



**KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU
(PTERIDOPHYTA) DARI HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA
“DATARAN TINGGI YANG”, PEGUNUNGANAN ARGOPURO**

SKRIPSI

Oleh:

**Aswar Anas
NIM. 111810401036**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU
(PTERIDOPHYTA) DARI HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA
“DATARAN TINGGI YANG”, PEGUNUNGANAN ARGOPURO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Biologi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

**Aswar Anas
NIM. 111810401036**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Dengan nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. ibunda tercinta Siti Imro'atus Soleha dan ayahanda tercinta Kamsiyo yang telah memberikan kasih sayang, do'a restu dan pengorbanan tiada henti;
2. kakakku tercinta Iskandar Abdul Kornen, S.Sos yang selalu mendukung dan memberi semangat;
3. semua guru yang telah mendidik dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, terima kasih yang tak terhingga atas ilmu yang Engkau berikan;
4. Almamater Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Bertakwalah pada Allah maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

(Surat Al-Baqarah, 282) *)

“Barangsiapa menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu (syar’i), maka Allah akan memudahkan jalan baginya menuju surga.”

(HR. Muslim no: 2699 dari Abi Hurairah)

*) Yayasan Penyelenggara Penerjemah/Penafsir Al Quran. 1971. *Al Quran dan Terjemahan*. Saudi Arabia.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Aswar Anas

NIM : 111810401036

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DARI HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA "DATARAN TINGGI YANG", PEGUNUNGAN ARGOPURO" adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Penelitian ini didanai sepenuhnya oleh Dra. Dwi Setyati, M.Si dan Fuad Bahrul Ulum, S.Si, M.Sc. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2016

Yang Menyatakan,

Aswar Anas

NIM 111810401036

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DARI
HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA “DATARAN TINGGI YANG”,
PEGUNUNGAN ARGOPURO**

Oleh

Aswar Anas
NIM 111810401036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama: Dra. Dwi Setyati, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota: Fuad Bahrul Ulum, S.Si, M.Sc

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DARI HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA “DATARAN TINGGI YANG”, PEGUNUNGAN ARGOPURO**”, telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji,

Ketua,

Sekretaris,

Dra. Dwi Setyati, M.Si.
NIP 196404171991032001

Fuad Bahrul Ulum, S.Si, M.Sc.
NIP 198409262008121001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Moh. Imron Rosyidi, M.Sc.
NIP 196205051988021001

Prof. Dr. Sudarmadji, MA.
NIP 195005071982121001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DARI HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA “DATARAN TINGGI YANG”, PEGUNUNGAN ARGOPURO; Aswar Anas, 111810401036; 2015: 34 halaman; Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tumbuhan paku merupakan tumbuhan perintis yang dapat ditemukan di setiap tipe kawasan hutan dan memegang peran penting dalam menyusun ekosistem hutan. Tumbuhan paku menggunakan spora sebagai alat perbanyakan generatifnya. Spora merupakan awal perkembangan dari fase gametofit dari tumbuhan paku dan merupakan hasil dari perkembangan fase sporofitnya. Spora tersusun atas bagian luar yang tebal disebut eksin, dan bagian dalam yang tipis disebut intin. Tipe-tipe spora pada tumbuhan paku dibagi menjadi 2 tipe yaitu *monolete* dan *trilete*. Pembagian bentuk spora tersebut berdasarkan ada tidaknya struktur tipis yang menyerupai *aperture* yaitu bekas luka spora tetrad. Karakteristik dari masing-masing spora dapat dijadikan sebagai landasan untuk membedakan masing-masing jenis tumbuhan paku.

Tumbuhan paku sebagian besar hidup di kawasan yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi misalnya di hutan dataran tinggi salah satu tempat yang sesuai yaitu Hutan Lumut Pegunungan Argopuro. Pegunungan Argopuro merupakan salah satu pegunungan yang terletak di 4 Kabupaten di Jawa Timur: yaitu Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Jember, Kabupaten Bondowoso, dan Kabupaten Situbondo. Eksplorasi dan penelitian tumbuhan paku khususnya penelitian tentang spora di kawasan Pegunungan Argopuro belum pernah dilakukan. Penelitian ini untuk memperoleh data keragaman hayati spora tumbuhan paku bermanfaat dalam mendukung upaya konservasi keragaman hayati.

Pengambilan sampel spora tumbuhan paku dilaksanakan selama 3 hari, (5-8 Juli 2015) yang berlokasi di Hutan Lumut Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang”,

Pegunungan Argopuro. Pengambilan spesimen dilakukan di sepanjang jalur pendakian hutan lumut, dilanjutkan deskripsi jenis spora di Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Verifikasi nama-nama jenis paku dilakukan di Pusat Penelitian LIPI Cibinong. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode acak terstruktur pada sekitar jalur pendakian hutan lumut sepanjang 2 km yang terbagi menjadi 20 titik dengan masing-masing titik berjarak 100 meter. Dari tiap titik kemudian dibuat plot persegi panjang dengan panjang 15 meter dan lebar 6 meter. Pengambilan spesimen paku epifit dilakukan pada masing-masing plot yang permukaan batangnya terdapat paku epifit setinggi $\pm 1,5$ meter dari permukaan tanah. Demikian pula pengambilan spesimen paku terestrial juga dilakukan di setiap plot. Pada masing-masing plot juga dilakukan pengukuran data abiotik yang meliputi temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, lokasi geospasial dan ketinggian lokasi. Spora yang diperoleh kemudian dibuat preparat spora dengan menggunakan metode asetolisis, dan diamati dibawah mikroskop dengan menggunakan perbesaran 400 kali. Parameter spora yang diamati adalah tipe, bentuk, ukuran, ornamentasi eksin pada spora.

