai media pembelajaran.

Penelitian selanjutnya oleh Fadilah et al. (2020), yang mengonfirmasi bahwa keterampilan literasi sains peserta didik masih dikategorikan rendah dengan rata-rata pencapaian sebesar 40,5%. Hasil penelitian tersebut mengungkapkan bahwa rendahnya persentase ini dipengaruhi secara signifikan oleh keterbatasan kemampuan peserta didik dalam menganalisis informasi, membangun pemahaman konsep secara mandiri, serta menyelesaikan permasalahan ilmiah yang disajikan dalam instrumen soal. Berdasarkan hasil kajian tersebut, ditegaskan bahwa upaya meningkatkan kemampuan literasi peserta didik, khususnya pada materi-materi konten biologi, sangat memerlukan kehadiran metode pembelajaran yang lebih efektif dan inovatif yang mampu merangsang daya eksplorasi serta rasa ingin tahu peserta didik selama proses belajar.

Terdapat beberapa persamaan dan perbedaan mendasar antara penelitian-penelitian terdahulu tersebut dengan penelitian yang dilaksanakan saat ini. Persamaan utamanya terletak pada penggunaan Bryophyta sebagai objek kajian biologis, serta adanya tujuan untuk mengidentifikasi karakteristik morfologi, struktur anatomi, maupun fase reproduksi tumbuhan lumut. Namun demikian, perbedaan yang signifikan terletak pada wilayah geografis yang dijadikan sebagai lokasi eksplorasi lapangan, di mana penelitian ini difokuskan pada kawasan Wisata Alam Sumber Nogo, Desa Ngrayudan, Kecamatan Jogorogo, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur.

Berdasarkan peta rujukan penelitian relevan di atas, *State of the Art* (kebaruan ilmiah) yang menegaskan posisi dan keaslian penelitian ini di antara kajian-kajian sebelumnya. Penelitian mengenai inventarisasi lumut yang dilakukan oleh Benita et al. (2024), Riyani et al. (2024), Nursafiah et al. (2022), dan (Latifa et al., 2024) secara umum hanya berfokus pada hasil identifikasi taksonomi lapangan yang kemudian dikonversikan menjadi media cetak konvensional seperti buku saku, herbarium fisik, atau sebatas dokumen pelaporan ilmiah. Di sisi lain, penelitian pendidikan oleh Fadilah et al. (2020) menyoroti rendahnya literasi sains peserta didik pada konten biologi dan merekomendasikan perlunya metode belajar yang lebih efektif, namun penelitian tersebut belum menawarkan solusi konkret berupa pemanfaatan media digital berbasis kekayaan alam lokal.

Celah ilmiah (*research gap*) inilah yang diisi oleh peneliti melalui skripsi ini. Kebaruan mutlak dari penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang menggabungkan hasil riset eksplorasi biodiversitas Bryophyta lokal di Wisata Alam Sumber Nogo langsung ke dalam database platform digital e-Plantasia, yang kemudian diimplementasikan secara nyata sebagai media interaktif untuk mendongkrak kemampuan literasi sains peserta didik. Melalui integrasi teknologi dan potensi lokal ini, penelitian ini tidak hanya menghasilkan dokumen inventarisasi flora tingkat rendah yang modern, melainkan juga menyediakan perangkat instruksional digital yang aplikatif untuk menjawab problem rendahnya kompetensi literasi sains pada pembelajaran biologi di sekolah.

