|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| D:\project n Research\Logo_uin_walisongo.png | Bioeduca: Journal of Biology Education  <http://journal.walisongo.ac.id/index.php/bioeduca>  [ISSN 2714-8009](http://issn.lipi.go.id/issn.cgi?daftar&1472101787&1701&&2016) (*print*), 2715-7490 *(online)*  Volume x, Nomor x, Tahunxxxx  Hal. xx – xx |  |

Pengembangan *STEM* *E-Booklet* Tumbuhan Paku Curug Winong sebagai Sumber Belajar Siswa

**Febriyanto1, Yustinus Ulung Anggraito2**

1Universitas PGRI Semarang

2Universitas Negeri Semarang

\*Email : febri.durza01@gmail.com

|  |  |
| --- | --- |
| InformasiArtikel | ABSTRAK |
| Submit: XX – XX – 2019  Diterima: XX – XX – 2019  Dipublikasikan:XX – XX – 2019 | Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tumbuhan paku yang ada di Curug Winong dan hasil uji kelayakan produk E-booklet dari hasil penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development dengan ukuran trap 4 x 4 m. Hasil identifikasi tumbuhan paku tercatat 39 jenis tumbuhan paku yang terbagi dalam 17 famili, 6 ordo, dan 3 kelas. Persentase dominan terlihat dari perhitungan INP tertinggi yaitu *P. Biaurita* dan *S. Ornate*, sedangkan nilai INP yang terendah adalah *A. Evecta* dan *G. Verrucosum*. Indeks keanekaragaman tumbuhan di Curug Winong termasuk kriteria sedang. Hasil validasi ahli materi (77,78%), media (96,13%), tanggapan guru (91,67%), uji tumpang tindih (83,66%), dan tanggapan siswa (83,90%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa *E-booklet* yang dikembangkan layak digunakan sebagai sumber belajar. |
| **Kata kunci:** *Tumbuhan paku, sumber belajar, E-Booklet, Curug Winong* |
| Penerbit | **ABSTRACT** |
| Program Studi Pendidikan Biologi, FakultasSainsdanTeknologi, UIN Walisongo Semarang | *This study aims to determine the types of ferns in the Curug Winong and the results of the E-booklet product feasibility test from the research results. This research is a descriptive exploratory study. This research uses Research dan Development method with size trap was 4 x 4 m. The results of the identification of ferns recorded 39 species of ferns which are divided into 17 family, 6 ordo, and 3 classes. The dominant percentage can be seen from the highest INP calculation, namely P. Biaurita and S. Ornate, while the exposed INP values are A. Evecta and G. Verrucosum. The index of plant diversity in Curug Winong is of moderate criteria. The results of the validation of material experts (77.78%), media (96.13%), teacher responses (91.67%), overlap test (83.66%), and student responses (83.90%). These results indicate that the E-booklet that was developed is suitable to be used as a learning resource.* |
| ***Keywords:*** *Fern, Learning resourses, E-booklet, Curug Winong* |

***Copyright ©Tahun,* Bioeduca: Journal of Biology Education**

**PENDAHULUAN**

Tumbuhan paku merupakan tumbuhan vaskular tak berbiji yang memiliki sebaran paling luas dengan lebih dari 12.000 jenis (Campbell *et al*. 2012: 179). Tumbuhan paku memiliki beberapa peranan penting yaitu dalam pembentukan humus, melindungi tanah dari erosi, menjaga kelembaban tanah, dan salah satu tumbuhan pionir pada tahap awal suksesi ekosistem hutan. Nilai ekonomi tumbuhan paku ada pada keindahannya. Tumbuhan paku berperan sebagai bioindikator kosentrasi kation tanah pada hutan hujan (Zuquim *et al*. 2014) dan beberapa spesies dari genus Microsorum (Metuapuaa) telah dimanfaatkan untuk pengobatan tradisional (Delos & Bout, 2012).

Tumbuhan paku banyak ditemukan di area dengan kelembapan tinggi seperti hutan hujan tropis, daerah pegunungan, dan kawasan air terjun. Faktor lingkungan seperti suhu udara, cahaya kelembaban serta udara dan tanah. Tumbuhan paku ini dapat tumbuh pada daerah-daerah rawa, mangrove serta pegunungan yang memiliki kelembaban yang tinggi serta curah hujan yang tinggi (Katili, 2013).

Tumbuhan paku merupakan salah bahasan pada materi Plantae. Wawancara yang dilakukan kepada guru biologi SMA N 1 Kaliwiro menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan membedakan antara fase gametofit dan fase sporofit pada metagenesis tumbuhan paku dan belum mengetahui manfaat tumbuhan paku bagi kehidupan. Hal tersebut didukung dengan penelitian Zarisma *et al.* (2016) dari 38 siswa hanya 33,33% siswa menjawab benar mengenai ciri-ciri tumbuhan paku dan 38,89% siswa menjawab benar mengenai metagenesis tumbuhan paku.

