

Keanekaragaman *Bryophytes* di Candi Plaosan, Jawa Tengah

Diversity of Bryophytes in Plaosan Temple, Central Java

Heri Sujadmiko^{1, *}, Ninda Nur Amalia¹

¹Laboratorium Sistematika Tumbuhan, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Jl. Teknik Selatan Sekip tara, Sleman 55281, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding Author: herisujadmiko@ugm.ac.id

Abstract: Bryophyte grows on various substrates, one of which is rock. Plaosan Temple is composed of andesite stone which has the potential to experience weathering caused by bryophytes. This research aims to determine the diversity of bryophyte, types and classifications of bryophyte, and to determine the bryophyte which is widely and evenly distributed in the rocks of Plaosan Temple, Central Java. Bryophytes samples were collected using the dry herbarium technique and identified at the Plant Systematics Laboratory, Faculty of Biology, UGM. Vegetation analysis was carried out using the quadrat method of 15 x 15 cm plots which were randomly distributed in 52 plots. The environmental parameters measured were air temperature, humidity, and light intensity. Species diversity was analyzed using the Shannon-Wiener index. The results obtained 11 types of bryophytes grouped into two classes, namely Hepaticopsida and Bryopsida, including *Barbula indica* (Hook.) Spreng., *Brachymenium exile* (Dozy & Molk.) Bosch & Lac., *Brachymenium indicum* (Dozy & Molk.) Bosch & Lac., *Cyathodium smaragdinum* Schiffn., *Fissidens atroviridis* Besch., *Fissidens virens* Thwait. & Mitt., *Fissidens zollingeri* Mont., *Gymnostomiella vernicosa* (Hook.) Fleisch., *Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeg., *Philonotis hastata* (Duby) Wijk & Margad., and *Riccia hasskarliana* Steph. Bryophyte that is widely and evenly distributed is *Barbula indica*.

Keywords: andesite; bryophyte; diversity; Plaosan temple

Abstrak: Lumut dapat tumbuh pada berbagai substrat salah satunya yaitu batuan. Candi Plaosan tersusun atas batu andesit yang berpotensi mengalami pelapukan yang disebabkan oleh lumut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman lumut, jenis-jenis dan klasifikasi lumut, serta mengetahui lumut yang terdistribusi luas dan merata di batuan Candi Plaosan, Jawa Tengah. Sampel lumut dikoleksi dengan teknik herbarium kering dan diidentifikasi di Laboratorium Sistematika Tumbuhan Fakultas Biologi UGM. Analisis vegetasi lumut dilakukan dengan metode kuadrat plot 15 x 15 cm yang didistribusikan secara acak pada 52 plot. Parameter lingkungan yang diukur yaitu suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya. Keanekaragaman jenis lumut dianalisis dengan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Hasil keanekaragaman jenis lumut diperoleh 11 jenis lumut yang dikelompokkan menjadi dua kelas, yaitu Hepaticopsida dan Bryopsida, meliputi *Barbula indica* (Hook.) Spreng., *Brachymenium exile* (Dozy & Molk.) Bosch & Lac., *Brachymenium indicum* (Dozy & Molk.) Bosch & Lac., *Cyathodium smaragdinum* Schiffn., *Fissidens atroviridis* Besch., *Fissidens virens* Thwait. & Mitt., *Fissidens zollingeri* Mont., *Gymnostomiella vernicosa* (Hook.) Fleisch., *Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeg., *Philonotis hastata* (Duby) Wijk & Margad., dan *Riccia hasskarliana* Steph. Jenis lumut yang terdistribusi luas dan merata adalah *Barbula indica*.

Kata kunci: andesit; Candi Plaosan; keanekaragaman; lumut

Dikumpulkan: 27 Juni 2022 Direvisi: 4 Oktober 2022 Diterima: 16 November 2022 Dipublikasi: 15 Desember 2022

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman hayati flora yang

sangat melimpah salah satunya yaitu lumut. Lumut merupakan tumbuhan tingkat rendah yang mampu tumbuh pada berbagai substrat, antara lain tanah, batuan, pohon, kayu lapuk, kayu mati,

dan seresah (Glime, 2006). Lumut terbagi menjadi tiga divisi, yaitu Hepaticopsida, Anthocerotopsida, dan Bryopsida. Hepaticopsida adalah lumut hati yang terbagi menjadi dua tipe, yaitu lumut hati bertalus (*frondose*) dan lumut hati berdaun (*foliose*). Anthocerotopsida dikenal sebagai lumut tanduk, sedangkan Bryopsida dikenal sebagai lumut daun atau lumut sejati (Glime, 2017). Keanekaragaman dan kelimpahan lumut dipengaruhi oleh kondisi iklim mikro habitat, terutama intensitas cahaya, kelembapan udara, suhu lingkungan, dan tipe vegetasi (Gradstein et al., 2001). Selain itu, ketersediaan dan keragaman substrat adalah salah satu faktor yang menentukan kekayaan dan komposisi jenis lumut (Pharo and Blanks, 2000).

Candi Plaosan merupakan salah satu peninggalan yang menyimpan nilai-nilai penting dalam sejarahnya. Candi Plaosan merupakan candi bercorak Budha yang terletak di Desa Bugisan, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Saat ini, Candi Plaosan dijadikan sebagai salah satu objek wisata yang menarik untuk dikunjungi. Bangunan candi yang tersusun oleh batuan andesit berpotensi mengalami pelapukan yang disebabkan oleh lumut.