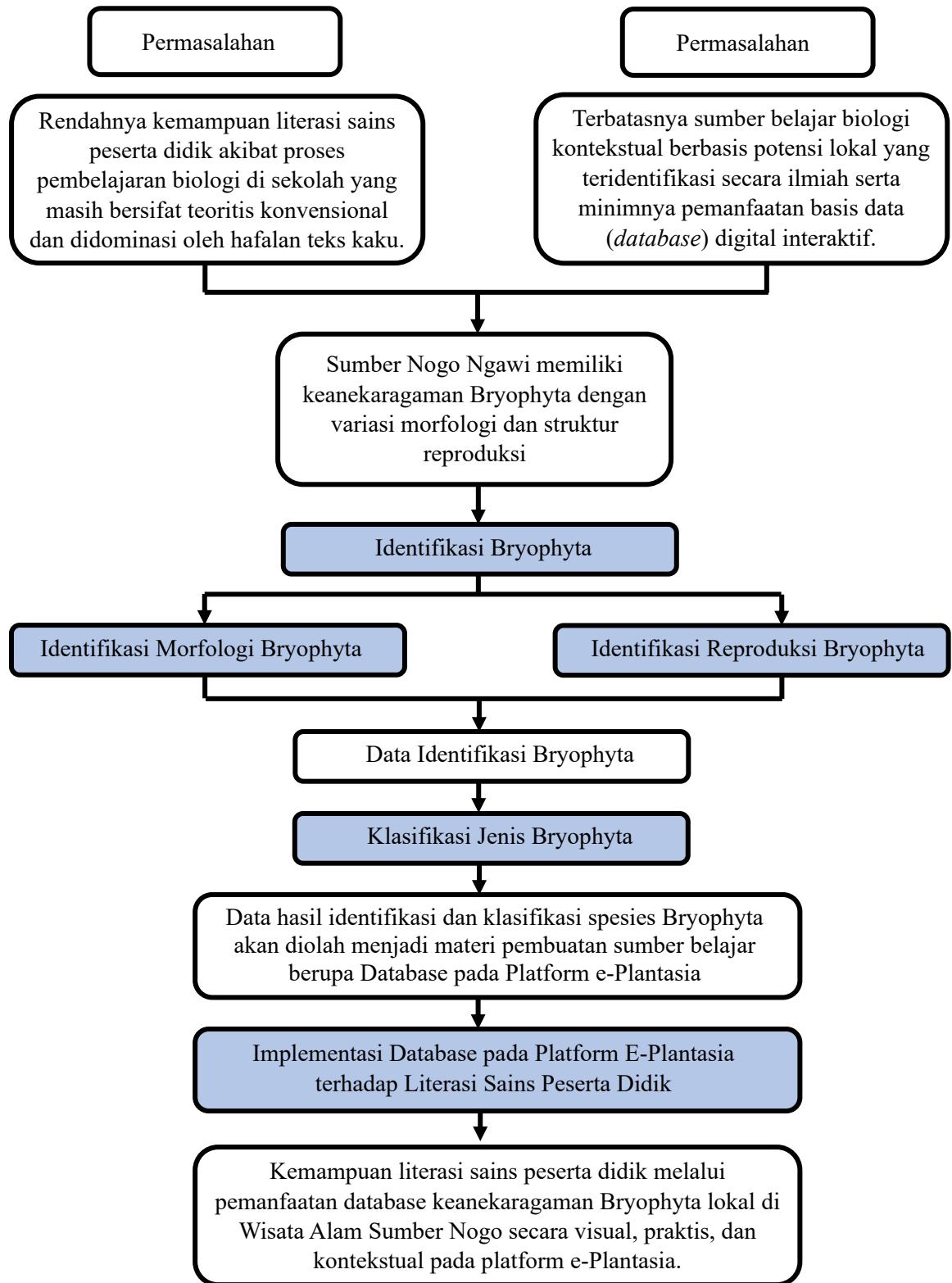
C. Kerangka Berpikir

Identifikasi mengenai tumbuhan lumut (Bryophyta) di suatu lokasi tertentu telah banyak dilakukan dan sering menjadi objek penelitian. Namun demikian, kelompok tumbuhan ini masih kurang mendapat perhatian, padahal Bryophyta memiliki peran ekologis dan potensi edukatif yang penting untuk diketahui oleh masyarakat. Secara umum, tumbuhan lumut relatif mudah ditemukan dan dimanfaatkan sebagai objek pembelajaran apabila dikelola dengan baik, misalnya melalui pengembangan sumber belajar berbasis digital berupa database pada platform e-Plantasia yang memuat informasi hasil identifikasi berbasis potensi lokal.

Jika ditinjau lebih mendalam, peserta didik pada umumnya masih mengalami kesulitan dalam membedakan kelompok-kelompok Bryophyta, seperti lumut daun, lumut hati, dan lumut tanduk. Siswa cenderung menganggap semua tumbuhan lumut sebagai jenis yang sama tanpa memahami perbedaan karakteristik morfologi dan reproduksinya. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap materi Bryophyta masih terbatas, yang salah satunya disebabkan oleh kurangnya sumber belajar yang kontekstual dan mudah dipahami.

Sumber referensi yang membahas ciri morfologi dan reproduksi Bryophyta masih relatif terbatas dan belum banyak memanfaatkan hasil penelitian lapangan secara langsung. Padahal, penelitian mengenai Bryophyta tergolong mudah dilakukan karena tumbuhan ini dapat dijumpai di berbagai habitat yang lembap. Di kawasan Wisata Alam Sumber Nogo, Kecamatan

Jogorogo, Kabupaten Ngawi, misalnya, keberadaan lumut cukup melimpah, namun pemanfaatannya sebagai objek penelitian dan sumber belajar Biologi masih sangat minim. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang untuk melakukan identifikasi Bryophyta yang hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyusunan media pembelajaran berbasis potensi lokal. Adapun kerangka berpikir sebagaimana pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Kerangka Berpikir