Curug Winong merupakan salah satu kawasan air terjun yang terdapat di Kabupaten Wonosobo. Kawasan Curug Winong memiliki luas 2 Ha dengan ketinggian air terjun 100 m (wonosobokab.go.id). Ketinggian tempat kawasan Curug Winong mencapai 650. Van Steenis (2010) mengatakan tumbuhan paku biasanya tumbuh lebih banyak di dekat air terjun. Namun kegiatan observasi ke suatu tempat memiliki tantangan yang cukup besar dalam pelaksanaannya. Dibutuhkan perencanaan yang baik mulai dari perizinan hingga skenario kegiatan belajar di lokasi tersebut. Guru ataupun pihak sekolah kesulitan dalam menentukan waktu pelaksanaan dan pengontrolan terhadap siswa. Biorge *et al* (2017) mengatakan waktu yang disediakan kurikulum dan manajemen kelas menjadi tantangan bagi guru untuk melakukan pembelajaran luar kelas. Pembelajaran di luar sekolah memerlukan biaya, alat transportasi, tenaga dan jaminan keselamatan terhadap siswa, serta kemungkinan terganggunya jam pelajaran lain di sekolah.

Data hasil penelitian dapat menjadi suplemen pendukung bahan ajar yang bersifat kontekstual, menarik, dan terbaru. Hasil penelitian biologi bermanfaat untuk memberikan pengetahuan terkini mengenai keadaan di sekitar lingkungan siswa. Nyatanya, masih sedikit pemanfaatan hasil penelitian sebagai suplemen pembelajaran. Hasil penelitian dapat dijadikan sumber belajar yang menarik dengan mengemas dalam semua media pembelajaran yang sesuai dengan kemajuan teknologi. Adanya media dapat memvisualisasikan sesuatu yang abstrak menjadi lebih konkrit, membawa objek yang sulit atau berbahaya ke dalam situasi belajar, mempersingkat proses perkembangan yang memakan waktu lama. Media yang dipergunakan sebagai visualisasi agar dapat lingkungan belajar masuk dalam kelas adalah *E-booklet* dengan unsur STEM *(Science, Technology, Engennering, and Math)* berbasis *mobile learning.* Berdasarkan latar belakang di atas, diperlukan penelitian untuk mengeksplorasi keanekaragaman tumbuhan paku yang ada di Curug Winong dan mengetahui kelayakkan *E-booklet* hasil peneitian sebagai sumber belajar materi tumbuhan paku untuk siswa.

**METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) modifikasi dari Sugiyono (2017: 298). Metode R&D digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektian produk tersebut. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi adanya keanekaragaman tumbuhan paku di kawasan Curug Winong dengan membuat garis transek berpetak berukuran 4 x 4 m. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah Metode Deskriptif Eksploratif. Perhitungan keanekaragaman tumbuhan paku yang dihitung dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener. Selanjutnya data yang didapat dikembangkan menjadi sebuah produk yaitu *E-booklet*. Model pengembangan yang dikembangkan oleh Sugiyono (2017: 298) yang telah dimodifikasi, memiliki beberapa tahapan yaitu, studi pendahuluan, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba skala kecil, revisi produk.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

Hasil identifikasi tumbuhan paku di dua stasiun pengamatan, tercatat 39 jenis tumbuhan paku yang terbagi menjadi 17 suku, 6 bangsa, dan 3 kelas (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis-jenis Tumbuhan Paku di Curug Winong

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Suku | Jumlah jenis | Jenis | Stasiun | |
| 1 | 2 |
| Aspleniaceae | 2 | *Asplenium macrophyllum* |  |  |
| *Asplenium sp.* |  |  |
| Athyriaceae | 1 | *Diplazium sp.* |  |  |
| Blechnaceae | 1 | *Blechnum orientale* |  |  |
| Davalliaceae | 1 | *Davallia denticulate* |  |  |
| Dryopteridaceae | 2 | *Pleocnemia irregularis* |  |  |
| *Polystichum sp.* |  |  |
| Gleicheniaceae | 1 | *Dicranopteris linearis* |  |  |
| Lindsaeaceae | 2 | *Lindsaea ensifolia* |  |  |
| *Tapeinidium pinnatum* |  |  |
| Lygodiaceae | 1 | *Lygodium flexuosum* |  |  |
| Marattiaceae | 1 | *Angiopteris evecta* |  |  |
| Marsileaceae | 1 | *Marsilea crenata* |  |  |
| Nephrolepidaceae | 1 | *Nephrolepis biserrata* |  |  |
| Polypodiaceae | 6 | *Belvisia spicata* |  |  |
| *Drynaria quercifolia* |  |  |
| *Goniophlebium verrucosum* |  |  |
| *Phymatosorus membranifolium* |  |  |
| *Pyrrosia adnascens* |  |  |
| *Pyrrosia piloselloides* |  |  |
| Pteridaceae | 7 | *Adiantum concinnum* |  |  |
| *Adiantum hispidulum* |  |  |
| *Adiantum lunulatum* |  |  |
| *Adiantum raddianum* |  |  |
| *Pityrogramma calomelanos* |  |  |
| *Pteris biaurita* |  |  |
|  |  | *Pteris ensiformis* |  |  |
| Salviniaceae | 2 | *Azolla pinnata* |  |  |
| *Salvinia natans* |  |  |
| Selaginellaceae | 3 | *Selaginella ornate* |  |  |
| *Selaginella plana* |  |  |
| *Selaginella sp.* |  |  |
| Tectariaceae | 5 | *Stenosemia sp.* |  |  |
| *Tectaria melanocaula* |  |  |
| *Tectaria plantaginea* |  |  |
| *Tectaria zeylanica* |  |  |
| *Tectaria zollingeri* |  |  |
| Thelypteridaceae | 2 | *Christella dentate* |  |  |
| *Macrothelypteris torresiana* |  |  |

