

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teoritik Variabel

1. Penelitian dan Pengembangan Media

Penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) merupakan salah satu jenis metode penelitian yang meneliti, merancang, memproduksi dan memvalidasi produk. Secara umum metode penelitian diartikan sebagai cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Metode penelitian dan pengembangan (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan rancangan produk baru, menguji keefektifan atau validitas produk yang telah ada (sehingga menjadi lebih praktis, efektif, dan efisien), serta menggambarkan dan menciptakan produk baru atau yang sebelumnya belum pernah ada (Sugiyono, 2019:2-3). Salah satu model dalam metode penelitian dan pengembangan yaitu, model ADDIE yang merupakan perpanjangan dari *Analysis, Design, Development, Implementation* dan *Evaluation*. *Analysis* terkait analisis kinerja dan analisis kebutuhan sehingga dapat menemukan produk yang perlu dikembangkan. *Design* adalah kegiatan mendesain produk sesuai kebutuhan. *Development* adalah kegiatan pembuatan dan pengujian produk. *Implementation* adalah aktivitas menggunakan produk. *Evaluation* adalah kegiatan yang memperhitungkan apakah setiap langkah kegiatan dan produk yang telah dibuat sudah memenuhi spesifikasi (Sugiyono, 2019:38).

2. Media pembelajaran

Istilah kata media berasal dari bahasa Latin yang merupakan bentuk jamak dari kata “medium”, secara harfiah berarti perantara atau pengantar. Media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat serta kemampuan peserta didik sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi dalam rangka mencapai

tujuan pembelajaran secara efektif. Media pembelajaran diasumsikan sebagai alat komunikasi pembelajaran. Dalam proses komunikasi pembelajaran terdapat komponen-komponen didalamnya, yaitu sumber pesan, pesan, penerima pesan, media dan umpan balik (Namiroh Lubis,2020:42). Dengan demikian, media adalah alat yang digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran Selain itu, penggunaan media dapat membangkitkan motivasi belajar siswa. Hal ini disimpulkan bahwa, media adalah salah satu alternatif yang digunakan oleh guru dalam menyampaikan sebuah materi di depan kelas. Dengan menggunakan media diharapkan memudahkan guru dalam menyampaikan materi kepada peserta didik untuk menerima pelajaran dengan baik dan menyenangkan sehingga memotivasi peserta didik untuk belajar (Fifit Firmadani, 2020: 94-94).

3. Booklet

a. Pengertian *Booklet*

Booklet dapat diartikan sebagai buku yang berukuran relatif kecil yang memuat informasi dan pengetahuan praktis tentang sebuah subjek atau bidang ilmu tertentu (Aisa ,2017). *Booklet* adalah buku berukuran kecil (A5) dan tipis yang terdiri dari 48 halaman bolak balik, berisi tentang tulisan dan gambar-gambar (Hartanti, 2018:2). Istilah *booklet* berasal dari buku dan *leaflet* artinya media *booklet* merupakan perpaduan antara *leaflet* dan sebuah buku dengan format (ukuran) yang kecil yang dijadikan satu. Struktur isi *booklet* menyerupai buku (pendahuluan, isi, penutup), hanya saja cara penyajian isinya jauh lebih singkat dari pada buku.

Booklet merupakan salah satu jenis sumber belajar *by design*. *Booklet* dapat digunakan sebagai media pembelajaran selama sajiannya diturunkan dari kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai oleh siswa, agar tidak terlalu banyak konten didesain hanya memuat satu kompetensi dasar saja (Ahmad Yani, dkk, 2018: 1-4).

Dalam menyusun *booklet* sebagai media, *booklet* setidaknya terdiri dari:

- a) Judul diturunkan dari Kompetensi Dasar (KD) atau materi pokok sesuai dengan besar kecilnya materi.
- b) KD/materi pokok yang akan dicapai, diturunkan dari Kompetensi Inti (KI).
- c) Informasi pendukung dijelaskan secara jelas, padat, menarik, dan memperhatikan penyajian kalimat yang disesuaikan dengan usia dan pengalaman pembaca sehingga kalimat bisa sekomunikatif mungkin agar siswa mudah memahami.
- d) Dalam *booklet* terdapat lebih banyak gambar daripada teks, sehingga tidak terkesan monoton.
- e) Gambar ditampilkan secara nyata misalnya gambar-gambar dalam kehidupan sehari-hari atau yang sudah dikenal oleh peserta didik.
- f) Isi disusun berdasarkan kebutuhan peserta didik.
- g) *Booklet* memuat informasi yang lengkap, walau tidak rinci dan Berurutan

b. Kelebihan dan Kekurangan *Booklet*

Dalam pemanfaatan sebagai media pembelajaran *booklet*, tidak lepas dari kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan antara lain sebagai berikut:

1. Kelebihan media *booklet*
 - a) *Booklet* menggunakan media cetak sehingga biaya yang dikeluarkan lebih murah daripada menggunakan media audio dan visual serta audio visual.
 - b) Mampu memberikan informasi dengan penjelasan yang singkat namun jelas.
 - c) Mudah dibawa kemana-mana
 - d) Tersusun dengan desain yang menarik
2. Kekurangan *booklet* antara lain sebagai berikut:
 - a) Mencetak *booklet* memerlukan waktu yang cukup lama
 - b) Sulit menampilkan gerak pada halaman *booklet*

- c) *Booklet* tidak dapat memuat banyak konten karena keterbatasan jumlah halaman
- d) Membutuhkan tenaga ahli untuk membuat *booklet*
- e) Memerlukan perawatan yang baik agar *booklet* tidak cepat rusak.

b. Unsur-Unsur Booklet

Unsur-unsur pada *booklet* tidak berbeda dari unsur-unsur yang terdapat pada buku. Menurut Sitepu (2012:160) unsur-unsur atau bagianbagian pokok yang secara fisik terdapat dalam buku yaitu :

1. Kulit (cover) dan isi buku

Kulit buku (cover) terbuat dari kertas yang lebih tebal dari kertas isi buku, fungsi dari kulit buku adalah melindungi isi buku. Kulit buku terdiri atas kulit depan atau kulit muka, kulit punggung isi suatu buku apabila lebih dari 100 halaman dijilid dengan lem atau jahit benang tetapi jika buku kurang dari 100 halaman tidak menggunakan kulit punggung. Agar lebih menarik kulit buku didesain dengan menarik seperti pemberian ilustrasi yang sesuai dengan isi buku dan menggunakan nama.