Pelapukan batuan dapat terjadi secara fisik, kimiawi, dan biologis. Pelapukan fisik adalah pelapukan dari batuan yang diakibatkan adanya pengaruh faktor fisik pada batuan, yaitu suhu udara, tekanan, dan kristalisasi garam. Pelapukan kimia adalah pelapukan yang diakibatkan perubahan struktur kimiawi yang ada pada batuan melalui reaksi tertentu. Pelapukan biologis dilakukan oleh organisme melalui aktivitasnya di sekitar lingkungan batuan (Tamanak dkk., 2020). Adanya lumut yang menempel di batuan candi menyebabkan nilai estetika candi berkurang dan lama kelamaan batuan dapat lapuk. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pelestarian candi.

Penelitian mengenai keanekaragaman lumut di batuan candi sudah pernah dilakukan. Candi-candi di Jawa Tengah yang sudah pernah diteliti yaitu Candi Borobudur, Candi Dieng, Candi Sewu dan Candi Suku. Penelitian keanekaragaman lumut di batuan Candi Plaosan menarik untuk dilakukan, hal ini untuk mengetahui keanekaragaman jenis lumut yang tumbuh di batuan candi. Selanjutnya dapat dilakukan upaya pemberantasan lumut yang

berpotensi melapukkan batuan candi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman lumut, jenis-jenis dan klasifikasi lumut, serta untuk mengetahui lumut yang terdistribusi luas dan merata di batuan Candi Plaosan, Jawa Tengah.

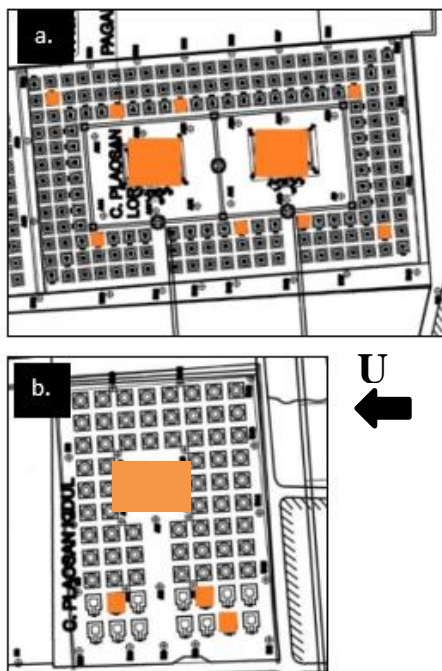
Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Candi Plaosan, Jawa Tengah pada bulan April 2021. Identifikasi sampel lumut dilakukan di Laboratorium Sistematika Tumbuhan, Fakultas Biologi, UGM Yogyakarta.

Pengambilan Sampel

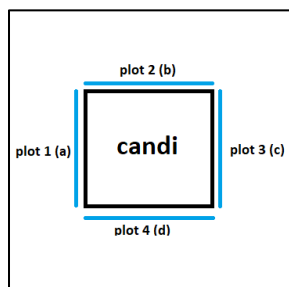
Koleksi lumut dilakukan dengan metode jelajah. Sampel lumut diambil dari batu andesit di Candi Plaosan, masing-masing yaitu 10 candi di Plaosan Lor dan 3 candi di Plaosan Kidul. Pada setiap candi, sampel lumut diambil pada ke empat sisi candi. Lumut diambil menggunakan *cutter* kemudian dimasukkan ke dalam amplop koleksi. Sampel lumut kemudian dibuat herbarium kering. Analisis vegetasi lumut dilakukan dengan metode kuadrat plot 15 cm x 15 cm yang didistribusikan secara acak. Pengambilan data dilakukan pada 10 candi di Plaosan Lor dan tiga candi di Plaosan Kidul. Pada setiap candi diambil datanya sebanyak empat plot (sisi utara, timur, selatan, barat) sehingga jumlah seluruh plot yaitu 52 plot. Pada setiap plot yang telah ditentukan, dilakukan pengukuran parameter lingkungan, meliputi suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya.



Gambar 1. Peta persebaran candi; a. Plaosan Lor; b. Plaosan Kidul

Keterangan:

= candi



Gambar 2. Desain plot penelitian

Identifikasi

Identifikasi dilakukan dengan mengamati gametofit lumut di bawah mikroskop cahaya dan mikroskop stereo. Selain itu, identifikasi dapat dilakukan dengan mencocokkan deksripsi spesimen lumut yang diperoleh dengan deskripsi dan gambar yang terdapat pada literatur. Sumber referensi yang digunakan untuk identifikasi spesimen lumut yaitu buku-buku yang dimiliki oleh Laboratorium Sistematika Tumbuhan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, antara lain *A Handbook of Malaysian Mosses volume 1-3* (Eddy, 1988), *Guide to the Liverworts and Hornworts of Java* (Gradstein, 2011), *Mosses of Singapore and Malaysia* (Johnson 1980), dan

Tumbuhan Lumut di Kampus UGM (Sujadmiko and Vitara, 2021).

Analisis Vegetasi

Hasil identifikasi lumut disusun dalam bentuk tabel informasi taksa dan foto. Data mentah cacah individu dan diameter populasi suatu jenis lumut di tabulasi, kemudian data tersebut digunakan untuk parameter vegetasi. Parameter vegetasi lumut dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Crown Cover (CC)} = \frac{(d1+d2)}{4} \pi$$

Dominansi (Do)

$$\frac{\text{Jumlah nilai penutupan (CC) suatu jenis}}{\text{Area cuplikan}} \times 100\%$$

Dominansi relatif (DoR)

$$\frac{\text{Dominansi (Do) suatu jenis}}{\text{Total dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Densitas suatu jenis (D)

$$\frac{\text{Jumlah cacah individu suatu jenis}}{\text{Luas area cuplikan}} \times 100\%$$

Densitas relatif jenis (DR)

$$\frac{\text{Densitas suatu jenis}}{\text{Densitas total seluruh jenis}} \times 100\%$$