Indeks Nilai Penting suatu daerah menunjukkan kepentingan suatu jenis tumbuhan paku dalam komunitas. Nilai INP tumbuhan paku diperoleh dari akumulasi Dominansi Relatif (DR) dan Frekuensi Relatif (FR). Dalam penelitian ini, setiap stasiun yang dieksplorasi menunjukkan perbedaan jenis dengan INP tertinggi (Tabel 2).

Tabel 2. Lima Jenis Dominan pada Stasiun 1 dan Stasiun 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Stasiun 1 | INP | Stasiun 2 | INP |
| *P. biaurita* | 16,19 | *S. ornate* | 23,75 |
| *S. ornate* | 14,18 | *P. biaurita* | 22,19 |
| *C. dentate* | 14.14 | *P. calomelanos* | 20,90 |
| *S. natans* | 13,79 | *A. lunulatum* | 19.12 |
| *A. hispidulum* | 11,79 | *S. plana* | 12,48 |

Hasil penelitian tumbuhan paku yang telah didapatkan dari penelitian di kawasan Curug Winong hasil tersebut dikembangkan menjadi sebuah *E-booklet*. *E-booklet* keanekaragaman tumbuhan paku Curug Winong yang dikembangkan telah divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan guru biologi SMAN 1 Kaliwiro. Ahli materi dan media menilai komponen kelayakan berdasarkan keahlian yang dimiliki. Guru melakukan penilaian terhadap semua komponen kelayakan *E-booklet* karena guru yang akan nantinya akan menggunakan *E-booklet* sebagai suplemen pembelajaran secara langsung di dalam kelas. Hasil validasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi *E-booklet*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Validator | Persentase | Kriteria |
|  | Validasi materi | 77,78% | Layak |
|  | Validasi media | 96,13% | Sangat layak |
|  | Tanggapan guru | 91,67% | Sangat layak |
|  | Uji rumpang | 83,66% | Sangat layak |
|  | Tanggapan siswa | 83,90% | Sangat layak |

**Pembahasan**

Suku Pteridaceae memiliki anggota yang paling banyak yaitu 7 jenis, hal tersebut karena jenis-jenis tumbuhan paku dari famili Pteridaceae merupakan tumbuhan paku yang mampu tumbuh pada daerah yang terbuka dan kering hingga daerah yang lembab dan ternaungi pada ketinggian tertentu (Muswita, 2013). Hal ini sesuai dengan kondisi di Curug Winong, dimana sebagian besar anggota Pteridaceae dapat ditemukan pada kedua stasiun pengamatan.

Jenis dengan Indeks Nilai Penting tertinggi di stasiun satu adalah *P. biaurita* (16,19) dan jenis dengan indeks terendah adalah *A. evecta* (1,42). Hasil penelitian dari Rukmana (2018) menunjukkan bahwa *P. biaurita* merupakan jenis paku yang ditemukan pada semua habitat,  *P. biaurita* merupakan salah jenis dari suku Pteridaceae. Hal tersebut menunjukkan bahwa Curug Winong merupakan lokasi yang cocok untuk pertumbuhan *P. biaurita.* Hasil penelitian dari Darma *et al.* (2018) *A. evecta* merukapan salah satu jenis paku yang memiliki nilai FR rendah sebesar 2,73%. Hal ini dikarenakan jenis tersebut tumbuh dengan baik pada kisaran suhu antara 19-27 OC (Hartini, 2015). Suhu di stasiun satu terukur sebesar 27 OC yang merupakan batas ambang maksimal bagi pertumbuhan dari *A. evecta.* Hal ini menyebabkan paku pertumbuhan *A. evecta* kurang baik di Stasiun satu. Perhitungan nilai INP stasiun dua, jenis yang memiliki nilai tertinggi yaitu *S. ornate* (23,75) dan jenis terendah adalah *G. verrucosum* (0,94) Secara keseluruhan, jenis yang memiliki nilai INP tertinggi di kawasan Curug Winong adalah *S. ornate*. Hal ini menunjukkan bahwa jenis ini memiliki jumlah individu terbanyak dan paling sering ditemukan pada plot penelitian.