2. Bagian depan (preliminaries)

Bagian depan ini memuat halaman judul, halaman kosong, halaman judul utama, halaman daftar isi dan kata pengantar, setiap nomor halaman depan buku teks menggunakan angka romawi kecil.

3. Bagian teks

Bagian teks memuat bahan yang akan disampaikan kepada siswa, terdiri atas judul bab dan sub judul, setiap bagian dan bab baru dibuat pada halaman berikutnya dan diberi nomor halaman yang diawali dengan angka 1.

4. Bagian belakang

Bagian belakang buku terdiri atas daftar pustaka, glosarium dan indeks, tetapi penggunaan glosarium dan indeks dalam buku hanya

jika buku tersebut banyak menggunakan istilah atau frase yang memiliki arti khusus dan sering digunakan dalam buku tersebut.

Adapun secara lebih spesifik Prastowo (2014:380) menyatakan bahwa dalam menyusun sebuah *booklet* sebagai media, *booklet* setidaknya mencakup:

1. Judul diturunkan dari Kompetensi Dasar (KD) atau materi pokok sesuai dengan besar kecilnya materi.
2. KD/materi pokok yang akan dicapai, diturunkan dari Standar Isi (SI) dan Standar Kompetensi Lulusan (SKL).
3. Informasi pendukung dijelaskan secara jelas, padat, menarik memperhatikan penyajian kalimat yang disesuaikan dengan usia dan pengalaman pembaca.
4. Pada *booklet* terdapat lebih banyak gambar daripada teks, sehingga tidak terkesan monoton.
5. Gambar ditampilkan secara nyata yaitu gambar-gambar yang sudah dikenal oleh peserta didik.
6. Isi disusun berdasarkan kebutuhan peserta didik.

4. Sumber Belajar

Proses belajar mengajar membutuhkan interaksi yang baik antara pendidik dan peserta didik yang bertujuan untuk mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran menggambarkan kompetensi yang perlu dikuasai peserta didik dan bagaimana mencapai kompetensi tersebut. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mencapai tujuan pembelajaran adalah dengan menciptakan sumber belajar yang sesuai dengan kompetensi dan karakteristik peserta didik yang ingin dicapai (Wijarini,2020:130-137). Jenis sumber belajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran diantaranya, media cetak seperti buku, majalah, artikel, dan saat ini berkembang pula berbagai media elektronik modern, selain media cetak dan elektronik menggunakan alam sekitar (lingkungan) sebagai sumber belajar dapat menjadi alternatif (Permendikbud No. 65 Tahun 2013).

Dalam kegiatan proses pembelajaran, ketersediaan sumber belajar untuk mata pelajaran tertentu sangat penting diperhatikan secara bersama-sama. Sumber belajar merupakan salah satu aspek utama pendidikan dan harus tersedia, terjangkau dan berkualitas tinggi. Selain itu, sumber belajar harus relevan dengan kebutuhan peserta didik dan dapat diakses oleh semua yang membutuhkannya. Salah satu cara untuk mencapainya adalah dengan menggunakan media pembelajaran sebagai sumber belajar (Ngibad, Dkk 2020: 13-18).

5. Inventarisasi

Inventarisasi merupakan kegiatan pengumpulan, penyusunan data dan fakta mengenai sumber daya alam yang digunakan untuk perencanaan pengolahan sumber daya tersebut (Febriansah,2019:612). Kegiatan inventarisasi ini diharapkan dapat mengungkap potensi dan informasi yang dapat digunakan sebagai acuan untuk mengenalkan jenis-jenis tumbuhan bawah seperti lumut. Dalam hal ini inventarisasi yang dimaksud peneliti ialah proses pencatatan dan pengumpulan data jenis tumbuhan lumut dengan metode jelajah alam yang ada di hutan kawasan Wisata Gunung Adan, Desa Sekida, Kecamatan Jagoi Babang, Kabupaten Bengkayang.

6. Hutan kawasan Wisata Gunung Adan

Kawasan wisata gunung Adan terletak di Desa Sekida, Kecamatan Jagoi Babang, Kabupaten Bengkayang. Daya Tarik dari Kawasan ini terletak pada karakteristik pemandangan gunung-gunung , serta dikelilingi pepohonan yang rindang. Meskipun telah dikembangkan menjadi Kawasan wisata gunung Adan, namun masih dapat ditemukan beberapa spesies lumut (*Bryophyta*) yang tumbuh di bebatuan atau pepohonan. Keberadaan lumut ini sangat penting bagi ekosistem hutan yang ada disekitar gunung tersebut. Hal ini disebabkan, lumut bukan hanya berperan dalam menjaga keseimbangan tanah melainkan juga sebagai habitat bagi beberapa jenis mikroorganisme, sekaligus menjadi bioindikator perubahan lingkungan. Mengingat pentingnya peranan lumut bagi ekosistem wisata di gunung Adan.

7. Materi Tumbuhan Lumut (*Bryophyta*)

Tumbuhan lumut atau *Bryophyta* merupakan anggota divisi dari tumbuhan tingkat rendah. *Bryophyta* berasal dari kata *bryon* artinya lumut dan *phyton* berarti basah atau lembap, jika digabungkan maka artinya menjadi tumbuhan yang hidup ditempat basah atau lembap. Secara umum, tumbuhan lumut memiliki bentuk dan struktur tubuh rendah dengan tinggi yang hanya beberapa milimeter dari permukaan tanah (Marheny Lukitasari, 2018: 5) . Tumbuhan yang tingkatannya lebih tinggi dari *thallophyta* ini masih ada yang menganggapnya sebagai tumbuhan bertalus, meskipun morfologinya seringkali telah menunjukkan organisme yang lebih tinggi. Bentuk tubuhnya merupakan peralihan dari tumbuhan talus ke tumbuhan kormus. Tumbuhan lumut memiliki warna hijau karena telah memiliki klorofil a dan b, mayoritas dari mereka hidup didaratan dan sel-sel dari tumbuhan ini telah mempunyai dinding yang terdiri dari selulosa. Tumbuhan lumut (*Bryophyta*) dapat dikatakan memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi dalam dunia tumbuhan. Lumut menduduki tempat kedua setelah tumbuhan berbunga dalam kerajaan Plantae. Lumut memiliki tingkat ketahanan terhadap lingkungan yang berbeda tiap spesiesnya. Pengaruh yang dapat langsung dirasakan dari adanya perbedaan toleransi lingkungan tersebut diantaranya dapat dilihat dari tingkat adaptasi, pola penyebaran, serta komposisi jenis tumbuhan lumut (Firman Firdaus, 2020:11)