Frekuensi jenis (F)

$$\frac{\text{Jumlah plot terdapatnya jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot yang dicuplik}} \times 100\%$$

Frekuensi relatif (FR)

$$\frac{\text{Total frekuensi dari satu jenis}}{\text{Total frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Nilai penting (NP) = Dominansi relatif + Densitas relatif + Frekuensi relatif

Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') = $-\sum (p_i) (\ln p_i)$

Keterangan:

$p_i = n/N$

n = cacah individu suatu jenis

N = total individu semua jenis

(Cox, 1967; Barbour et al., 1987)

Tingkat keanekaragaman jenis Shannon-Wiener (H') dikategorikan menjadi 3 jenis yaitu:

1. Kategori keanekaragaman rendah jika nilai indeks keanekaragamannya $H' < 1$
2. Kategori keanekaragaman sedang jika nilai indeks keanekaragamannya $1 < H' < 3$
3. Kategori keanekaragaman sedang jika nilai indeks keanekaragamannya $H' < 3$

(Indriyanto, 2006)

Hasil dan Pembahasan

Keanekaragaman Lumut

Lumut yang ditemukan di batuan Candi Plaosan, Jawa Tengah sebanyak 11 jenis lumut yang terdiri dari 9 jenis lumut kelas Bryopsida dan 2 jenis lumut kelas Hepaticopsida. Morfologi dan anatomi spesies lumut ditunjukkan pada gambar 3-5.

***Riccia hasskarliana* Steph.**

Dioecious; terrestrial; life-form mats; Gametofit berupa talus, berbentuk lempeng, bertipe *frondose*, tumbuh merayap, bersifat *dorsiventral*, bercabang dikotom, berwarna hijau terang, tepi rata; *Midrib* jelas di sisi ventral talus, terdapat sisik; Alur *dorsal* jelas membagi talus menjadi dua bagian; tidak ada *gemmae cup*; Rhizoid tumbuh di sepanjang *midrib*, pendek lembut, *tubuler*, dan *uniseluler*; Sporofit berada di dalam jaringan talus, hanya berupa kapsul; Habitat di tanah, jalan setapak, bebatuan; Terdistribusi di Jepang, Cina, Afrika, Eropa, Amerika Utara, dan India.

***Cyathodium smaragdinum* Schiffn.**

Diecious; life-form mats; Gametofit berupa talus, tipis, bertipe *frondose*, tumbuh merayap, berwarna hijau muda, percabangan talus dikotomus, tidak memiliki *gemmae cup*; Sisik ventral tidak ada; berbentuk *linear*; Sporofit terletak di ujung daun; Habitat tanah lembab, batuan lembab; Terdistribusi di seluruh Asia.

***Barbula indica* (Hook.) Spreng.**

Dioecious; Acrocarpus; Life form short-turfs; Gametofit berwarna hijau kekuningan; *Cauloid* berukuran kecil; *Filoid* tersusun spiral, berbentuk *ovate-oblong*; tepi rata atau sedikit menggulung di satu/kedua sisi, ujung *emarginate*; Panjang *costa* hingga ujung daun; Sel lamina bagian atas berbentuk *quadrate*, sel basal filoid berbentuk *rectangular*; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Seta berwarna merah; kapsul tegak, berwarna merah, berbentuk *ovoid-cylindrical*; Habitat di batuan dan tanah; Terdistribusi di seluruh Asia tropis.

***Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeg.**

Dioecious; Acrocarpus; Life form short-turfs; Gametofit berwarna hijau tua hingga

kekuningan; *Filoid* berwarna hijau, bagian ujung membentuk roset, bentuk *linguate* hingga *spathulate*, tepi bergerigi tidak beraturan. *Costa* kuat, berwarna kecoklatan atau kemerahan, panjangnya hingga ujung daun; Sel bagian atas berbentuk *quadrate*, sel basal berbentuk *rectangular*; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Seta tegak, berwarna merah kecoklatan pada bagian bawah; kapsul berbentuk *silindris*, berwarna coklat; Habitat di tanah, daerah aliran air, celah batuan; Terdistribusi di seluruh Asia bagian tropis dan subtropis.

***Philonotis hastata* (Duby) Wijk & Margad.**

Monoecious; Acrocarpus; Life form tall-turfs; Gametofit berwarna pucat hingga hijau kekuningan; *Filoid* berbentuk *lanceolate-lingulate*, tipe orientasi *erect-spreading*; tepi *entire* hingga *serrulate*. *Costa* tipis, panjangnya hingga ujung daun; Sel berbentuk *rhomboidal* hingga *hexagonal*, berdinding tipis; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Kapsul berbentuk *pyriform*, *horizontal*, agak menggantung; Habitat di tanah lembab dan basah, batuan; Terdistribusi di daerah subtropis dan tropis seperti Jawa, Kalimantan, Filipina, dan Taiwan.

***Fissidens atroviridis* Besch.**

Monoecious; Acrocarpus; Life form short-turfs; Gametofit kecil, berwarna pucat kekuningan hingga hijau terang, menggulung ketika kering; Kedudukan filoid berada di kanan kiri batang, bentuk *lanceolate*, ujung *acute*, dan tepi *entire*; panjang *costa* $\frac{3}{4}$ dari panjang daun; Sel-sel lamina besar, berbentuk *hexagonal* tidak beraturan, berdinding sangat tipis; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul. Seta pendek; Kapsul *simetris*; Habitat di tanah, batuan; Terdistribusi di seluruh daerah tropis Indo-Malaya, dari India hingga New Guinea.