Penelitian karakterisasi spora tumbuhan paku (Pteridophyta) dari hutan lumut suaka margasatwa “Dataran Tinggi Yang” pegunungan Argopuro didapatkan 15 jenis tumbuhan paku yang berspora yaitu *Pteris tripartita*, *Antrophyum subfalcatum*, *Asplenium scolopendrium*, *Asplenium excisum*, *Asplenium normale*, *Blechnum nudum*, *Lastreopsis rufescens*, *Lastreopsis munita*, *Lastreopsis smithiana*, *Lastreopsis grayi*, *Sticherus lobatus*, *Dictymia brownii*, *Vaginularia acrocarpa*, *Diplazium pallidum* dan *Athyrium mearsianum*. Dari ke 15 jenis tumbuhan paku tersebut didapatkan 2 tipe spora yaitu *monolete* dan *trilete*. Spora *trilete* ditemukan pada 2 jenis paku yaitu *Pteris tripartita* dan *Antrophyum subfalcatum*, sedangkan tipe *monolete* dijumpai pada ke 13 jenis tumbuhan paku yang lain. Spora tumbuhan paku yang telah diamati didapatkan 5 bentuk yaitu *prolate*, *peroblate*, *oblate*, *subspheroidal*, dan *suboblate* dan 5 bentuk ornamentasi eksin yaitu *psilate*, *verrucate*, *scabarate*, *echinate* dan *rugulate*.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “KARAKTERISASI SPORA TUMBUHAN PAKU (PTERIDOPHYTA) DARI HUTAN LUMUT SUAKA MARGASATWA “DATARAN TINGGI YANG”, PEGUNUNGAN ARGOPURO” ini dengan baik.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak menerima bantuan dari berbagai pihak yang bersifat materiil, bimbingan maupun semangat. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa penghargaan dan terima kasih kepada :

1. Dra. Dwi Setyati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Fuad Bahrul Ulum, S.Si, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang banyak meluangkan waktu, bimbingan serta arahan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini;
2. Drs. Moh. Imron Rosyidi, M.Sc., dan Prof. Dr. Sudarmadji, MA., selaku Dosen Penguji, yang banyak memberikan bimbingan, kritik dan saran bagi penulis hingga selesai penulisan skripsi ini;
3. Dra. Dwi Setyati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan motivasi selama penulis menjadi mahasiswa;
4. orang tua, saudara dan keluarga besar yang telah memberikan motivasi dan mendoakan selama penulis mengerjakan skripsi;
5. segenap civitas akademika Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah membantu selama masa perkuliahan;
6. Ibu Ulfatul Inayah selaku teknisi laboratorium botani yang banyak meluangkan waktunya untuk membantu dalam kegiatan penyediaan alat lab dan selama kegiatan identifikasi berlangsung.
7. para ahli paku serta para staf pegawai LIPI Cibinong yang telah membantu proses identifikasi lanjutan hingga selesai;

8. teman-teman tercinta angkatan 2011 Jurusan Biologi Universitas Jember yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan. Amin.

Jember, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hutan Lumut di Pegunungan Argopuro	4
2.1.1 Habitat Tumbuhan Paku	4
2.2 Tumbuhan Paku	5
2.2.1 Klasifikasi Tumbuhan Paku	5
2.2.2 Morfologi Tumbuhan Paku	5
2.2.3 Siklus Hidup Tumbuhan Paku	7
2.2.4 Spora Pada Tumbuhan Paku	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12

3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Penentuan Lokasi Penelitian	13
3.3.2 Pengambilan Sampel Tumbuhan Paku	13
3.3.3 Identifikasi Tumbuhan Paku	14
3.3.4 Pembuatan Herbarium	15
3.3.5 Pembuatan Preparat Spora	15
3.3.6 Pengamatan Spora	17
3.3.7 Determinasi Spora	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Karakteristik Spora Tumbuhan Paku	20
4.2 Kunci Identifikasi Spora Tumbuhan Paku	30
4.3 Hutan Lumut Sebagai Habitat Tumbuhan Paku	31
BAB 5. PENUTUP	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Jenis – jenis dan Karakteristik Spora Tumbuhan Paku dari Hutan Lumut Pegunungan Argopuro	20

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Morfologi Tumbuhan Paku	6
Gambar 2.2 Variasi Daun Tumbuhan Paku	7
Gambar 2.3 Siklus Hidup Pteridophyta	8
Gambar 2.4 Tipe-tipe Spora Tumbuhan Paku.....	9
Gambar 2.5 Struktur Anatomi Pada Dua Tipe Spora Tumbuhan Paku	10
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	12
Gambar 3.2 Desain Plot	14
Gambar 4.1 <i>Asplenium scolopendrium</i>	22
Gambar 4.2 <i>Asplenium excisum</i>	23
Gambar 4.3 <i>Asplenium normale</i>	23
Gambar 4.4 <i>Blechnum nudum</i>	24
Gambar 4.5 <i>Lastreopsis rufescens</i>	24
Gambar 4.6 <i>Lastreopsis munita</i>	25
Gambar 4.7 <i>Lastreopsis smithiana</i>	25
Gambar 4.8 <i>Lastreopsis grayii</i>	26
Gambar 4.9 <i>Sticherus lobatus</i>	26
Gambar 4.10 <i>Dictymia brownii</i>	27
Gambar 4.11 <i>Vaginularia acrocarpa</i>	27
Gambar 4.12 <i>Pteris tripartita</i>	28
Gambar 4.13 <i>Antrophyum subfalcatum</i>	28
Gambar 4.14 <i>Diplazium pallidum</i>	29
Gambar 4.15 <i>Athyrium mearnsianum</i>	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Abiotik Hutan Lumut Pegunungan Argopuro	38
Lampiran 2. Hasil Identifikasi Lanjut Dari LIPI Cibinong	39
Lampiran 3. Surat Izin Masuk Kawasan Konservasi (SIMAKSI)	41
Lampiran 4. Surat Pernyataan Penelitian	42
Lampiran 5. Dokumentasi Saat Pengambilan Sample	43

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki biodiversitas tinggi baik flora maupun fauna. Hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan energi utama yang diperlukan makhluk hidup yaitu cahaya matahari dan unsur hara yang melimpah sehingga mendukung biodiversitas flora dan fauna di Indonesia. Salah satu keanekaragaman flora di Indonesia adalah tumbuhan paku (Pteridophyta). Jenis tumbuhan ini memiliki persebaran yang sangat luas di wilayah Indonesia (Amoroso, 1990).