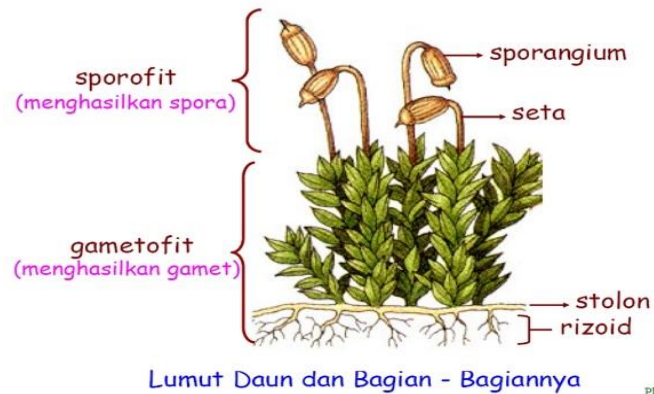
Bentuk tumbuhan lumut yang kecil seringkali tidak mendapat perhatian, namun tumbuhan ini mempunyai kompleksitas organ yang unik. Tujuan dari kompleksitas ini adalah untuk menunjang organ-organ dari tumbuhan lumut agar dapat berfungsi secara maksimal dalam memproduksi kebutuhan hidup. Semua jenis *bryophyta* mempunyai struktur tubuh seperti tumbuhan rendah yang lain, mereka tidak mempunyai akar, batang, dan daun yang sempurna. Tumbuhan ini tidak memproduksi bunga dan biji untuk meneruskan keturunannya, serta tidak memiliki jaringan pengangkut xylem dan floem. Tumbuhan lumut mempunyai organ yang strukturnya mirip seperti akar dan berfungsi untuk kegiatan absorpsi, mengangkut

nutrisi juga air untuk kelangsungan hidupnya. Habitat dari *bryophyta* amat beragam, mereka dapat ditemukan diatas permukaan tanah, menempel dibebatuan, pada pohon-pohon besar, dan seringkali kita jumpai dikayu yang telah lapuk. Tumbuhan lumut dapat hidup dengan baik didaerah yang memiliki kelembapan tinggi. Kemampuan hidup yang tinggi inilah yang membuat *bryophyta* seringkali disebut sebagai tumbuhan pioneer, karena *bryophyta* akan mengawali kehidupan didaerah yang tandus dan kemudian akan diikuti oleh berbagai jenis tumbuhan lain dikawasan tersebut (Marheny Lukitasari, 2018:5).

1. Morfologi Tumbuhan Lumut

a. Akar

Akar merupakan bagian dari tumbuhan yang memiliki peranan penting, organ ini berguna sebagai penyokong agar tumbuhan dapat tetap berdiri tegak. Fungsi akar juga sebagai sebagai penyerap nutrisi serta air dari dalam tanah agar dapat melangsungkan proses kehidupan. Akar tumbuhan lumut bukanlah akar sejati, melainkan berupa akar rhizoid yang tumbuh dari talus fase gametofit dengan selapis sel dan kadang terdapat sekat yang tidak sempurna. Rhizoid pada tumbuhan lumut berbentuk seperti benang dan digunakan sebagai pelekat pada substrat tempat mereka hidup dapat berupa batuan, pohon, kayu lapuk, serta diatas permukaan tanah dan juga berfungsi untuk menyerap garam-garam mineral (Najmi Indah, 2009:47).



Gambar 2.1 Struktur tubuh tumbuhan lumut.

<http://repository.unpas.ac.id/49057/6/BAB%20II..pdf>

Rhizoid dari beberapa jenis lumut hati membentuk cakram ataupun menyatu dengan partikel padat sehingga dapat melekat kuat pada substrat tempatnya hidup. Pada ujung rhizoid lumut ditemukan percabangan dan adanya respon thigmotropic yaitu tumbuh lurus dan setelah menemukan objek maka cabang rhizoid akan melingkar disekitar objek didalam substrat. Lumut yang tumbuh disubstrat yang keras memiliki rhizoid lebih banyak dan bercabang. Rhizoid dapat menempel pada substrat karena memproduksi zat perekat yang terdiri dari polisakarida non-selulosa.

a. Batang

Tumbuhan lumut hanya dapat tumbuh memanjang dan tidak membesar, hal ini karena titik tumbuh hanya terdapat diujung batang dengan sebuah sel pemula dipucuknya. Sel pemula ini biasanya berbentuk bidang empat (tetrad) yang membentuk sel-sel baru ke tiga arah sesuai dengan sisinya. Irisan melintang dari batang tumbuhan lumut akan memperlihatkan susunan seperti berikut :

- 1) Selapis sel kulit, dari sel ini beberapa diantaranya membentuk rhizoid.
- 2) Lapisan kulit dalam atau korteks, dan Silinder pusat, yang terdiri atas sel-sel parenkim yang memanjang dan berfungsi untuk mengangkut air dan garam-garam mineral hasil penyerapan oleh

rhizoid karena tumbuhan lumut belum mempunyai jaringan pengangkut xilem dan floem (Najmi Indah, 2009:47).

b. Daun

Struktur tubuh lumut yang bentuknya menyerupai daun yang belum sempurna dan umumnya memiliki tebal satu lapis sel, kecuali ibu tulang daun yang memiliki tebal beberapa lapis sel. Struktur daun ini memiliki bentuk yang kecil, sempit, dan memanjang serta mengandung kloroplas yang tersusun seperti jala. Diantara kloroplas ini terdapat sel-sel yang telah mati dan membesar karena penebalan dinding dalamnya dan berbentuk spiral. Sel-sel mati ini berfungsi sebagai tempat menyimpan persediaan air dan cadangan makanan (Najmi Indah, 2009:48). Daun pada tumbuhan lumut memiliki bentuk bervariasi ada yang oval, lanset, dengan ujung yang tumpul dan lancip serta tepi daun yang bergerigi, gelombang, dan rata.