***Fissidens virens* Thwait. & Mitt.**

Monoecious; Acrocarpus; Life form short-turfs; Gametofit berwarna hijau muda, kecil; *Filoid* berbentuk *linear-oblong*, ujung *acute*, tepi *serrulate*; *Costa* berwarna kemerahan, panjangnya hingga ujung daun; Sel lamina atas dan basal berbentuk *quadrate*; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul. Seta terminal, pendek; Kapsul tegak, simetris. Habitat di tanah dan batuan lembab; Terdistribusi di Asia.

***Fissidens zollingeri* Mont.**

Monoecious; Acrocarpus; Life form short-turfs; Gametofit berwarna hijau kekuningan, berukuran kecil; *Filoid* berbentuk *oblong-lanceolate* sampai *lanceolate*, ujung *acute*, tepi *entire*; *Costa* kuat, berwarna kuning muda, panjangnya melebihi panjang daun; Sel lamina atas dan basal berbentuk *quadrate* hingga *rounded*. Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Kapsul simetris, *suberect*; Seta *terminal*; Habitat di tanah, kayu, batuan basah; Terdistribusi di India Selatan, Sri Lanka, Bolivia, Myanmar, Fiji, Jawa, Malaysia, New Guinea, Peru, Filipina, Sumatera, dan Vietnam.

***Brachymenium indicum* (Dozy & Molck.) Bosch & Lac.**

Monoecious; Acrocarpus; Life form short-turfs; Gametofit berwarna hijau tua atau kekuningan, berukuran kecil; Filoid tersusun rapat, berbentuk *ovate* atau *lanceolate* yang melebar, *margin narrow, apex acuminate*; *Costa* melebihi panjang daun, berwarna coklat atau kekuningan; Sel lamina bagian atas berbentuk *rhomboid* memanjang, sedikit bergelombang, berdinding tipis; sel lamina basal berbentuk *quadrate* sampai *rectangular*; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Seta berwarna kemerahan; Kapsul *fusiform*, tegak atau sangat miring; Habitat di batu, dinding, tanah padat; Terdistribusi luas di seluruh Asia tropis dan subtropis.

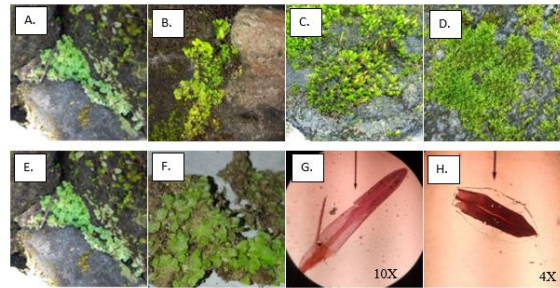
***Gymnostomiella vernicosa* (Hook.) Fleisch.**

Dioecious; Acrocarpus; Life form mats; Gametofit berukuran kecil dan berwarna hijau; *Filoid* tersebar, berbentuk *oblong spathulate*, cekung, ujungnya *rounded*, tepi *erect*; *Costa* pendek, lemah, *percurrent*, panjangnya mencapai setengah panjang daun; Sel bagian atas berbentuk *hexagonal*; Sel bagian basal lebih panjang, berbentuk *rectangular*; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Seta tegak, berwarna kuning kecoklatan; kapsul berbentuk *ovoid*, kecil, berwarna coklat saat matang; Habitat di batuan atau dinding; Terdistribusi di India, Burma, Jawa, dan Singapura.

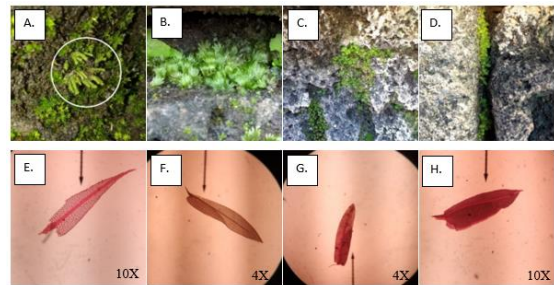
***Brachymenium exile* (Dozy & Molck.) Bosch & Lac.**

Monoecious; Acrocarpus; Life form mats; Gametofit berwarna hijau, hijau kekuningan,

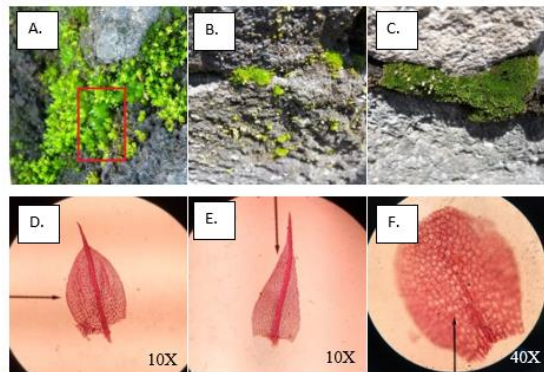
atau kecoklatan mengkilap; *Filoid* berbentuk *ovate*, tepi *entire*, sedikit menggulung di satu sisi atau kedua sisi. *Costa* kuat, panjangnya melebihi panjang daun. Sel lamina atas berbentuk *hexagonal-rhomboidal*, dinding tipis, sel lebih sempit pada bagian tepi; sel basal berbentuk *rectangular*; Sporofit terdiri dari kaki, seta, dan kapsul; Seta berwarna merah; kapsul tegak; Habitat di tanah, batuan, dinding; Terdistribusi di Jawa, Sumatera, dan Hawaii.



Gambar 3. Morfologi dan anatomi lumut di Candi Plaosan, Jawa Tengah; A&E. *Riccia hasskarliana*; B&F. *Cyathodium smaragdinum*; C&G. *Barbula indica*; D&H. *Hyophila involuta*



Gambar 4. Morfologi dan anatomi lumut di Candi Plaosan, Jawa Tengah; A&E. *Philonotis hastata*; B&E. *Fissidens atroviridis*; C&F. *Fissidens virens*; D&G. *Fissidens zollingeri*



Gambar 5. Morfologi dan anatomi lumut di Candi Plaosan, Jawa Tengah; A&D. *Brachymenium exile*; B&E.