Tumbuhan paku merupakan tumbuhan perintis yang dapat ditemukan di setiap tipe kawasan hutan dan memegang peran penting dalam menyusun ekosistem hutan. Tumbuhan paku telah memiliki sistem pembuluh (kormus), tidak menghasilkan biji untuk reproduksinya, tetapi menggunakan spora sebagai alat perbanyakan generatifnya. Pada setiap divisinya dapat ditemukan beberapa ciri morfologi yang khas, salah satunya variasi bentuk dan ukuran spora (Tjitrosoepomo, 1994).

Spora merupakan awal perkembangan dari fase gametofit dari tumbuhan paku dan merupakan hasil dari perkembangan fase sporofitnya (Campbell *et al.*, 2002). Spora pada tumbuhan paku dapat bersifat homospora atau heterospora. Pada paku heterospora dihasilkan dua jenis spora yakni makrospora dan mikrospora, sedangkan pada tumbuhan paku homospora hanya dihasilkan satu jenis spora. Spora tersusun atas bagian luar yang tebal disebut eksin, dan bagian dalam yang tipis disebut intin. Menurut Kapp (1969) tipe spora pada tumbuhan paku dibagi menjadi 2 tipe yaitu *monolete* dan *trilete*. Pembagian tipe spora tersebut berdasarkan ada tidaknya struktur tipis yang menyerupai *aperture* yaitu bekas luka spora tetrad. Karakteristik dari masing-masing spora dapat dijadikan sebagai landasan untuk membedakan masing-masing jenis tumbuhan paku.

Tumbuhan paku tergolong dalam jenis tumbuhan yang bersifat kosmopolit atau mudah ditemukan di beberapa habitat. Tumbuhan paku memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi sampai ± 10.000 jenis yang tersebar di berbagai penjuru dunia khususnya di kawasan negara tropis. Tumbuhan paku sebagian besar hidup di kawasan yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi misalnya di hutan dataran tinggi. Hal ini berkaitan dengan adaptasi dari tumbuhan paku epifit maupun terestrial yang membutuhkan keberadaan air untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya dan sebagai media perpindahan sperma selama fertilisasi (Loveless, 1999).

Pegunungan Argopuro memiliki puncak dengan ketinggian mencapai 3088 mdpl dengan kondisi lingkungan yang sesuai untuk habitat dari tumbuhan paku. Salah satu kawasan konservasi yang terdapat di Pegunungan Argopuro adalah kawasan hutan lumut yang berada pada kisaran ketinggian 1000-2000 mdpl yang berada dalam Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang”. Pegunungan Argopuro merupakan salah satu pegunungan yang terletak di 4 Kabupaten di Jawa Timur: yaitu Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Jember, Kabupaten Bondowoso, dan Kabupaten Situbondo (Bksdajatim, 2012). Berdasarkan survey pendahuluan pada tanggal 12 Februari 2015 di kawasan hutan lumut tersebut banyak dijumpai tumbuhan lumut maupun tumbuhan paku, karena kedua tumbuhan tersebut membutuhkan habitat dengan kelembaban yang tinggi, cukup sinar matahari, dan ketersediaan airnya.

Eksplorasi dan penelitian tumbuhan paku khususnya penelitian tentang spora di kawasan Pegunungan Argopuro sejauh ini belum pernah dilakukan. Penelitian untuk memperoleh data keragaman hayati khususnya tumbuhan paku bermanfaat dalam mendukung upaya konservasi keragaman hayati. Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka akan dilakukan penelitian tentang karakteristik spora tumbuhan paku di kawasan Hutan Lumut Pegunungan Argopuro.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimanakah karakteristik spora tumbuhan paku yang ditemukan di kawasan Hutan Lumut Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang”, Pegunungan Argopuro.

1.3. Batasan Masalah

1. Karakterisasi spora dilakukan pada jenis tumbuhan paku, baik paku terestrial maupun paku epifit yang berada di jalur pendakian kawasan Hutan Lumut Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang“, Pegunungan Argopuro.
2. Spora yang dikoleksi dan diidentifikasi adalah spora yang sudah “masak” yang ditandai dengan warna sorus coklat kehitaman dan sporangium sudah pecah.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik spora tumbuhan paku yang tumbuh di kawasan Hutan Lumut Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang“, Pegunungan Argopuro.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dengan dilakukannya penelitian ini adalah dapat dijadikan sebagai sumber informasi untuk penelitian spora tumbuhan paku kawasan Hutan Lumut Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang“, Pegunungan Argopuro dan untuk menambah *database* spora tumbuhan paku di Indonesia, khususnya di wilayah Jawa Timur.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hutan Lumut di Pegunungan Argopuro

Pegunungan Argopuro merupakan Pegunungan di Jawa Timur yang terletak di empat kabupaten yaitu Kabupaten Jember, Probolinggo, Bondowoso, dan Situbondo. Pegunungan Argopuro merupakan salah satu Pegunungan yang puncaknya mencapai 3088 mdpl dengan berbagai kawasan konservasi khususnya di kawasan dataran tinggi Yang. “Dataran tinggi Yang“ merupakan kawasan yang terletak pada ketinggian mulai dari 1800 mdpl dengan salah satu kawasan konservasinya berupa hutan lumut (Bksdajatim, 2012).