c. Sporofit

Tumbuhan lumut memiliki 2 fase dalam hidupnya dan mengalami metagenesis atau pergiliran keturunan antara fase gametofit dan fase sporofit. Sporofit merupakan fase tumbuhan lumut menghasilkan spora. Sporofit terdiri dari vaginula yang merupakan kaki dan dilindungi oleh sisa arkegonium. Selain itu, terdapat seta atau tangkai spora dengan ujung seta yang membesar merupakan peralihan dari tangkai dan sporangium, serta terdapat kaliptra atau tudung yang berasal dari arkegonium sebelah atas. Kaliptra mempunyai struktur kutikula yang menutupi bagian ujung atas dari sporofit yang berfungsi melindungi jaringan muda yang baru terbentuk. Kutikula pada kaliptra lebih tebal dibandingkan dengan kutikula pada organ tumbuhan lumut yang lain seperti gametofit dan sporofit yang berdaun (Marheny Lukitasari, 2018: 39).

d. Gametofit

Gametofit pada tumbuhan lumut merupakan tanaman fotosintetik yang biasanya melekat pada substratnya dengan

perantara rhizoids. Pada lumut hati, gametofit umumnya berdaun, sedangkan pada lumut tanduk memiliki bentuk berupa talus. Gametofit pada tumbuhan lumut biasanya berukuran kecil, bervariasi mulai dari kurang dari 1 milimeter hingga mencapai 20 cm, bahkan pada beberapa jenis lumut akuatik (*Fontinalis*) memiliki gametofit yang panjangnya bisa mencapai hampir 1 meter . Pada fase ini merupakan generasi yang menghasilkan sperma atau ovum (Najmi Indah, 2009:48). Gametofit akan membentuk anteridium dan arkegonium untuk melakukan reproduksi seksual. Lumut mempunyai anteridium (sel kelamin jantan) berbentuk seperti gada yang menghasilkan sperma dan arkegonium (sel kelamin betina) berbentuk seperti botol yang berperan menghasilkan ovum. Gametofit pada lumut daun terdiri atas tiga fase yang pertama seperti benang yang disebut protonema, kemudian protonema membentuk masa sel berukuran kecil yang disebut kuncup dan salah satu sel akan berkembang menjadi batang, dan setiap kuncup akan membentuk tumbuhan gametofit dewasa berupa tumbuhan kecil tegak di atas tanah dengan daun yang tersusun spiral mengelilingi batang.

e. Habitat

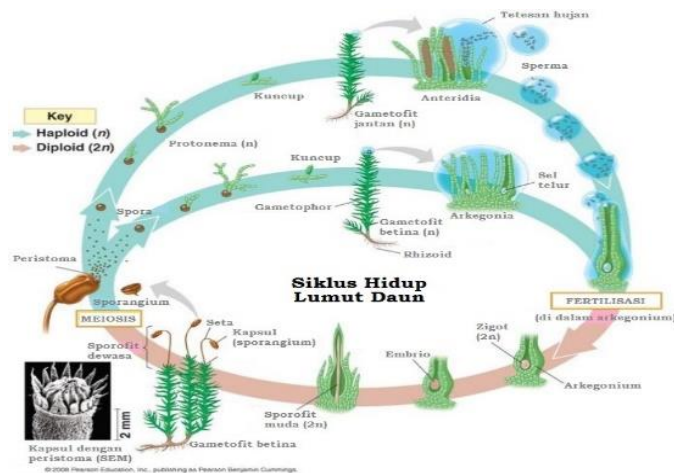
Tumbuhan lumut memiliki habitat yang sangat beragam, mereka dapat hidup dipermukaan tanah, bebatuan dan menempel dipohonan. Karena kemampuan hidup yang istimewa inilah seringkali lumut disebut sebagai tumbuhan pioneer, karena setelah lumut mengawali kehidupan pada permukaan yang tandus, maka akan diikuti oleh beragam jenis tumbuhan lain yang hidup dikawasan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa lumut memiliki peran yang sangat penting dalam suatu ekosistem. Hampir semua jenis tumbuhan ini merupakan tumbuhan darat (terrestrial), walaupun kebanyakan jenisnya masih menyukai tempat-tempat yang basah dan

ada beberapa jenis yang hidup didalam air (Marheny Lukitasari, 2018:3).

2. Siklus hidup tumbuhan lumut

Siklus hidup tumbuhan lumut menunjukkan pergiliran generasi antara gametofit yaitu individu multiseluler dengan sel-sel yang haploid dan sporofit dengan individu multiseluler sel-sel yang diploid. Gametofit menghasilkan gamet haploid yang akan menyatu dan membentuk zigot, kemudian zigot akan berkembang menjadi sporofit yang diploid. Pergiliran keturunan atau metagenesis ini akan berlangsung secara terus menerus untuk menunjang proses reproduksi selama tumbuhan lumut hidup. Generasi gametofit pada tumbuhan lumut meliputi rhizoid, batang dan daun. Pada ujung batang biasanya akan dihasilkan arkegonium atau alat reproduksi betina dan antheredium atau alat reproduksi jantan. Jika telah terjadi peleburan antara sperma dari antheredium dan ovum dari arkegonium maka akan terbentuk zigot dan membelah serta berkembang membentuk generasi sporofit yang terdiri dari seta, kapsul (peristome, annulus, operculum) dan kaliptra .

Didalam kapsul, sel-sel induk spora (sporosit) berpisah secara meiosis, yang umumnya berasal dari tetrad spora haploid. Setelah matang, spora akan dikeluarkan dari kapsul (sporangium) dan menyebar lewat bantuan angin. Spora yang terjatuh pada tempat yang cocok akan mengalami perkecambahan dan membentuk struktur yang disebut protonema. Protonema ini akan berdiferensiasi menjadi kloronema atau sel-sel yang mempunyai banyak kloroplas dan dinding transversus, caulonema atau sel-sel dengan kloroplas berbentuk jarum dan dinding transversal miring, dan rhizoid atau sel-sel coklat yang tidak memiliki kloroplas dengan dinding melintang yang miring yang selanjutnya akan tumbuhan lumut baru. Generasi gametofit ($2n$) dan generasi sporofit (n) akan bergabung menjadi satu struktur tubuh bryophyta dengan gametofit dibagian bawah dan sporofit dibagian atas.