Brachymenium indicum; C&F.
Gymnostomiella vernicosa

Lumut tersebut kemudian di klasifikasikan sesuai dengan jenis, suku, dan kelas yang disajikan pada Tabel 1. Lumut yang ditemukan di Candi Plaosan Jawa Tengah hanya berasal dari kelas Hepaticopsida dan Bryopsida. Hal ini dikarenakan kedua kelas lumut tersebut memiliki syarat hidup yang sederhana dan mempunyai kemampuan hidup yang baik pada berbagai substrat salah satunya di batuan. Pada penelitian ini lumut kelas Bryopsida ditemukan lebih banyak daripada lumut kelas Hepaticopsida. Bryopsida dapat tumbuh pada lingkungan yang kurang menguntungkan seperti pada saat kekeringan. Gradstein et al., (2001)

menyebutkan bahwa lumut sejati (Bryopsida) lebih toleran terhadap habitat yang kering daripada lumut hati (Hepaticopsida). Sedikitnya jumlah lumut Hepaticopsida yang ditemukan dapat disebabkan karena lumut tersebut umumnya tumbuh pada tempat-tempat yang lembab dengan banyak naungan, sedangkan di Candi Plaosan hanya ada sedikit naungan. Lumut Hepaticopsida yang ditemukan bertipe *frondose* (lumut hati bertalus) yang kebanyakan memiliki habitat terrestrial. Kunci identifikasi dibuat dari karakter morfologi dan anatomi masing-masing spesies lumut. Pada penelitian ini digunakan jenis kunci determinasi berupa kunci analisis atau sering disebut sebagai kunci dikotomi.

Tabel 1. Klasifikasi lumut di Candi Plaosan, Jawa Tengah

Kelas	Bangsa	Suku	Jenis
Hepaticopsida	Marchantiales	Cyathodiaceae Ricciaceae	<i>Cyathodium smaragdinum</i> Schifffn. <i>Riccia hasskarliana</i> Steph.
Bryopsida	Pottiales	Pottiaceae	<i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng. <i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeg. <i>Gymnostomiella vernicosa</i> (Hook.) Fleisch.
	Bryaceae	Batramiaceae	<i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng. <i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeg. <i>Gymnostomiella vernicosa</i> (Hook.) Fleisch
		Bryaceae	<i>Brachymenium exile</i> (Dozy & Molk.) Bosch & Lac. <i>Brachymenium indicum</i> (Dozy & Molk.) Bosch & Lac.
	Fissidentales	Fissidentaceae	<i>Fissidens atroviridis</i> Besch. <i>Fissidens virens</i> Thwait. & Mitt. <i>Fissidens zollingeri</i> Mont.

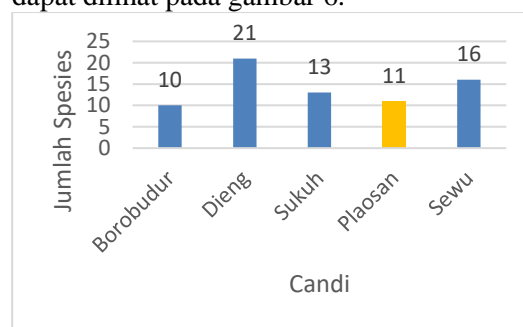
1	Gametofit tidak berdiferensiasi menjadi cauloid dan filoid	2	4	Panjang <i>vaginant lamina</i> hampir $\frac{3}{4}$ dari panjang filoid..... <i>Fissidens zollingeri</i>
1	Gametofit berdiferensiasi menjadi cauloid dan filoid	3	4	Panjang <i>vaginant lamina</i> setengah dari panjang filoid.....5
2	Talus tebal, bagian ventral talus terdapat sisik dan midrib.... <i>Riccia hasskarliana</i>		5	<i>Border cell</i> dilengkapi limbidium..... <i>Fissidens virens</i>
2	Talus tipis, bagian ventral talus tidak terdapat sisik dan mibrif..... <i>Cyathodium smaragdinum</i>		5	<i>Border cell</i> tidak dilengkapi limbidium..... <i>Fissidens atroviridis</i>
3	Filoid tersusun berselang-seling saling berhadapan, terdapat anak filoid pada lamina daun.....4		6	<i>Costa excurrent</i>7
3	Filoid tersusun spiral, tidak terdapat anak filoid pada lamina daun	6	6	<i>Costa perccurent</i>9
		7	7	Bentuk filoid <i>ovate</i> <i>Brachymenium exile</i>
		7	7	Bentuk filoid <i>lanceolate</i>8
		8	8	Tepi daun <i>entire</i> <i>Brachymenium indicum</i>

- 8 Tepi daun *serrulate...Philonotis hastata*
9 Sel lamina atas berbentuk *quadrate* (kotak)..... 10
9 Sel lamina atas berbentuk *hexagonal...Gymnostomiella vernicosa*
10 Ujung daun *acute.....Hyophila involuta*
10 Ujung daun *acuminate.....Barbula indica*