2.1.1 Habitat Tumbuhan Paku

Tumbuhan paku merupakan tumbuhan yang mampu hidup hampir di seluruh bagian dunia terutama di daerah tropis, salah satunya adalah Indonesia. Faktor-faktor yang menyebabkan persebaran populasi tumbuhan paku di daerah tropis ini antara lain adalah kelembaban, cahaya, dan kecukupan sumber air. Air berperan dalam mendukung kelangsungan hidup dari tumbuhan paku tersebut karena proses perkecambahan spora sangat bergantung dengan adanya keberadaan air di habitat tumbuhan paku. Cahaya matahari diperlukan untuk berlangsungnya proses fotosintesis karena tumbuhan paku merupakan tumbuhan autotrof (Andrews, 1990). Vegetasi pada pegunungan sangat dipengaruhi oleh iklim pada ketinggian yang berbeda-beda. Suhu secara teratur menurun sejalan dengan ketinggian yang meningkat (Ewusie, 1990). Di daerah pegunungan umumnya dijumpai jenis tumbuhan paku yang lebih banyak jika dibandingkan dengan dataran rendah, hal ini disebabkan oleh kelembaban yang tinggi, banyaknya aliran air, dan curah hujan yang cukup (Sastrapradja *et al.*, 1980).

2.2. Tumbuhan Paku

2.2.1 Klasifikasi Tumbuhan Paku

Menurut Tjitrosoepomo (1994), Tumbuhan paku atau Pteridophyta diklasifikasikan kedalam empat kelas, yaitu :

1. Kelas Psilophytinae (Paku Purba)

Kelas Psilophytinae merupakan golongan tumbuhan paku purba yang terdiri dari 2 Ordo. Ordo yang termasuk dalam paku purba tersebut adalah Ordo Psilophytales dan Ordo Psilotales

2. Kelas Lycopodinae (Paku Rambut atau Paku Kawat)

Kelas Lycopodinae disebut juga dengan paku rambut atau paku kawat yang terdiri dari 4 Ordo yaitu Ordo Lycopodinales, Selaginellales (Paku Rane, Paku Lumut), Lepidodendrales dan Ordo Isoetales

3. Kelas Equisetinae (Paku Ekor Kuda)

Kelas Equisetinae merupakan golongan paku yang disebut dengan paku ekor kuda. Kelas Equisetinae terdiri dari 3 Ordo yaitu Ordo Equisetales, Sphenophyllales, dan Ordo Protoarticulatales

4. Kelas Filicinae (Paku Sejati)

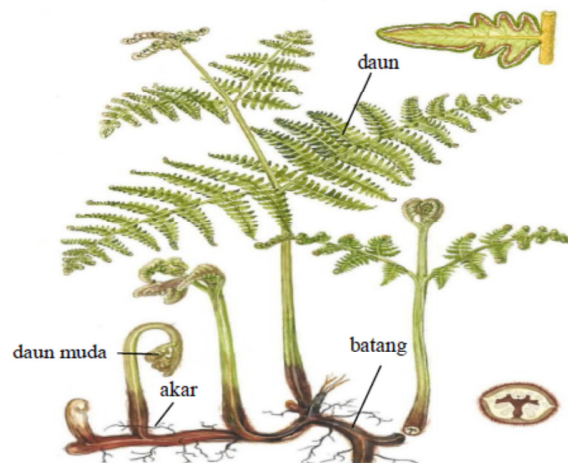
Kelas Filicinae merupakan golongan dari paku sejati. Kelas Filicinae tersebut terdiri dari 3 Anak Kelas yaitu Anak Kelas Eusporangiate, Anak Kelas Leptosporangiate (Filices) dan Anak Kelas Hydropterides (Paku Air). Anak Kelas Eusporangiate terdiri atas 2 Ordo yaitu Ordo Ophoglossales dan Ordo Marattiales. Anak Kelas Leptosporangiate (Filices) terdiri dari 10 Ordo yaitu Ordo Osmundales, Shizaceales, Gleicheniales, Matoniales, Loxomales, Hymenophyllales, Dicksoniales, Thyrsopteridales, Chyatheales dan Ordo Polypodiales.

2.2.2 Morfologi Tumbuhan Paku

Pembentukan spora diawali dengan perkembangan yang ada di sporangium. Perkembangan sporangium merupakan tipe perkembangan *leptosporangiate* yaitu

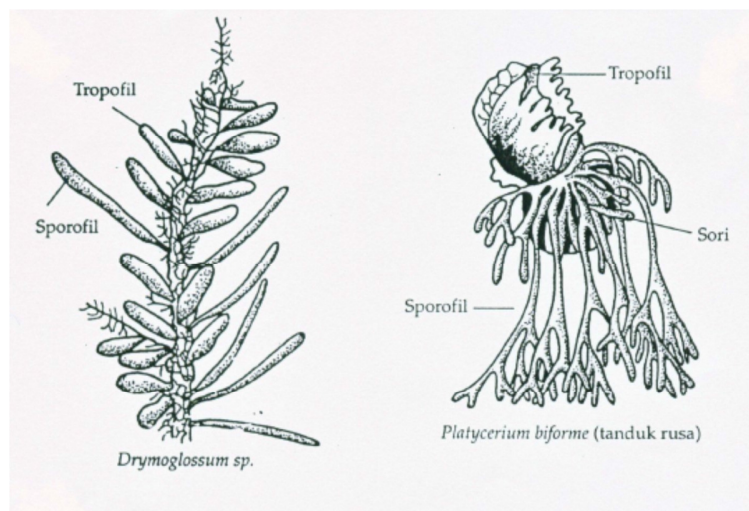
berasal dari sel *initial superficial* tunggal. Pada awal pembentukan spora sel sporogenus primer membelah dan berkembang menjadi sel induk spora. Sel induk spora kemudian mengalami reduksi dan membelah secara meiosis menjadi spora tetrad yang bersifat haploid. Spora tetrad tersebut kemudian akan berkembang menjadi spora utuh (Srivastava *et al.*, 1977). Spora terletak di dalam sporangium yang berkumpul membentuk sorus. Sorus terletak dipermukaan bawah daun yang tampak sebagai bintik-bintik, kadang-kadang tumbuh teratur dalam barisan, menggerombol maupun tersebar (LIPI, 1980). Spora berkecambah membentuk protalium, yang akan mendukung terbentuknya sporofit tumbuhan paku (Srivastava *et al.*, 1977).