Stasiun satu merupakan pintu masuk menuju air terjun. Stasiun ini terdiri atas areal persawahan yang luas dan ladang yang digunakan untuk menanam pohon salak sehingga memiliki kanopi cukup rapat. Sawah merupakan habitat yang cocok untuk jenis paku air seperti *S. natans.* Melimpahnya jumlah individu akan menciptakan komunitas *S. natans* pada areal persawahan. Hal tersebut akan membuat paku tersebut menjadi jenis yang dominan dan meiliki nilai DR yang besar. *S. ornate* merupakan jenis tumbuhan paku yang memiliki nilai FR tertinggi. Jenis ini hampir dapat ditemukan pada setiap plot penelitian pada stasiun tersebut.

Stasiun dua merupakan kawasan air terjun yang memiliki banyak bebatuan pada tepian sungai. Air terjun ini dikelilingi oleh hutan albasia dan hutan pinus sehingga memiliki kanopi yang cukup rapat. Pada stasiun ini *S. ornate* dapat ditemukan sangat melimpah sehingga memiliki nilai DR yang tinggi dan *P. biaurita* merupakan jenis tumbuhan paku yang hampir dapat ditemukan pada setiap plot pengamatan sehingga memiliki nilai FR yang tinggi. Tinggi rendahnya nilai DR dan FR suatu jenis menunjukkan keadaan lingkungan sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan jenis paku tersebut (Hutasuhud, 2018).Tingginya nilai DR atau FR belum dapat dikatan bahwa jenis tumbuhan paku dominan pada suatu area. Tumbuhan paku dapat dikatan menguasi suatu area apabila jumlah individu melimpah dan dapat ditemukan pada setiap plot penelitian yang menandakan bahwa lingkungan sesuai untuk untuk mendukung pertumbuhan dari tumbuhan paku.

Komposisi kelima jenis tumbuhan paku pada setiap stasiun, beberapa jenis tumbuhan paku yang penyebarannya pada tempat tertutup dan sebagain jenis tumbuh di tempat terbuka pada daerah rendah. *Pteris biaurita* merupakan jenis paku yang mampu hidup pada habitat mulai daridataran rendah hingga dataran tinggi (Yudhayana, 2013). Sama halnya dengan *P. biaurita,* jenis *P.calomelanos* merupakan tumbuhan paku yang hidup dengan naungan yang tidak terlalu rapat mulai dari dataran rendah hingga ketinggian tertentu (Astuti *et al.* 2018). Suku *Selaginella* memiliki toleransi yang tinggi terhadap lingkungan. Selain itu, jenis paku tersebut memiliki kemampuan bersaing terhadap jenis lainnya (Wong 2010). *S.ornate* merupakan jenis paku yang hidup pada daerah tertutup. Setyawan & Sugiyarto (2015) menjelaskan bahwa jenis paku ini membutuhkan banyak air untuk pertumbuhan dan reproduksinya, sehingga tumbuhan ini banyak di temukan hidup di kawasan yang lembab seperti mata air, lereng gunung, sungai serta tebing yang lembab. Oleh karena itu, *S. ornate* banyak ditemukan pada kawasan Curug Winong karena tempat tersebut dekat dengan mata air serta kelembaban yang tinggi.

Jenis *A. hispidulum* dan *A. lunulatum* merupakan jenis paku yang dikenal dengan suplir. Sukrasa *et al.* (2011) mengatakan jenis tumbuhan ini hidup pada daerah lembab yang ternaungi. Jenis-jenis suplir ini memiliki kemampuan menghasilkan spora yang banyak dan dapat menyebar dengan bantuan angin serta air. Hal inilah yang menyebabkan kedua jenis ini banyak di temukan dan tersebar luas pada kawasan Curug Winong. Perbedaan jenis tumbuhan paku yang ditemukan akan mempengaruhi indeks keanekaragaman (H’), kemerataan (E), dan persamaan komposisi (IS) pada kedua stasiun pengamatan. Rekapitulasi data tersebut dapat diringkas seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Indek Keanekaragaman, Kemerataan, dan Kesamaan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Indeks | Stasiun 1 | Stasiun 2 |
| H’  E | 2.988  0.525 | 2.913  0.460 |
| IS | 68.96% | |

Keterangan:

H’ : Indek keanekaragaman jenis

E : Indeks kemerataan jenis

IS : Indeks persamaan jenis

Hasil analisis dengan menggunakan indeks *Shannon-Wiener* menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman jenis tumbuhan paku kedua stasiun dikategorikan dalam kategori sedang (1<H’<3). Nilai keragaman pada kedua stasiun berturut yaitu 2,99 dan 2,91. Sejalan dengan keanekaragaman, indeks kemerataan kedua stasiun pada kateori sedang (0<E<1). Keragaman sedang disebabkan terdapat beberapa jenis lebih tumbuhan paku yang dominan dibandingkan jenis lain di dalam suatu komunitas serta tidak meratanya penyebaran jenis-jenis tumbuhan paku. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya keanekaragaman di Curug Winong adalah kondisi lingungan seperti iklim mikro dan juga adanya gangguan baik secara alami ataupun karena kegiatan manusia.