Gambar 2.2 Siklus Hidup Tumbuhan Lumut

3. Klasifikasi Tumbuhan Lumut

Tumbuhan lumut atau *bryophyta* merupakan kelompok tumbuhan yang masuk dalam klasifikasi tumbuhan rendah bersama dengan paku-pakuan atau *pteridophyta*. Tumbuhan lumut dibagi menjadi 3 kelas yakni *Hepaticopsida* atau lumut hati, *Anthocerotopsida* atau lumut tanduk, dan *Bryopsida* atau *Musci* atau sering disebut juga lumut daun. Tiga kelas ini memiliki ciri khas yang sangat mencolok sehingga dapat dengan mudah dibedakan dengan tumbuhan vaskuler atau tumbuhan berpembuluh. Sebagian besar dari tumbuhan lumut tidak memiliki jaringan pembuluh sehingga dikategorikan kedalam kelompok tumbuhan nonvaskuler.

a. Tumbuhan Lumut Hati (*Hepaticopsida*)

Nama lumut hati mengacu pada gametofitnya yang berbentuk seperti hati. Pada lumut hati, proses identifikasi dapat terbantu melalui penentuan bentuk gametofit, anatomi internal, isi sel pada talus, serta posisi organ reproduksi dan struktur yang melindunginya. Lumut hati memiliki sporangium yang dilengkapi kaki pendukung yang disebut seta dan dilindungi oleh struktur yang disebut elater. Organ reproduksi lumut hati biasanya terletak dibagian permukaan dan dilindungi oleh struktur uniseluler yang

mirip seperti rhizoid. Saat sporangium matang, seta akan menegang karena tekanan dari air yang berada dalam sel-selnya dan mendorong spora keluar dari sporangium. Sporangium pecah elater pelindung membuka karena dipicu oleh udara yang kering sehingga spora dapat keluar. Lumut hati juga memiliki gametofit dengan daun dalam dua atau tiga baris. Daun dari lumut hati sering berlubang dan tidak berpelepah, hanya terdiri dari satu sel yang menebal. Tumbuhan lumut hati dapat hidup dengan baik di habitat yang tanahnya mengandung mineral serta lembap seperti diperbukitan ataupun lereng gunung, terutama didasar hutan yang lebat.

a) Ciri-ciri Tumbuhan Lumut Hati

1. Talus gametofit tidak dapat dibedakan antara struktur batang dan daun sedangkan akarnya berupa rizoid.
2. Talus gametofit berbentuk pipih dorsiventral.
3. Pada permukaan dorsal gametofit dibentuk anteridium dan arkegonium yang bentuknya seperti payung.
4. Talus sporofitnya berukuran sangat kecil, sehingga hampir tidak terlihat.



Gambar 2.3 *Machantia polymorpha*

b) Klasifikasi Lumut Hati

Hepaticopsida dibedakan menjadi 2 kelompok yakni bangsa *Marchantiales* (lumut hati yang memiliki talus) dan bangsa *Jungermaniales* (lumut hati yang memiliki daun).

1. Bangsa *Jungermaniales*

Ciri dari lumut hati yang masuk golongan bangsa ini yaitu talusnya yang berukuran kecil, hidup diatas permukaan tanah, dan epifit di pepohonan. Talus berbentuk seperti pita, sempit dan menggarpu. Bangsa ini lebih tampak bagian-bagian tubuhnya seperti batang yang bercabang. Pada bagian batang terdapat dua baris daun berukuran kecil yang tersusun agak miring. Daun pada tumbuhan kelompok ini sudah memiliki ibu tulang daun namun belum memiliki jaringan pengangkut (M Tajudin Al Fajri, 2019:15). Contohnya *Calobryum blumei*, *Calobryum mnioides*.

2. Bangsa *Marchantiales*

Lumut hati anggota kelompok ini memiliki susunan talus yang rumit. Pada bagian bawah talus terdapat sisik perut dari selapis sel-sel yang menyerupai daun. Selain itu juga terdapat dinding sel yang mengalami penebalan kearah dalam membentuk sekat-sekat yang tidak sempurna, rhizoidnya bersifat fototrof negatif. Permukaan talusnya dilapisi kutikula sehingga tidak memungkinkan untuk dilalui air. Pada saat dilihat dari atas, bentuk talusnya menyerupai petak-petak dan disetiap petaknya terdapat ruang udara yang dilengkapi dengan tiang untuk menghubungkan ruang udara dengan bagian luar. Contoh tumbuhan ini adalah *Marchantia stremanii* dan *Ricardia multifida*.

b. Tumbuhan Lumut Tanduk (*Anthocerotopsida*)

Tumbuhan lumut tanduk memiliki struktur tubuh dengan ciri yang khas yaitu adanya sporofit yang berbentuk seperti tanduk,

dengan organ reproduksi yang tumbuh diatas gametofit yang masih seperti talus. Pada perkembangbiakannya lumut tanduk mengeluarkan spora secara terus menerus dari sporangium untuk dapat berkembang menjadi tumbuhan lumut yang baru. Struktur talus pada lumut tanduk menjadi hal penting untuk klasifikasi. Sporofit dan struktur silinder steril yang merupakan bentuk spesifik dari lumut tanduk juga dapat memudahkan pengklasifikasian (Marheny Lukitasari, 2018:15).

Proses perkembangbiakan pada lumut tanduk hampir sama seperti lumut hati, lumut tanduk hanya memiliki satu kloroplas. Perbedaannya hanya pada sporofitnya saja. Lumut tanduk memiliki satu kloroplas yang berukuran besar, sporofitnya juga berukuran paling besar diantara tumbuhan lumut jenis lain. Habitat tumbuhan lumut tanduk umumnya pada tanah yang lembap yang mengandung mineral seperti di bukit atau di lereng gunung. Gametofit dewasa akan membentuk anteridium dan arkegonium dan akan terkumpul pada lekukan dibagian atas talus.