Tumbuhan paku (Pteridophyta) merupakan satu divisi tumbuhan yang telah memiliki kormus yaitu akar, batang (rhizome), dan daun yang seringkali ditutupi oleh rambut atau sisik yang berfungsi sebagai pelindung (Allen, 1999). tumbuhan paku pada umumnya tumbuh di permukaan tanah. Namun pada tumbuhan paku epifit, tumbuh menempel di cabang atau batang pohon (Holttum, 1968).



Gambar 2.1 Struktur Morfologi Tumbuhan Paku (Tjitrosoepomo, 1989).

Ciri khas tumbuhan paku yang dapat membedakannya dengan tumbuhan lain adalah pucuk daun muda yang menggulung (*crozier*) (Allen, 1999). Hal ini disebabkan karena pada perkembangan awalnya pertumbuhan permukaan daun sebelah atas lebih lambat dibandingkan sebelah bawah (Loveless, 1999). Daun berukuran beberapa centimeter sampai beberapa meter (megafil). Tumbuhan paku mempunyai dua macam daun yaitu sporofil dan tropofil. Sporofil atau yang dikenal dengan sebutan daun fertil menghasilkan spora sedangkan tropofil yang dikenal dengan sebutan daun steril berfungsi untuk fotosintesis (Tjitrosoepomo, 1994). Daun tumbuhan paku secara keseluruhan disebut dengan ental. Ental biasanya bercabang, dikotomi, menyirip atau merupakan campuran. Tangkai ental disebut dengan stipe yang biasanya tertutup bulu atau sisik. Bulu atau sisik pada ental dapat berguna untuk membedakan jenis tumbuhan paku (Holttum, 1968).



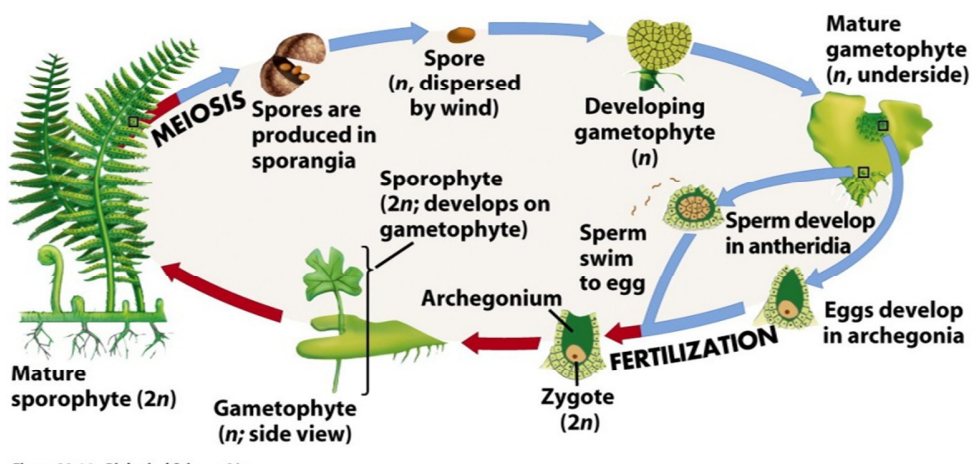
Gambar 2.2 Variasi Daun Tumbuhan Paku (Tjitrosoepomo, 1989).

2.2.3 Siklus Hidup Tumbuhan Paku

Siklus hidup tumbuhan paku meliputi dua fase yaitu fase gametofit dan fase sporofit. Tumbuhan paku mengalami pergiliran keturunan (metagenesis) antara dua generasi tersebut. Fase gametofit pada tumbuhan paku berupa protalium sedangkan

fase sporofitnya merupakan tumbuhan paku itu sendiri. Pada siklus hidup tumbuhan paku, fase yang paling dominan adalah fase sporofit dibandingkan dengan fase gametofit. Tumbuhan paku memiliki kotak spora atau sporangium yang menghasilkan spora. Banyak sporangium terkumpul dalam satu wadah yang disebut sorus, yang dilindungi oleh suatu selaput yang disebut indusium (Kremp, 1965).

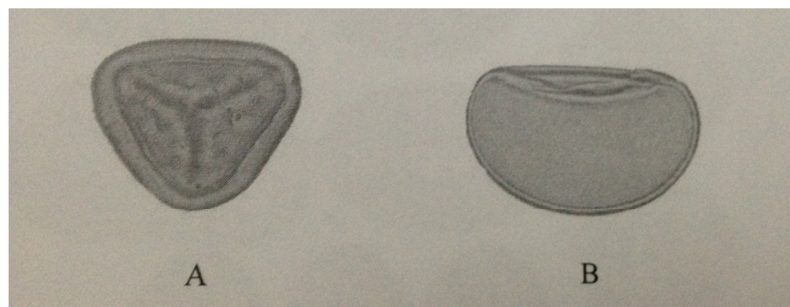
Fase pembentukan spora dalam daur hidup tumbuhan paku disebut generasi sporofit dan fase pembentukan gamet disebut generasi gametofit. Berdasarkan jenis sporanya, tumbuhan paku dibedakan menjadi tumbuhan paku homospora, heterospora dan peralihan antara homospora heterospora. Tumbuhan paku homospora menghasilkan spora dengan ukuran sama yang tidak dapat dibedakan antara spora jantan dan betina, misalnya *Lycopodium* sp. (paku kawat). Tumbuhan paku heterospora menghasilkan spora berbeda ukuran. Spora jantan berukuran kecil disebut mikrospora dan spora betina ukurannya besar disebut makrospora, misalnya *Selaginella* sp. Tumbuhan paku peralihan menghasilkan spora jantan dan betina yang sama ukurannya, misalnya *Equisetum debile* (paku ekor kuda), (paku rane), *Marsilea* sp. (semanggi) (Tjitrosoepomo, 1989). Siklus hidup tumbuhan paku dapat dilihat dalam Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Siklus Hidup Pteridophyta