Indeks kesamaan digunakan untuk melihat persamaan komposisi tumbuhan paku. Hasil perhitungan menunjukkan kedua stasiun memiliki komposisi jenis yang mirip 50%<Is<75%. Persamaan jenis dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang relatif sama pada kedua stasiun. Indeks keanekaragaman pada kedua stasiun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal tersebut disebabkan kedua stasiun memiliki faktor lingkungan yang hampir sama, sehingga komposisi tumbuhan tidak jauh berbeda. Apabila komposisi jenis pada dua area yang dibandingkan hampir sama mengindikasikan bahwa tidak ada perbedaan lingkungan yang sangat menonjol antara kedua tempat tersebut (Umar, 2013). Persamaan faktor lingkungan pada kedua tempat akan mempengaruhi tumbuhan paku yang tumbuh pada kedua lokasi. Hal tersebut dapat dilihat pada indeks kesamaan yang menunjukkan bahwa kedua lokasi memiliki jenis tumbuhan paku yang mirip dengan presentase 65%. Sejalan dengan indeks keanekaragaman, indeks kemerataan menunjukkan kategori sedang pada kedua lokasi. Nilai indeks kanekaragaman dipengaruhi oleh nilai indeks kemerataan. Apabila suatu komunitas terdiri dari jenis yang merata, maka komunitas akan memiliki keanekaragaman sedang hingga tinggi (Fachrul, 2007: 51).

Ketinggian tempat akan mempengaruhi faktor lingkungan yang lain. Semakin tinggi suatu daerah, maka suhu dan kelembapan akan menurun. Khan *et al. (*2011) menjelaskan semakin tinggi tempat, jumlah jenis tumbuhan akan semakin sedikit dikarenakan perubahan suhu dan kelembapan yang semakin dingin. Curug Winong memiliki kisaran suhu 26-27 oC, merupakan suhu optimum untuk beberapa tumbuhan paku seperti *P. biaurita, C. dentata, P. irregularis, P. membranifolium,* dan *N. bisserta* (Nawawi *et al.* 2014). Kelembapan akan berpengaruh terhadap pH tanah. Lubis (2009) menyebutkan bahwa tanah yang lembab memiliki pH yang rendah, sedangkan tanah yang kering cendrung memiliki pH yang tinggi. Curug Winong memiliki kisaran pH antara 6,3 – 6,8 yang dikategorikan pH yang optimum untuk pertumbuhan paku-pakuan. Tumbuhan paku yang banyak ditemukan pada pH rendah diantaranya marga Adiantum dan marga Pteris. Sedangkan tumbuhan paku yang menyenangi pH basa diantaranya *Selaginella sp,P. piloselloides, T. plantaginea, Pyrrosia adnascens* dan jenis lainnya yang ditandai dengan hidup epifit pada areal batuan terbuka. Drajat keasaman atau pH berpengaruh terhadap penyerapan zat hara dan pertumbuhan meliputi pengaruh dari zat beracun dan kelembaban zat hara. Sebagian besar paku-pakuan tumbuh subur pada tanah dengan pH asam antara 5,5-6,5, tetapi untuk di daerah batu-batuan paku membutuhkan pH yang lebih basa, yaitu 7-8 (Sandy *et al.* 2016).

Kelembapan tanah tidak terlepas dari pengaruh intensitas cahaya matahari. Tingginya kelembapan menandakan bahwa intensitas cahaya suatu daerah rendah. Intensitas cahaya yang rendah akan mempengaruhi pertumbuhan jenis paku khususnya yang memerlukan intensitas cahaya tinggi seperti *D. linearis. D. linearis* merupakan jenis paku yang tumbuh ditempat terbuka (Holtum, 1966). Rendahnya intensitas membuat tanah menjadi lembab yang akan meciptakan kondisi lingkungan yang cocok untuk jenis paku lain sehingga jenis *D. linearis* akan hilang.

Faktor lingkungan akan mempengaruhi komposisi tumbuhan paku di Curug Winong. Komposisi terebut yang akan menciptakan keanekaragama jenis yang tinggi. Indeks keanekaragaman jenis (H’) digunakan untuk mengukur stabilitas komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil meskipun ada gangguan terhadap komponennya (Sulastri *et al.* 2019). Suatu komunitas dikatakan memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi jika komunitas tersebut tersusun banyak jenis. Suatu komunitas dikatakan memiliki keanekaragaman jenis rendah jika komunitas itu disusun oleh sedikit jenis (Tujudki *et al.* 2014). Kategori sedang menunjukkan bahwa kawasan Curug Winong memiliki komunitas yang relatif stabil dan berpotensi untuk mengalami kestabilan yang lebih baik.