Proses reproduksi generatifnya diawali dengan zigot yang membelah menjadi dua sel dan dipisah oleh satu dinding melintang. Sel bagian atas akan membelah secara terus-menerus dan akan menjadi sporogonium. Sel bagian bawah membelah dan akan menjadi akar sebagai alat penghisap. Kemudian, sporogonium dewasa akan pecah dan menghasilkan deretan sel-sel mandul dan membentuk jaringan yang biasa disebut kolumila yang diselubungi arkespora. Arkespora ini merupakan jaringan yang akan menghasilkan spora (M Tajudin Al Fajri, 2019:16). Contoh tumbuhan lumut tanduk adalah *Anthoceros laevis*.



Gambar 2.4 *Anthoceros laevis*

<https://www.pengertianku.net/2023/04/ciri-ciri-lumut-tanduk-pengertian-dan-habitatnya.html>

c. Tumbuhan Lumut Daun (*Bryopsida*)

Lumut daun (*bryopsida*) memiliki hubungan kekerabatan yang cukup dekat dengan ganggang hijau dan diprediksikan keduanya memiliki hubungan filogeni yang dekat. Bryophyta merupakan bagian dasar dari pohon filogenik untuk tumbuhan yang ada di wilayah daratan, dengan struktur tubuh dengan fase gametofit dan sporofit yang berumur pendek. *Bryophyta* memiliki tahapan seksual (gametofit) pada siklus hidupnya dan tahapan sporofit dengan organ penghasil spora (sporangium) yang biasanya akan menjadi parasite pada bagian gametofitnya. Spora yang ada di dalam sporangium akan dikeluarkan ke udara setelah matang. Identifikasi *bryophyta* dilakukan dengan menggunakan karakteristik gametofit dan sporofit. Menggunakan bahan sporofitik lumut yang hidup sangat membantu identifikasi, meskipun mungkin untuk mengidentifikasi bryofita dapat juga dengan mengamati spesimen kering yang tidak hidup. Pengamatan secara mikroskopis seperti bentuk, detail sel, posisi dan pola bercabang dari rhizoid, juga penting untuk tujuan klasifikasi. Namun memang dibutuhkan pengalaman untuk melakukan identifikasi bryophytes hingga ke tingkat genus dan spesies setelah proses pengamatan secara detail. Pada dasarnya pengamatan terhadap struktur bryofita yang lebih besar dan lebih khas, akan menjadikan proses

identifikasi sering lebih cepat dibandingkan dengan bentuk lumut yang lebih kecil.

Kelas lumut daun atau *bryopsida* memiliki jumlah yang paling besar diantara kelas-kelas yang lain. *Musci* dikenal sebagai lumut sejati karena bentuk tubuhnya yang kecil, memiliki bagian menyerupai akar rhizoid, batang semu, dan daun. Lumut yang dapat tumbuh tegak ini mempunyai 12.000 jenis (spesies) dan tersebar hampir diseluruh dunia. Lumut daun memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut :

1. Mempunyai akar rhizoid, batang dan daun. Daun tersusun spiral dan melingkari batang.
2. Tubuh tegak, berupa thalus, berdaun seperti sisik yang rapat, pipih, dan menumpuk.
3. Dapat hidup ditempat yang lembap dan kering, substrat berupa batuan, permukaan tanah, tembok, dan pepohonan yang terlindung dari matahari.
4. Berwarna hijau dan daun mengandung kloroplas
5. Gametofit tegak dengan batang semu dan lembaran daun, reproduksi vegetatif membentuk kuncup pada cabang batang.
6. Antheridium dan arkegonium dibentuk pada ujung gametofit diantara daun, arkegonium yang telah dibuahi kemudian tumbuh sporofit.
7. Sporofit tumbuh pada tumbuhan lumut itu sendiri dan menumpang diujung batang.
8. Memiliki alat reproduksi jantan (antheridium) dan alat reproduksi betina (arkegonium).

Tumbuhan lumut daun mempunyai tiga bangsa yaitu *Andreaeales*, *Sphagnales*, dan *Bryales*. Bangsa *Andreaeales* hanya memiliki satu suku yakni *Andreaeaceae* dengan marga *Andreaea*. *Sphagnales* atau biasa dikenal dengan lumut gambut adalah bangsa yang juga memiliki satu suku yaitu *Sphagnaceae* dengan marga

Sphagnum. Sedangkan bangsa *Bryales* mencakup sebagian besar lumut daun yang sering dijumpai karena *Bryales* merupakan bangsa yang anggotanya paling besar.

1. Bangsa *Andreaeales*

a. Suku *Andreaeaceae*

Tumbuhan dengan gametofit berbentuk pita yang bercabang-cabang. Kapsul spora mula mula diselubungi oleh kaliptra yang berbentuk seperti tudung. Jika sudah masak maka katup akan terpecah menjadi 4. Kolumela diselubungi oleh jaringan sporogen . Contohnya adalah *Andreaea pterophila*, *Andreaea rupestris*, dengan sporangonium dan kaliptra yang terlepas.



Gambar 2.5 *Andreaea rupestris*

<https://bibitbunga.com/jenis-lumut-dan-gambarnya/>

2. Bangsa *Sphagnales*

a. Suku *Sphagnaceae*

Marga ini meliputi sejumlah besar jenis lumut yang kebanyakan hidup ditempat yang berawa dan membentuk rumpun atau bantalan, yang dari atas tiap tahun tampak bertambah luas, sedang bagian-bagian bawah yang ada dalam air mati dan berubah menjadi gambut. Protonema tidak berbentuk benang, melainkan merupakan suatu badan berbentuk daun kecil, tepinya bertoreh-toreh dan hanya terdiri atas selapis sel saja. Batangnya banyak bercabang,

cabangcabang yang muda tumbuh tegak dan membentuk roset pada ujung batangnya. Daun-daun yang sudah tua terkulai dan menjadi pembalut bagian bawah batang. Suatu cabang di bawah puncak tumbuh sama cepat dengan induk batang, sehingga kelihatan seperti batang lumut yang bercabang menggarpu. Karena batang dari bawah akan mati sedikit demi sedikit, maka cabang akhirnya merupakan tumbuhan yang terpisah-pisah.