Berdasarkan hasil pengecekan habitat ke sebelas lumut yang ditemukan tumbuh pada batu andesit Candi Plaosan, Jawa Tengah dengan literatur Eddy (1988), Gradstein (2011), Johnson (1980), dan Sujadmiko and Vitara (2021) dapat diketahui bahwa ke sebelas lumut tersebut memiliki habitat batuan. Namun sebelas lumut tersebut belum diketahui termasuk ke dalam lumut *epilith*. Apabila terdapat lumut *epilith* yang tumbuh di batuan candi maka dapat melapukkan batuan candi sehingga keberadaannya merugikan. Pelapukan batuan candi dapat terjadi apabila *rhizoid* lumut tumbuh menembus pori-pori batuan. Jika proses fisik tersebut terjadi secara terus menerus maka pori-pori batuan menjadi semakin besar dan berpotensi mengalami pelapukan. Selain itu, *rhizoid* lumut yang tumbuh pada pori-pori batuan mampu mengeluarkan senyawa kimia yang mampu mendegradasi mineral batuan. Adanya reaksi biokimiawi antara air (H_2O) dan karbondioksida (CO_2) dari hasil respirasi lumut dapat menghasilkan asam karbonat (H_2CO_3) yang memiliki efek melapukkan batuan (Jackson, 2015). Asam karbonat (H_2CO_3) tersebut dapat bereaksi dengan mineral batuan berupa kalsium atau magnesium yang membentuk kalsium karbonat ($CaCO_3$) atau magnesium karbonat ($MgCO_3$) yang lama kelamaan dapat terakumulasi menjadi endapan garam (Haldoko dkk., 2013).

Cara adaptasi lumut *epilith* dalam pengambilan airnya yaitu secara endohidrik. Pada lumut yang termasuk spesies endohidrik, air diambil dari substrat dengan bantuan *rhizoid* yang kemudian ditransport secara internal ke organ daun. Peran penting *rhizoid* dalam mengangkut air ini dapat berkaitan dengan sifat lumut yang anti air (*water repellent*) pada

permukaan daun dan batang (Chopra and Kumra, 2005). Grafik perbandingan jumlah spesies lumut candi-candi di Jawa Tengah dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan jumlah spesies lumut candi-candi di Jawa Tengah (Aryani, 2013; Sasongko dkk., 2019)

Rendahnya jumlah spesies lumut yang ditemukan di Candi Plaosan dapat disebabkan oleh faktor ketinggian tempat. Candi Dieng dan Candi Suku berada di ketinggian tempat yang lebih tinggi daripada di Candi Plaosan sehingga jumlah spesies yang ditemukan lebih banyak karena tempat yang lebih tinggi memiliki suhu yang lebih rendah dan kelembaban yang tinggi sehingga lumut dapat tumbuh optimal. Menurut Gradstein and Culmsee (2010), tumbuhan lumut lebih melimpah pada tempat yang lebih tinggi. Oleh karena itu, wajar apabila jumlah spesies lumut yang ditemukan di Candi Plaosan cenderung sedikit.

Jenis batuan penyusun candi juga dapat mempengaruhi keanekaragaman lumut. Setiap jenis batuan memiliki sifat fisik, komposisi kimia, dan mineral yang berbeda-beda. Candi Plaosan, Jawa Tengah tersusun oleh batu andesit. Batu andesit adalah batuan beku yang tersusun oleh beberapa mineral, yang paling banyak yaitu silika (52-63%), *biotite*, *basalt*, *feltise*, *plagiocase feldspar*, *pyroxene*, dan *hornblende* serta memiliki porositas yang tinggi (Imron dkk., 2018; Haldoko dkk., 2014). Batu andesit yang ditumbuhi lumut memiliki kandungan silika lebih rendah daripada batu andesit yang tidak ditumbuhi lumut. Rendahnya silika dikarenakan adanya pelapukan sehingga kadar silikanya berkurang. Pada penelitian yang dilakukan oleh Haldoko dkk., (2013) di Candi Borobudur menjelaskan bahwa batuan yang ditumbuhi lumut memiliki nilai SiO_2 lebih rendah sebesar 47,36% dan 52,47% daripada batuan yang tidak ditumbuhi

lumut sebesar 56,12% - 59,97%.

Analisis Vegetasi

Struktur komunitas lumut dapat dipengaruhi oleh faktor keanekaragaman spesies yang dapat ditentukan dengan menggunakan indeks Shannon-Wiener. Berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Weiner, nilai \hat{H} di Candi Plaosan, Jawa Tengah yaitu sebesar 1,84. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori keanekaragaman sedang, yaitu dengan nilai indeks keanekaragamannya $1 < \hat{H} < 3$. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman spesies jensi dalam komunitas tersusun oleh jumlah spesies yang cukup sedikit. Selain itu dapat disebabkan karena habitatnya homogen dengan beberapa variasi tipe substrat. Menurut Pharo and Blanks (2000), keragaman substrat merupakan salah satu faktor yang menentukan kekayaan dan komposisi jenis lumut.

Selain itu, keanekaragaman spesies lumut juga dapat dipengaruhi oleh parameter lingkungan di sekitarnya. Kehidupan lumut

Tabel 3. Indeks Nilai Penting (INP) spesies lumut di Candi Plaosan, Jawa Tengah

No.	Nama Spesies	DoR (%)	DR (%)	FR (%)	INP (%)
1.	<i>Barbula indica</i>	9,20	34,85	34,94	78,99
2.	<i>Brachymerium exile</i>	6,11	1,52	3,61	11,24
3.	<i>Brachymerium indicum</i>	5,16	2,27	1,20	8,63
4.	<i>Cyathodium smaragdinum</i>	11,65	7,20	9,64	28,49
5.	<i>Fissidens atroviridis</i>	12,31	3,41	3,61	19,33
6.	<i>Fissidens virens</i>	10,59	1,52	2,41	14,51
7.	<i>Fissidens zollingeri</i>	11,15	4,92	4,82	20,89
8.	<i>Gymnostomiella vernicosa</i>	9,13	17,80	15,66	42,60
9.	<i>Hyophila involuta</i>	9,24	21,97	16,87	48,08
10.	<i>Philonotis hastata</i>	3,58	1,52	2,41	7,51
11.	<i>Riccia hasskarliana</i>	11,89	3,03	4,82	19,74
	TOTAL	100	100	100	300