Penilaian kelayakan selain dilakukan oleh ahli dan guru biologi, diperoleh pula dari siswa melalui angket tanggapan siswa. Penilaian kelayakan *E-booklet* oleh siswa dilakukan pada saat uji coba skala kecil. Lembar penilaian *E-booklet* mengacu pada peraturan BNSP tahun 2014 yang telah dimodifikasi. Komponen yang dinilai dari penilaian kelayakan materi diantaranya adalah dimensi pengetahuan, kebahasaan, dan teknik penyajian. Aspek yang dinilai dalam dimensi pengetahuan antara lain yaitu relevansi tujuan pembelajaran dengan Kompetensi Dasar, akurasi materi, dan kontekstual materi. Penilaian dari validator memperoleh nilai persentase yang yang tinggi sebesar 83,3%. Penyajian materi *E-booklet* diawali dengan memperkenalkan kawasan Curug Winong. Selanjutnya, memperkenalkan tumbuhan paku dengan mendeskripsikan skema kekerabatan dari tumbuhan paku, morfologi secara umum, habitat dari beberapa tumbuhan paku, dan persemaan serta perbedaan tumbuhan paku dengan tumbuhan yang lain. Setelah pembaca mengenal tumbuhan paku, disajikan data pengamatan dari penelitian yang dilakukan di Curug Winong, disajikan materi mengenai siklus hidup tumbuhan paku disusul dengan peranan tumbuhan paku bagi kehidupan dan lingkungan. Dengan ini, dapat dikatakan bahwa penyajian dalam *E-booklet* runtut.

Validasi selanjutnya dari segi media yang divalidasi oleh ahli media dari Universitas Negeri Semarang. Aspek yang dinilai meliputi aspek rekayasa perangkat lunak dan aspek komunikasi audio visual. Komponen yang dinilai dari aspek yang pertama adalah efektif dan efisien, reliabilitas (kehandalan/program dapat berjalan lancar), *maintainable* (dapat dipelihara/ dikelola dengan mudah), Usabilitas (mudah digunakan dan sederana dalam pengoprasiannya), kompatibilitas (media pembelajaran dapat dijalankan di berbagai *software* dan *hardware*), pemaketan program media, dan *reusable* (sebagian atau seluruh program media pembelajaran dapat dimanfaatkan kiembali untuk mengembangkan media pembelajaran lain). Hasil validasi aspek rekayasa perangkat lunak memperoleh nilai persentase sebesar 96,43%. *E-booklet* yang dikembangkan berada pada kriteria sangat baik.

*E-booklet* digunakan sebagai alternatif media untuk mempelajari materi tumbuhan paku. Media *E-booklet* dijalankan pada *smartphone* dengan sistem operasi android. Saat ini, smartphone merupakan barang yang akrab bagi setiap siswa. Penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2017) menyatakan bahwa hampir 96 % siswa telah akrab dan biasa menggunakan *smartphone*. *E-booklet* yang dikembangkan berupa aplikasi *mobile learning* yang sesuaikan dengan aplikasi yang banyak digunakan oleh siswa. Sukiman (2012) berpendapat adanya *E-booklet* tersebut dapat digunakan untuk memperjelas penyajian materi sehingga dapat meningkatkan motivasi belajar serta mampu mengatasi keterbatasan ruang, dan waktu sehingga pembelajar akan lebih efektif dan efisien. *E-booklet* yang dikembangkan mudah untuk dijalankan oleh siswa dengan navigasi yang sederhana sehingga mudah dipahami bagi pembaca yang baru pertama kali mengoprasikannya. Amirullah & Hardinata (2015) dalam penelitiannya menyatakan bahwa media yang memiliki tampilan jelas, rapi serta memiliki kualitas yang baik pada aspek tulisan, rekayasa perangkat lunak, dan tampilan adalah ciri-ciri media yang baik.

Secara keseluruhan *E-booklet* yang dikembangkan memiliki kelebihan diantaranya dapat diinstal pada *smartphone* yang berbasis android dan tidak memerlukan ram yang besar sehingga memudahkan siswa untuk membawa media. Navigasi mudah untuk digunakan, praktis diaplikasikan pada saat pembelajaran, desain aplikasi menarik, serta menggunakan bahasa yang disesuaikan dengan perkembangan siswa sehingga mudah untuk dipahami dan mampu membangkitkan minat siswa untuk belajar mengenai materi tumbuhan paku melalui media *E-booklet.* Selain itu, E-booklet ini memadukan unsur STEM *(Science, Technology, Engennering, and Math)* sebagai pendekatan tambahan dalam pembelajaran. Adanya STEM akan meningkatkan aktivitas siswa dalam mengkolaborasi antara pengetahuan, teknologi, dan keterampilan yang mereka miliki untuk mengasah kemampuan berpikir kreatif siswa. Hasil penelitian dari Jauharriyah (2017) menyimpulkan pembelajaran berbasis STEM dapat melatih dan meningkatkan literasi sains, motivasi, pemahaman materi, kemampuan berpikir kreatif, efektifitas, pembelajaran bermakna, dan menunjang karir di masa depan. Penilaian oleh ahli dan guru mendapat persentase rata-rata sebesar 88.53% dengan kriteria layak. Dengan demikian *E-booklet* yang dikembangkan telah memenui standar kelayakan menurut BNSP tahun 2014. Hal ini didukung dengan penelitian dari Sulastri *et al.* (2019) yang mendapat persentase sebesar 81% dalam mengembangkan modul tumbuhan paku di kawasan Candi Muncar Wonogiri sebagai sumber belajar.