Kulit batang *Sphagnum* terdiri atas selapis sel-sel yang telah mati dan kosong. Jaringan kulit bersifat seperti spon, dapat menghisap banyak air. Dinding-dinding yang membujur maupun yang melintang mempunyai liang-liang yang bulat, juga dalam daunnya terdapat sel-sel yang menebal berbentuk cincin atau spiral dan merupakan idioblas diantara sel-sel lainnya yang membentuk susunan seperti jala, terdiri atas sel-sel hidup, berbentuk panjang dan banyak mengandung klorofil. Susunan yang merupakan aparat kapilar itu berguna untuk memenuhi keperluan akan air dan garam makanan.

Cabang-cabang batang ada yang mempunyai bentuk dan warna khusus, yaitu cabang yang menjadi pendukung alat-alat kelamin. Cabang-cabang betina mempunyai antheridium yang bulat dan bertangkai di ketiak daunnya. Cabang pendukung arkegonium itu tidak mempunyai sel pemulua yang berbentuk limas pada ujungnya, jadi seperti lumut hati, dan berbeda dengan lumut daun umumnya. tumbuhan yang masuk kebangsa ini adalah lumut gambut ialah *Sphagnum fimbriatum*, *Sphagnum squarrosum*, dan *Sphagnum acutifolium* (Hasannudin, 2014:122-123).



Gambar 2.6 *Spaghnum fimbriatum*

<http://fadliqnoze.blogspot.com/2011/10/sphagnum-sp.html>

3. Bangsa *Bryales*

Bangsa ini sebagian besar anggotanya merupakan lumut daun. Anggotanya memiliki kapsul spora yang telah mengalami diferensiasi yang maju. Sporangium memiliki tangkai yang disebut seta yang tumbuh di atas generasi gametofit. Kapsul spora memiliki ruang-ruang terpisah untuk spora dan dipisah oleh jaringan kolumela, terdapat tutup dibagian atas kapsul spora disebut operculum yang tepinya dilingkari cincin. Cincin ini mengandung lendir sehingga dapat membuatnya mengembang sehingga operculum dapat terbuka.

Pada anggota *Bryales* terdapat organ dibawah operculum berupa gigi-gigi yang menutupi lubang spora disebut peristom. Gigi peristom ini memiliki kemampuan untuk melakukan gerakan higroskopik keluar dan kedalam tergantung pada cuaca. Pada saat udara kering gigi peristom akan mengarah keluar membuat kapsul spora terbuka sehingga spora dapat keluar dan menyebar. Pada beberapa jenis lumut daun yang termasuk marga *Archidium*, *Phascum*, *Ephemerum*, memiliki susunan sporogonium amat sederhana. Mereka tidak mempunyai operculum, cincin, ataupun peristom. Kapsul sporanya membuka secara tidak beraturan

karena adanya bagian dinding yang membusuk. Berdasarkan cara pertumbuhannya, lumut daun menjadi dua golongan, yaitu *ortotrop* dan *plagiotrop*. *Ortotrop* adalah pertumbuhan yang diakhiri dengan pembentukan arkegonium yang tumbuh pada ujung batang lumut. Sedangkan *plagiotrop*, pertumbuhan batang pokoknya tidak terbatas sehingga arkegoniumnya tumbuh pada cabang-cabang pendek.



Gambar 2.7 *Bryum argententeum*
<https://www.earth.com/plant-encyclopedia/bryophytes/bryaceae/bryum-argenteum/es/>

4. Faktor-Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Lumut

Faktor abiotik dapat menentukan keanekaragaman jenis lumut yang dapat hidup disuatu kawasan seperti;

1) Suhu

Suhu berperan penting karena suhu menentukan kecepatan reaksi-reaksi kimiawi dalam kehidupan. Setiap organisme mempunyai suhu optimum dan maksimum untuk melangsungkan proses kehidupan dalam tubuhnya. Apabila suhu berada diatas suhu maksimum atau dibawah suhu minimum dapat menghentikan aktifitas enzim, bahkan pada suhu yang tinggi dapat terjadi denaturasi protein. Suhu yang optimal bagi tumbuhan lumut berkisar rata-rata 10-30°C (Tiara Kusumo Wati, dkk.2016). Suhu

lingkungan dapat mempengaruhi persebaran lumut dan peningkatan elevasi atau sudut kemiringan akan menyebabkan penurunan suhu diwilayah tersebut. Pada daerah tropis, untuk tumbuhan lumut suhunya berkisar antara 25,3-27,7 °C.

2) Kelembapan

Kelembapan menjadi faktor yang paling penting dan berpengaruh dalam pertumbuhan lumut. Umumnya lumut akan tumbuh dengan baik pada keadaan udara yang lembap. Hal ini berkaitan erat dengan kebutuhan lumut akan ketersediaan air baik dalam bentuk air maupun uap air. Lumut dapat hidup dengan baik pada kelembapan 70-98% (Tiara Kusumo Wati, dkk.2016). Bila kelembapan dibawah standar maka akan menghambat pertumbuhan sehingga produktivitas menurun.

3) pH

Tumbuhan lumut sangat sensitif terhadap pH, lumut dapat hidup dengan baik pada pH sekitar 3,2-6. Nilai pH memegang peranan penting bagi lumut yang hidup terestrial karena akan mempengaruhi ketersediaan nutrisi pada substrat tempat lumut hidup.

4) Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya yang cukup mampu mendukung pertumbuhan lumut terutama pada saat perkembangan sporanya. Pada intensitas cahaya sebesar 4000 lux dapat membuat spora tumbuhan lumut berkecambah, tumbuh, dan berkembang menjadi individu baru.

5. Manfaat Tumbuhan Lumut

Tumbuhan lumut memiliki manfaat bagi manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada saat ini manfaat tumbuhan lumut dibidang ekologis lebih menonjol, diantaranya yaitu;

1. Bioindikator

Liverworts atau lumut hati dan *mosses* atau lumut daun merupakan indikator dari berbagai kondisi lingkungan. Lumut terestrial dapat dimanfaatkan untuk menentukan kandungan mineral diberbagai

tempat. Sebagai contoh *Mielichhoferia elongata* ditemukan pada lingkungan dengan kandungan tembaga 30-700 ppm. *Sphagnum* merupakan indikator dari lingkungan asam. *Ceratodon pupureus* hidup di lingkungan dengan kandungan nitrogen yang tinggi, sebaliknya beberapa jenis *Pogonatum sp.* hidup di kawasan dengan sedikit nitrogen. *Leucobryum* sebagai penunjuk tanah asam dengan kombinasi tanah kering dan tandus serta humus yang tebal.