Suhu optimum lumut dapat tumbuh pada kisaran 20-30°C (Sun *et al.*, 2013). Kelembaban udara rata-rata yang ideal untuk pertumbuhan lumut pada kisaran 77-80% (Glime, 2009). Hasil rerata suhu udara di lokasi pengambilan sampel sedikit di atas 30°C yang dapat mendukung peningkatan keanekaragaman. Rerata kelembaban udara berada pada kisaran 70% yang mampu mendukung pertumbuhan lumut pada batuan yang perlu lingkungan lembab. Intensitas cahaya optimum untuk lumut dapat berfotosintesis sebesar 10.000 lux (Richards,

dipengaruhi oleh keseimbangan air di dalam tubuhnya yang dapat berubah sesuai kondisi lingkungannya. Pamareter lingkungan tersebut antara lain suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya.

Tabel 2. Rerata hasil pengukuran parameter lingkungan di Candi Plaosan, Jawa Tengah

No.	Parameter Lingkungan	Rerata Hasil
1.	Suhu	30,21°C
2.	Kelembaban Udara	70,23%
3.	Intensitas Cahaya	11732,70 Lux

1984). Pengukuran intensitas cahaya menunjukkan hasil yang lebih besar. Banyak sedikitnya intensitas cahaya yang masuk mengenai batuan akan mempengaruhi kelembabannya (Dewi dkk., 2018). Selain itu, intensitas cahaya juga akan berpengaruh terhadap kadar air yang terdapat dalam batuan. Hal ini menyebabkan keanekaragaman spesies di Candi Plaosan termasuk kedalam kategori sedang karena jumlah spesies yang ditemukan sedikit.

Indeks nilai penting (INP) merupakan suatu indeks untuk menentukan tingkat

dominansi jenis dalam suatu komunitas (Indriyanto, 2006). Nilai INP didapatkan dari perhitungan densitas relatif (DR), dominansi relatif (DoR), dan frekuensi relatif (FR). Tabel 3 menunjukkan tiga spesies yang memiliki nilai penting tertinggi yaitu *Barbula indica* sebesar 78,991%, *Hyophila involuta* sebesar 48,081%, dan *Gymnostomiella vernicosa* sebesar 42,597%. Spesies dengan nilai penting terendah yaitu *Philonotis hastata* sebesar 7,507%. Semakin besar nilai penting suatu spesies maka semakin besar juga tingkat penguasaan pada komunitasnya dan sebaliknya. Penguasaan yang di maksud apabila spesies tertentu mendapatkan sumber daya lebih banyak daripada spesies lainnya (Saharjo and Cornelio, 2011). Tiga spesies yang memiliki nilai penting tertinggi tersebut kemungkinan adalah lumut *epilith* sehingga berpotensi dalam pelapukan batuan.

Barbula indica adalah lumut yang memiliki nilai penting tertinggi, berarti lumut tersebut memiliki peranan dan penguasaan yang besar dalam komunitas. Penguasaan ini maksudnya lumut tersebut dapat memanfaatkan lingkungan secara efektif dan efisien serta mampu menyesuaikan diberbagai lingkungan sehingga persebarannya luas dan merata. Menurut Purwani (2017), *Barbula indica* merupakan salah satu jenis spesies lumut daun yang mampu tumbuh pada berbagai kondisi lingkungan. Spesies tersebut memiliki rhizoid yang dapat menempel kuat pada batuan keras. Sebagai lumut *acrocarpus*, *Barbula indica* dapat dikategorikan termasuk kedalam lumut endohidrik. Menurut Glime (2017), kebanyakan lumut *acrocarpus* adalah endohidrik. Pada lumut endohidrik, *rhizoid* memiliki peran penting dalam menyerap air. *Rhizoid* dapat menembus pori-pori batuan untuk mengambil air yang terkandung pada batuan tersebut.

Philonotis hastata merupakan lumut yang memiliki nilai penting terendah, hal ini dapat disebabkan karena spesies tersebut tidak dapat memanfaatkan lingkungan hidupnya secara efisien. Kemungkinan *Philonotis hastata* termasuk ke dalam lumut ektohidrik yang mengandalkan transportasi eksternal air. Lumut yang termasuk ke dalam ektohidrik biasanya menyerap air melalui permukaan tubuhnya sehingga mudah basah. Selain itu

lumut ektohidrik tumbuh di bawah kanopi yang memiliki kelembaban tinggi sedangkan di Candi Plaosan hanya sedikit ditemukan kanopi.

Namun, dengan tingginya nilai penting *Barbula indica*, *Hyophila involuta*, dan *Gymnostomiella vernicosa* yang berarti spesies tersebut dapat tumbuh subur dan tersebar luas pada kedua candi, menyebabkan hal yang kurang menguntungkan untuk batuan candi. Hal ini menyebabkan batuan candi yang ditumbuhi oleh lumut tersebut lama kelamaan dapat lapuk. Oleh karena itu perlu dilakukan pemberantasan lumut khususnya spesies *Barbula indica* agar kedepannya batuan candi bersih dari lumut.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa keanekaragaman lumut di batuan Candi Plaosan Jawa Tengah diperoleh 11 jenis lumut antara lain *Barbula indica* (Hook.) Spreng., *Brachymerium exile* (Dozy & Molk.) Bosch & Lac., *Brachymerium indicum* (Dozy & Molk.) Bosch & Lac., *Cyathodium smaragdinum* Schiffn., *Fissidens atroviridis* Besch., *Fissidens virens* Thwait. & Mitt., *Fissidens zollingeri* Mont., *Gymnostomiella vernicosa* (Hook.) Fleisch., *Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeg., *Philonotis hastata* (Duby) Wijk & Margad., dan *Riccia hasskarliana* Steph. Lumut-lumut tersebut dikelompokkan ke dalam dua kelas, yaitu Hepaticopsida dan Bryopsida. Lumut yang terdistribusi luas dan merata adalah *Barbula indica* (Hook.) Spreng.