Uji coba skala kecil dilakukan pada enam belas siswa kelas X MIPA SMAN 1 Kaliwiro dengan tingkat kemampuan yang berbeda. Uji coba skala kecil bertujuan untuk mengetahui tingkat keterbacaan *E-booklet* dan tanggapan siswa terhadap *E-booklet*. Peserta didik diminta mengisi uji rumpang, yaitu teknik tes tertulis untuk menguji siswa dengan cara mengisi bagian rumpang yang terdapat dalam sebuah wacana. Uji rumpang digunakan sebagai alat ukur keterbacaan *E-booklet* yang telah dikembangkan. Uji rumpang tersebut diperoleh rata-rata persentase 83,66% dengan kriteria tinggi. Hal ini dibuktikan dengan perolehan persentase peserta didik dengan tingkat kemampuan rendah lebih dari 60%. Hal ini didukung dengan hasil penelitian dari Kairil *et al.* (2016) yang menyimpulkan bahwa uji rumpang merupakan teknik yang efektif untuk mengetahui tingkat keterbacaan dari suatu bahan ajar.

Selain itu, siswa diminta untuk mengisi angket tanggapan mengenai *E-booklet* yang dikembangkan. Pengisian angket bertujuan untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap *E-booklet* yang dikembangkan. Nilai rata-rata persentase yang diperoleh dari angket tanggapan siswa skala kecil sebesar 83,90% dengan kriteria baik. Kriteria baik oleh siswa menunjukan bahwa *E-booklet* yang dikembangkan cocok digunakan sebagai sumber belajar biologi SMA. *E-booklet* hasil pengembangan tentunya memiliki kekurangan dan keterbatasan. Keterbatasan tersebut seperti pengoprasian aplikasi harus menggunakan jaringan internet, apabila kualitas internet kurang baik maka proses pemunculan gambar pada *E-booklet* akan sedikit lebih lama. Adanya *E-booklet* tumbuhan paku Curug Winong diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai kekayaan hayati serta keindahan yang terdapat di Curug Winong, dengan demikian siswa menjadi sadar untuk meningkatkan sikap peduli terhadap ligkungan agar kelestarian hayati khususnya tumbuhan paku tetap terjaga

**SIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Hasil penelitian keanekaragaman tumbuhan paku di Curug Winong jenis tumbuhan paku yang teridentifikasi sebanyak 39 jenis yang terdiri dari 17 suku, 6 bangsa, dan 3 kelas. Keanekaraman Curug Winong dalam kategori sedang, didominasi oleh jenis S. ornate pada stasiun pertama dan P. biaurita pada stasiun kedua.
2. E-booklet keanekaragaman tumbuhan paku Curug Winong yang telah dikembangkan memperoleh kriteria layak digunakan sebagai suplemen belajar biologi khususnya materi tumbuhan paku kelas X SMA dengan penilaian validator materi 77,78%, validator media 96,13%, tanggapan guru 91,67%, tanggapan siswa 83,90%, dan keterbacaan E-booklet oleh siswa sebesar 83,66%.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih diberikan kepada jajaran Universitas PGRI Semarang dan Universitas Negeri Semarang yang telah bekerja sama dalam penelitian dan penyusunan artikel. Selain itu, Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk SMA Negeri 1 Kaliwiro yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian. Tak lupa seluruh orang yang terlibat dalam proses penyusunan artikel ini. Segala perbuatan baik semoga mendapatkan kebaikan dari Tuhan yang maha Esa.

**RUJUKAN**

Amirullah, G. & R. Harinata. (2015). Pengembangan *Mobile Learning* bagi Pembelajaran. *Jurnal Kesejahteraan Keluarga dan pendidikan*. Volume 4(2): 97- 101.

Astuti, F. K., Murningsih., Jumari. (2017). Keanekaragaman Jenistumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Jalur Pendakian Selo Kawasan Taman Nasional Gunung Merbabu, Jawa Tengah. *Jurnal Biologi.* Volume 6(2): 1-6.

Biorge, S., T. Hannah., P. Rekstad, & T. Pauly. (2017). *The Behavioral Effects of Learning Outdoors*. Retrieved from Sophia, the St. Catherine University.

Campbell N A, J B Reece, L A Urry, M L Cain, S A Wasserman, P V Minorsky, and R B jackson. (2012). *Biologi Jilid 2 edisi 8 (alih bahasa).* Jakarta: Erlangga.

Darma, I. D. P., W. S. , A. Priyadi., R. Iryadi. (2018). Paku Epifit dan Pohon Inangnya di Bukit Pengelengan, Tapak dan Lesung, Bedugul, Bali. *Jurnal Penelitian dan Konservasi Alam.* Volume 15(1): 41-50.

Delos, A. M, & I Buot. (2012). Orders and Families of Philippine Pteridophytes. *Journal of Nature Studies*. Volume 11 (1&2): 19-33.