2. Pengontrol Erosi

Kelompok *Barbula*, *Bryum*, dan *Weissia* merupakan tumbuhan pionier penting pada batuan dan membantu mengontrol erosi sebelum tumbuhan tingkat tinggi dapat hidup di tempat tersebut. *Atrichum*, *Pogonatum sp.*, dan *Nardia* dimanfaatkan sebagai pencegah erosi dan *Sphagnum* dapat menyimpan air yang kapan saja dapat dilepaskan kembali sehingga *Sphagnum* dapat dijadikan sebagai penyimpanan air.

3. Fiksasi Nitrogen

Beberapa *Cyanobacteria* bersimbiosis dengan *Anthoceros* untuk mengikat nitrogen dari atmosfer dan mengubahnya menjadi ammonia dan asam amino.

4. Bioindikator

Logam Berat di Udara Dari berbagai penelitian ditemukan bahwa polusi air akan mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi lumut dan lichenes. Tumbuhan lumut mampu mengabsorpsi logam berat. Contohnya adalah *Bryum argenteum* memiliki jaringan yang sangat toleran terhadap kadar cadmium yang tinggi (610 ppm), tembaga (2700 ppm), dan zinc (55000 ppm).

B. Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan merupakan penelitian atau kajian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan yang hendak diteliti. Penelitian relevan ini berfungsi sebagai perbandingan dan tambahan informasi terhadap penelitian yang hendak dilakukan. Kajian pustaka yang penulis gunakan sebagai referensi awal dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan “*Booklet* Biologi Hewan Invertebrata Sebagai Media Belajar Untuk Siswa Sekolah Menengah Atas” oleh Patmawati pada tahun 2018. Penelitian ini dikembangkan melalui tahap ADDIE. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk 1) Mengembangkan media *Booklet* Biologi Hewan Invertebrata sebagai media pembelajaran untuk siswa sekolah menengah atas. 2) Mengetahui validitas media *Booklet* Biologi Hewan Invertebrata sebagai media pembelajaran siswa sekolah menengah atas. 3) Mengetahui praktikalitas media *Booklet* Biologi Hewan Invertebrata sebagai media pembelajaran siswa sekolah menengah atas. 4) Mengetahui Efektifitas media *Booklet* Biologi Hewan Invertebrata sebagai media pembelajaran siswa sekolah menengah atas. Berdasarkan hasil penelitian 1) Hasil pengembangan yaitu berupa media pembelajaran. Produk yang dikembangkan telah dinilai oleh para pakar. Sesuai dengan tujuan penelitian ini yaitu mengembangkan media pembelajaran berupa *booklet* pada materi hewan invertebrata. 2) Berdasarkan hasil validasi dari ketiga ahli diatas yaitu ahli desain dengan persentase 90%, materi diperoleh persentase 92%, dan ahli bahasa 87,5%. Berdasarkan penilaian dari beberapa validator, maka media *booklet* biologi yang dikembangkan layak untuk diuji cobakan kelapangan dengan mengalami sedikit revisi. 3) Hasil analisis data angket praktikalisasi *booklet* biologi ini dilakukan di dua sekolah yaitu di SMA N 4 Batanghari dan MAN 4 Batanghari. Uji praktikalisasi di SMA N 4 Batanghari memperoleh skor 80 dengan rata-rata 4,00, sedangkan uji praktikalisasi di MAN 4 Batanghari memperoleh skor 80 dengan rata-rata 4,00. Berdasarkan analisis praktikalisasi media *booklet* biologi oleh guru menunjukkan bahwa media pembelajaran yang

dikembangkan dapat membantu dan memudahkan guru dalam memberi penjelasan terhadap materi yang dipelajari. 4) Uji efektifitas dilakukan melalui lembar observasi aktivitas siswa yang mana lembar observasi aktivitas siswa ini diisi oleh observer yang mengamati aktivitas siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Berdasarkan hasil observasi tersebut, maka secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa media *booklet* biologi terkategori “cukup efektif”

2. Pengembangan “*Booklet* Keanekaragaman Hayati Di Kawasan Mangunharjo. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Mengidentifikasi keanekaragaman hayati dikawasan Mangunharjo untuk pengembangan *booklet*. 2) Menganalisis kelayakan dan keterbacaan *booklet* keanekaragaman hayati kawasan Mangunharjo sebagai suplemen materi kehati. Berdasarkan hasil identifikasi burung yang terdapat dikawasan Mangunharjo meliputi area mangrove, tambak, dan pantai tercatat 65 jenis burung yang terdiri dari 31 famili. *Booklet* Keanekaragaman hayati dikawasan Mangunharjo yang telah dikembangkan memperoleh kriteria sangat layak digunakan sebagai suplemen sumber belajar biologi dengan penilaian validator materi sebesar 88%, validator media 98%, tanggapan guru biologi 94%, tanggapan peserta didik 88%, dan keterbacaan *booklet* oleh peserta didik 94%.
3. Penggunaan Media “*Booklet* Pada Pembelajaran Pengelolaan Sumber Daya Air Berbasis Kearifan Lokal Pada Kalangan Remaja Kelurahan Kandri Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah : Tingkat kelayakan media pembelajaran *booklet* pengelolaan sumber daya air berbasis kearifan lokal, dan Hasil belajar kognitif remaja menggunakan *booklet* pengelolaan sumber daya air berbasis kearifan lokal. Berdasarkan penilaian kelayakan media *booklet* pengelolaan sumber daya air berbasis kearifan lokal diperoleh dari tim ahli yaitu ahli 1 dengan rata-rata persentase 89% kriteria layak dan ahli 2 diperoleh dengan rata-rata persentase 75% kriteria layak. Terdapat perbedaan hasil belajar kognitif antara pembelajaran lingkungan

menggunakan media *booklet* pengelolaan sumber daya air berbasis kearifan lokal dengan sebelum menggunakan media *booklet* pengelolaan sumber daya air berbasis kearifan lokal dikelompok eksperimen, dapat dikatakan bahwa dengan menggunakan media *booklet* hasil belajar kognitif remaja pada materi pengelolaan sumber daya air berbasis kearifan lokal meningkat dan efektif.