2.2.4 Spora Pada Tumbuhan Paku

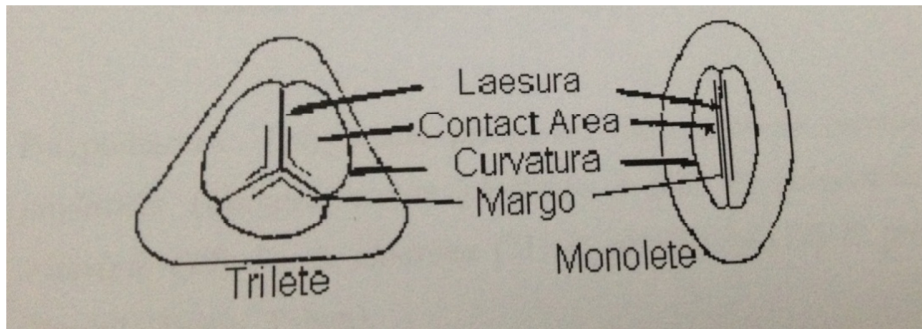
Tipe spora pada tumbuhan paku secara umum dibedakan menjadi dua tipe yaitu *monolete* (membulat seperti kacang) dan *trilete* (Gambar 2.4). Spora *monolete* mempunyai garis tunggal yang mengindikasikan bekas luka saat induk sporanya pecah dan terpisah menjadi empat sel reproduktif sekitar axis vertikal. Pada spora *trilete*, induk sporanya memecah menjadi empat sel reproduktif yang saling berhubungan pada satu titik. Saat spora *trilete* terpisah masing-masing spora meninggalkan tiga garis yang menyebar di bagian kutub tengahnya (Susandarini, 2004). Spora *trilete* dianggap sebagai tipe spora terdahulu yang ditemukan pada permulaan ditemukannya fosil dan merupakan spora dominan pada tumbuhan paku yang tergolong kedalam anggota famili paku primitif. Spora *monolete* diasumsikan berasal dari nenek moyang spora *trilete* (Winter dan Amoroso, 2003a).



Gambar 2.4 Tipe-tipe Spora Tumbuhan Paku A : Spora *Trilete*, B : Spora *Monolete* (Susandarini, 2004)

Spora mempunyai dua lapis pelindung, yaitu lapisan dalam (*intin*) dan lapisan terluar (*eksin*). Beberapa spora dilapisi penutup di sebelah luar *eksin* yaitu *perispora*. *Perispora* merupakan derivat dari *periplasma* yang mengelilingi spora. *Perispora* dapat berornamen menyerupai gundukan seperti Pegunungan, berserat (*spin*), terdapat tonjolan kecil (*wart*) atau balon seperti sayap. Ornamen dari dinding spora penting dalam kajian ilmu taksonomi (Winter dan Amoroso, 2003b). Pada dinding lapisan tengah (*exospora*) seringkali bentuknya lebih seragam namun, pada beberapa spesies terdapat garis melintang dengan saluran kecil yang melewati bagian tersebut. Pada

bagian permukaan spora terdapat beberapa variasi yang membentuk struktur halus sampai struktur yang tidak beraturan. Perispora pada semua spesies bentuknya tampak jelas namun terdapat variasi ketebalan yaitu dari sangat tipis hingga tebal (Hovenkamp *et al.*, 1998).



Gambar 2.5 Struktur Anatomi pada Dua Tipe Spora Pada Tumbuhan Paku (Winter dan Amoroso, 2003a).

Tipe ornamentasi eksin dibedakan berdasarkan ukuran, bentuk, dan susunan unsur ornamentasinya. Kapp (1969) membagi tipe ornamentasi menjadi 10 macam yaitu *Psilate*, *Perforate*, *Foveolate*, *Scabrate*, *Verrucate*, *Gemmate*, *Clavate*, *Pillate*, *Echinate*, *Rugulate*, *Striate* dan *Reticulate*. Tipe *Psilate* merupakan ornamentasi eksin dengan seluruh permukaan halus, rata dan licin. Tipe *Perforate* memiliki ciri permukaan berlubang, dan ukuran lubangnya kurang dari 1 μ m sedangkan tipe *Foveolate* permukaan berlubang dengan ukuran lubangnya mencapai lebih dari 1 μ m. Tipe *Scabrate* unsur ornamentasi berbentuk isodiametrik dan ukurannya tidak lebih besar dari 1 μ m. Tipe *Verrucate* unsur ornamentasi berbentuk isodiametrik dan tingginya lebih dari 1 μ m. Unsur ornamentasi pada tipe *Gemmate* berbentuk isodiametrik dan ukurannya lebih besar dari 1 μ m. Pada tipe *Clavate*, unsur ornamentasi berbentuk seperti tangkai, bagian dasar menyempit, dan ukuran tinggi lebih besar dari ukuran lebarnya. Unsur ornamentasi tipe *Pillate* berbentuk sama seperti pada tipe *Clavate*, namun pada bagian apikalnya menggembung. Tipe *Echinate* berbentuk seperti duri. Pada tipe *Rugulate* unsur ornamentasi memanjang horizontal dengan pola yang tidak beraturan sedangkan pada tipe *Striate* susunannya