Fachrul, M. F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Holttum RE. (1966). *A. Revised Flora of Malaya*: *Vol. II, Ferns of Malaya.* Singapura (SG): Government Printing Office.

<https://wonosobokab.go.id/website/index.php/berita/mitra-pemkab/item/102-wisata-alam> diakses pada tanggal 1 Februari 2019, pukul 21.33 WIB.

Hutasuhud, M. A. (2018). Keanekaragaman Tumbuhan Herba di Cagar Alam Sibolangit. *Klorofil*. Volume 1(2): 69-77.

Jauhariyyah, F. R., H. Suwono., Ibrohim. (2017). Science, Technology, Engineering and Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Pembelajaran Sains. *Pros. Seminar Pend. IPA Pascasarjana UM*. Volume 2: 432-436.

Katili. (2013). Deskripsi Pola Penyebaran Dan Faktor Bioekologis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Cagar Alam Gunung Ambang Kawasan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *Jurnal. Saintek.* Volume7(1): 35-41.

Khairil., Salam., A. F. Junus. (2016). Keterbacaan Wacana dalam Buku Teks Bahasa Indonesia “Ekspresi Diri dan Akademik” Cetakan Kedua Melalui Cloze Test Siswa Kelas X SMA 1 Makassar. *Jurnal Retorika*. Volume 9(1): 33-39.

Khan, S. M., D. Haeper., S. Page., H. Amad.( 2011). Species and Community Diversity of Vascular Flora Along Environmental Radient in Naran Valley: a Multivariate Approach Through Indicator Species Analysis.  *Journal Botany.* Volume43(5):2337-2346.

Lubis, S.R. (2009). *Keanekaragaman dan Pola Distribusi Tumbuhan Paku di Hutan Wisata Alam Taman Eden Kabupaten Toba Samosir Provinsi Sumatera Utara.* Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Muswita, P M., Indama., M. E. Sanjaya. (2013). Studi Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku di Taman Nasional Bukit Duabelas Provinsi Jambi. *Jurnal Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.* hal: 1-6.

Nawawi., Indriyanto. & Duryat. (2014). Identifikasi Jenis Epifit dan Tumbuhan yang Menjadi Penopangnya di Blok Perlindungan dalam Kawasan Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Sylva Lestari.* Volume2 (3): 39-48.

Rukmana, E. (2018). Keanekaragaman Tumbuhan Paku Terestrial pada Tiga Jenis Ekosistem di Taman Nasional Gunung Ciremai. *Tesis.* Bogor: Institut Pertanian Bogor

Sandy, P., Hudha. & Latifa. (2016). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*) di Kawasan Air Terjun Lawean Sendang Kabupaten. Malang. dalam: *Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016*. Malang

Saputra, G. E. A. (2017). Pengaruh *Smartphone* terhadap Aktivitas Belajar Siswa Kelas X SMA Muhammaddiyah 7 Yogyakarta. *Naskah Publikasi.* Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Setyawan, A. D. & Sugiyarto. (2015). Diversity of Selaginella in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Volume. 1 (6), 1312 -1317.

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta

Sukiman. (2012). *Pengembangan Media Pembelajaran.* Yogyakarta: Pedago.

Sukrasa., Aprilian , H., Chasanah, T. (2011). Diversity Species Tumbuhan Paku hias dalam Upaya Melestarikan Sumberdaya Hayati Kebun Raya Baturraden. *Biosfer.* Volume 28 (1).

Sulastri., T. Wiharti., A.A Nugroho. (2019). Keanekaragaman Tumbuhan Paku di Kawasan Wisata Alam Candi Muncar Wonogiri sebagai Bahan Penyusunan Modul Pembelajaran. *Journal of Biology Learning.* Volume 1(1): 25-35.

Umar, R. (2013). *Ekologi Umum*. Universitas Hasanuddin: Makassar.

Van Steenis, C.G.G.J., A. Hamzah, & M. Toha. (2006). Flora Pegunungan Jawa. *Pusat Penelitian Biologi-LIPI,* Bogor.

Wong K. M. (2010). *Selaginellaceae.* Di dalam: Parris BS, Kiew R, Chung RCK, Saw LG, Soepadmo E, editor. *Flora of Peninsular Malaysia; Ferns and Lycophytes* Vol 1. Kepong, Selangor Darul Ehsan (MY). Forest Research Institut Malaysia 52109.

Yudhayana, A.( 2013). 3500 *Plant Species of the botanical Garden Indonesia*. Jakarta: LIPI.

Zarisma, U., Q. Mahwar., & D. M. Nuri.(2016). Identifikasi Kesulitan Belajar Peserta Didik pada Materi Dunia Tumbuhan Kelas X SMA Negeri 1 Sambas. *Jurnal Biologi Education*. Volume 3(2): 33-41.

Zuquim, G., H. Tuomisto., M.M. Jones., J. Prado., F.O.G. Figueiredo., G.M. Moulatlet., F.R.C. Costa., C.A. Quesada, & T. Emilio. (2014). Predicting environmental gradients with fern species composition in Brazilian Amazonia. *Journal of Vegetation Science*. Volume 10:1-1