Ucapan terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala dan Staf Laboratorium Sistematika Tumbuhan, Fakultas Biologi UGM yang telah memberi izin dan fasilitas selama penelitian.

Referensi

Aryani, R.D. 2014. Keanekaragaman Lumut pada Batu Putih di Candi Ratu Boko, Yogyakarta. *Skripsi*. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. p.49

- Barbour, M.G., J.H. Burk, and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. 2nd edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park.
- Chopra, R.N., and P.K. Kumra. (2005). *Biology of Bryophytes*. New Age International (P)Ltd. New Delhi.
- Cox, G.W. (1967). *Laboratory Manual of Ecology*. Wm C. Brown Company Publisher. Iowa.
- Dewi, L.R., A. Nurkholis, D. Veronika, G.D. Wulandari, A.K. Afia, B.W.R. Liviviyani, W.I. Dewi. (2018). Faktor yang Mempengaruhi Persebaran Bryophyta di Kawasan Wisata Nglimit, Kendal, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Enterpreunership V* :364-368.
- Eddy, A. (1988). *A Handbook of Malesian Mosses*. Volume 1-3. British Museum (Natural History Museum Publication). London.
- Glime, J.M. (2006). *Bryophyte Ecology Vol. I: Physiological Ecology*. <http://www.bryoecol.mtu.edu/>, (Accessed on February 26, 2021).
- Glime, Janice. M. (2009). *Bryophyta Ecology Volume 1 Physiological Ecology*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologist.
- Glime, J.M. (2017). *Meet the Bryophytes*. In: Glime JM (ed). *Bryophyte Ecology: Physiological Ecology. Volume 1*. digitalcommons.mtu.edu
- Glime, J. M. (2017). *Water Relations: Movement. Chapt. 7-2*. In: Glime, J. M. *Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 17 July 2020 and available at <http://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>.
- Gradstein, S.R., Churchill, S.P. and Salazar-Alen, N. (2001). *Guide to The Bryophytes of Tropical America*. New York: The New York Botanical Garden.
- Gradstein, R. and H. Culmsee. (2010). Bryophyte diversity on tree trunks in montane forests of Central Sulawesi, Indonesia. *Tropical Bryology* 31: 95-105.
- Gradstein, S.R. (2011). *Guide to the Liverworts and Hornworts of Java*. SEAMO BIOTROP (Southeast Asian Regional Centre of Tropical Biology). Bogor, Indonesia.
- Haldoko, L.A., R. Muhammad, and Al. W. Purwoko. (2014). Karakteristik Batu Penyusun Candi Borobudur. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur* 8(1): 38-47.
- Imron, T., R.S.S. Nazli, dan S. Raharja. (2018). Strategi Pengembangan Pemasaran Batu Andesit (Studi Kasus pada PT Duta Keluarga Imfaco, Bogor Jawa Barat). *Manajemen IKM* 13(2): 127-136.
- Indriyanto. (2006). *Ekologi Hutan*. PT Bumi Aksara. Jakarta.
- Jackson, T. 2015. Weathering, secondary mineral genesis, and soil formation caused by lichens and mosses growing on granitic gneiss in a boreal forest environment. *Geoderma* 251-252, 78–91.
- Johnson, A. (1980). *Mosses of Singapore and Malaysia*. Singapore Univeristy Press. Singapore.
- Pharo, E.J., and Blanks, P.A.M. (2000). Managing a neglected component of biodiversity: a study of bryophyte diversity in production forest of Tasmanian's northeast. *Australian Forestry* 63(2): 128-135.
- Purwani, E. (2017). Penyusunan Modul Biologi SMA Berbasis Metakognisi pada Materi Plantae melalui Bryophyta di Kawasan Air Terjun Grojogan Sewu Karanganyar. *Prosiding Seminar Nasional SIMBIOSIS*

(II) p-ISSN: 9772599121008 e-ISSN:
9772613950003

- Richards, P.W. (1984). The ecology of tropical forest bryophytes. Dalam: Schuster, R.M. (ed.). 1984. *New manual of bryophyte*. The Hattori Botanical Laboratory, Nichian: 1233 - 1269.
- Saharjo, B.H., and Cornelio, G. (2011). Suksesi Alami Paska Kebakaran pada Hutan Sekunder di Desa Fatuquero, Kecamatan Railaco, Kabupaten Ermera-Timor Leste. *JURNAL SILVIKULTUR TROPIKA* 2(1): 40-45.
- Sasongko, H. Z. Salamah, and U. Nurjanah. 2019. Inventory and Characterization of Mosses Diversity (Bryophyta) in Sewu Temple Yogyakarta. *Advances in Biological Sciences Research* 10: 192-199.
- Sujadmiko, H. and Vitara, P.D. (2021). *Tumbuhan Lumut di Kampus UGM*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sun S-Q, Wu Y-H, Wang G-X, Zhou J, Yu D, et al. (2013). Bryophyte Species Richness and Composition along an Altitudinal Gradient in Gongga Mountain, China. *PLoS ONE* 8(3): e58131.
doi:10.1371/journal.pone.0058131.
- Tamanak, M.A., T. Berhиту, D.G. Ode, and Y.D.G. Cahyono. (2020). Pengaruh Pelapukan terhadap Kekuatan Batuan Andesit. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN II)* 2(1): 599-604.