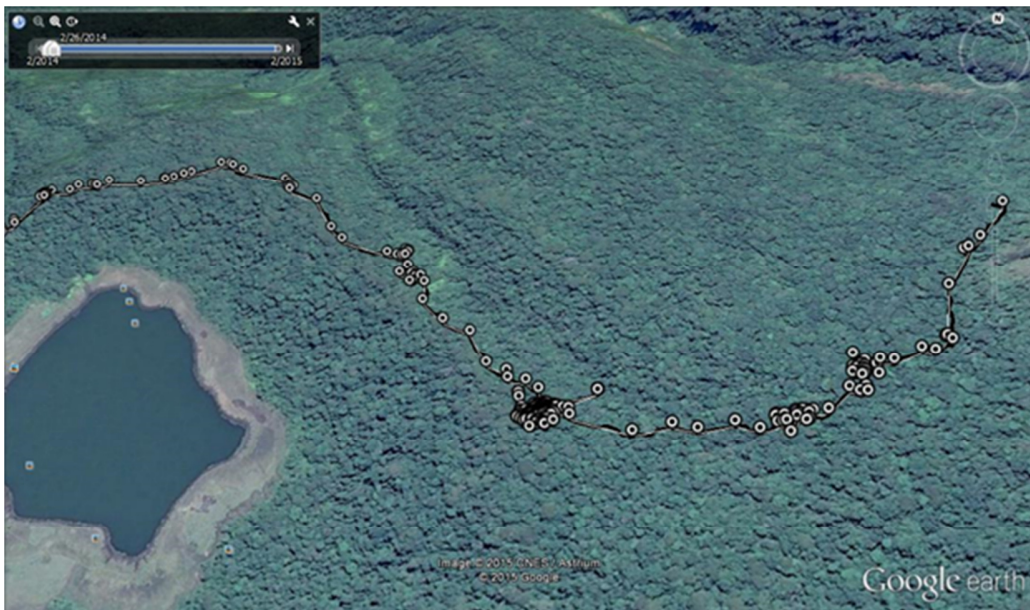
sejajar antara satu dengan yang lain. Tipe *Reticulate* mempunyai unsur ornamentasi membentuk pola seperti jala.

Identifikasi spora tumbuhan paku antara lain dapat menggunakan pengamatan terhadap bentuk (pandangan polar dan equatorial), ukuran, struktur tipis yang menyerupai *aperture* atau disebut dengan bekas luka tetrad (tipe dan posisi), serta ornamentasi yang terletak pada bagian eksin (Susandarini, 2004). Menurut Susandarini (2004), berdasarkan ukurannya spora dapat dibagi menjadi enam golongan. Spora dengan ukuran $< 10 \mu\text{m}$ tergolong kedalam kategori sangat kecil, spora dengan ukuran $10\text{-}25 \mu\text{m}$ tergolong dalam kategori kecil, spora dengan ukuran $25\text{-}50 \mu\text{m}$ tergolong dalam kategori sedang, spora dengan ukuran $50\text{-}100 \mu\text{m}$ tergolong dalam kategori besar, spora dengan ukuran $100\text{-}200 \mu\text{m}$ tergolong dalam kategori sangat besar, sedangkan spora dengan ukuran mencapai $> 200 \mu\text{m}$ tergolong dalam kategori raksasa.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel spora tumbuhan paku dilaksanakan selama 3 hari, (5-8 Juli 2015) yang berlokasi di Hutan Lumut Suaka Margasatwa “Dataran Tinggi Yang“, Pegunungan Argopuro. Pengambilan spesimen dilakukan di sepanjang jalur pendakian hutan lumut (Gambar 3.1), dilanjutkan dengan analisis karakteristik dan pendeskripsian jenis spora di Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Tahap selanjutnya adalah konfirmasi dengan hasil identifikasi lanjutan jenis-jenis tumbuhan paku dari Pusat Penelitian LIPI Cibinong.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat press herbarium, GPS (*Global Positioning System*), pisau, tabung *microcentrifuge* (30 buah), sentrifugator, tabung falkon (30 buah), tabung *vial* (30 buah), *beaker glass* (50 mL, 100 mL, dan

500 mL), Opti Lab, gelas plastik, gelas ukur (10 mL, 100 mL, dan 500 mL), gelas benda, gelas penutup, kertas label, kertas koran, kertas *acid free*, pipet pastur, *waterbath*, mikroskop binokuler, mikroskop stereo, sarung tangan, pipet, *tissue*, luxmeter, higrometer, thermometer, altimeter, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan adalah spora masak dari tumbuhan paku yang diperoleh di hutan lumut Pegunungan Argopuro, aquadest, alkohol 70%, kuteks, asam asetat glasial 45%, gliserin, campuran asam asetat glasial 45% dan asam sulfat pekat dengan perbandingan 9:1, dan safranin.

3.3. Prosedur Penelitian

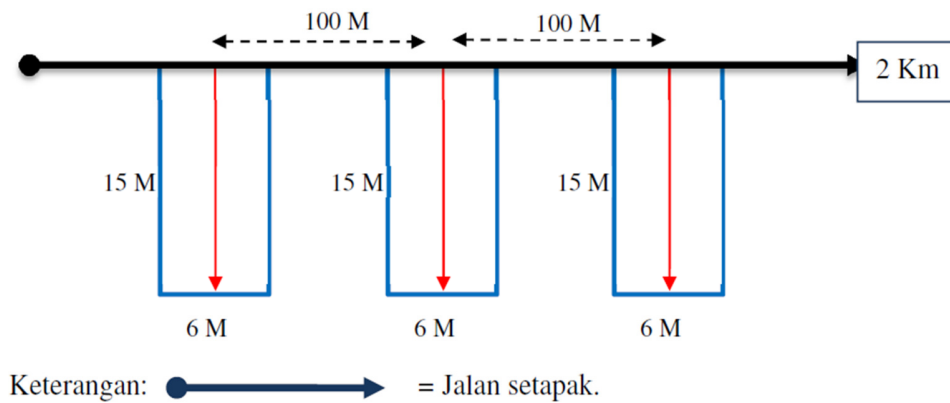
3.3.1. Penentuan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Hutan Lumut Pegunungan Argopuro pada ketinggian 1975 mdpl sampai 2225 mdpl.

3.3.2. Pengambilan Sampel Tumbuhan Paku

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode acak terstruktur pada sekitar jalur pendakian hutan lumut sepanjang 2 km. Titik lokasi pengambilan dilakukan pada 20 titik dengan masing-masing titik berjarak 100 meter. Dari tiap titik, diambil garis tegak lurus sejauh 15 meter ke arah dalam hutan kemudian dibuat garis melintang sejauh 6 meter sehingga terbentuk plot persegi panjang dengan panjang 15 meter dan lebar 6 meter.

Pengambilan spesimen paku epifit dilakukan pada masing-masing plot yang permukaan batangnya terdapat paku epifit. Paku epifit diambil sebagai sampel pada permukaan pohon setinggi $\pm 1,5$ meter dari permukaan tanah. Sedangkan pengambilan spesimen paku terestrial dilakukan pada semua tumbuhan paku yang tumbuh di permukaan tanah yang terdapat di dalam plot.



Gambar 3.2 Desain Plot

Sampel spora masak dikoleksi secara langsung dengan cara disimpan pada kantong plastik kecil, sedangkan sampel tumbuhan paku dimasukkan ke dalam kantong plastik besar untuk menjaga kelembaban dan agar tidak mudah rusak. Pada masing-masing plot juga dilakukan pencatatan data abiotik yang meliputi temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, lokasi geospasial, dan ketinggian tempat penelitian.

Tiap-tiap sampel tumbuhan paku dewasa yang dikoleksi diberi label. Sampel yang sudah diketahui jenisnya ditulis dengan nama jenisnya pada kertas label sedangkan untuk sampel yang belum diketahui jenisnya diberi kode yang berurutan sesuai dari waktu pengambilan sampel. Selain itu, juga dilakukan pengamatan ciri morfologi tumbuhan paku yang meliputi tipe, bentuk, warna, dan posisi sorus terhadap daun. Keseluruhan sampel yang diperoleh kemudian dibawa ke Laboratorium Botani FMIPA Universitas Jember untuk dilakukan identifikasi spesimen sampai tingkat kelas dan dibuat herbarium. Sori yang telah masak dari semua sampel tumbuhan paku dikerik bagian sorusnya dengan menggunakan tusuk gigi kemudian dikoleksi dalam plastik kecil. Sorus yang telah masak dicirikan dengan warna sorus coklat kehitaman dan pecah.

3.3.3. Identifikasi Tumbuhan Paku

Identifikasi tumbuhan paku yang diperoleh dari lapang berdasarkan karakteristik morfologi tumbuhan paku meliputi bentuk dan warna batang,

percabangan batang, bentuk dan warna daun, bentuk tulang daun, tepi daun, ukuran dan letak sorus, bentuk indusium, bentuk sisik, serta paraphysis (Holtum, 1954). Ciri morfologi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan beberapa literatur yaitu (van Steenis, 1975), (Andrews, 1990), (Winter dan Amoroso, 2003a), dan koleksi spesimen paku Herbarium Jemberiense.

3.3.4. Pembuatan Herbarium

Seluruh spesimen tumbuhan paku yang ditemukan di lapang kemudian dibuat herbarium sebagai koleksi spesimen. Tumbuhan paku dimasukkan kedalam koran dan ditata sedemikian rupa agar tidak merusak bentuk maupun sorus yang ada pada tumbuhan paku tersebut. Tumbuhan paku yang sudah diletakkan pada koran, kemudian dimasukkan kedalam plastik dan dituangkan kedalamnya alkohol 70%. Pemberian alkohol 70% bertujuan untuk upaya pengawetan dan juga sterilisasi spesimen dari organisme yang dapat merusak spesimen seperti jamur (Vega, 1992).

Spesimen yang berada di dalam kantong plastik kemudian dikeluarkan dan ditata secara vertikal pada press herbarium agar bentuknya tidak rusak selanjutnya diikat dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 50°C sampai dengan spesimen kering. Setelah kering, spesimen tersebut dipindahkan dan ditata kembali diatas kertas *acid free* untuk kemudian diberi etiket gantung dan label identitas sebagai penanda dari spesimen tersebut.

3.3.5. Pembuatan Preparat Spora

Pembuatan preparat spora berdasarkan metode dari Vega (1992) yaitu preparat spora utuh tanpa dilakukan pengirisan (*whole mount*). Beberapa tahapan yang terdapat dalam metode tersebut meliputi *acetolysis*, *cleaning* (pembersihan), *staining* (pewarnaan) dan *mounting* (penempelan).

a. *Acetolysis*

Tahap ini merupakan tahap pelisisan spora dengan menggunakan senyawa asam yaitu asam asetat glasial. Spora yang telah dimasukkan kedalam tabung *microcentrifuge* kemudian ditambahkan 1 mL larutan asam asetat glasial selama

kurang lebih 24 jam. Larutan asam asetat glasial merupakan larutan fiksatif yang digunakan dalam metode pembuatan spora utuh (Vega, 1992). Tujuan dari fiksasi tersebut adalah untuk mempertahankan bentuk spora dari spesimen yang akan dijadikan preparat, mengawetkan elemen sitologis serta elemen histologis dari spora tumbuhan paku tersebut (Suntoro, 1983).

Sampel yang telah difiksasi kemudian disentrifuge pada kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Pada tahap ini akan diperoleh supernatan dan pelet, supernatan dibuang sedangkan peletnya tetap dipertahankan dalam tabung *microcentrifuge*. Pelet yang ada didasar tabung *microcentrifuge* kemudian ditambah dengan campuran asam asetat glasial dan asam sulfat dengan perbandingan 9:1 sebanyak 1 mL. Penambahan larutan tersebut bertujuan untuk melisiskan selulosa pada dinding serbuk sari (*acetolysis*). Penambahan larutan kemudian diikuti dengan pemanasan campuran larutan tersebut di dalam *waterbath* (penangas air) selama kurang lebih 10 menit. Pemanasan ini dilakukan hingga air dalam penangas mendidih. Pemanasan larutan ini bertujuan untuk mempercepat terjadinya reaksi yang terjadi pada spora. Setelah 10 menit sampel spora dalam tabung *microcentrifuge* didinginkan selama kurang lebih 15 menit kemudian disentrifuge kembali pada kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang terbentuk setelah proses sentrifugasi kemudian dibuang dan dilakukan proses *cleaning* (pencucian).

b. *Cleaning* (Pencucian)

Pencucian sampel spora (*cleaning*) dilakukan dengan menggunakan aquadest sebanyak dua kali. Pencucian dilakukan dengan penambahan aquadest ke dalam tabung sentrifuge yang berisi sampel spora kemudian dilakukan sentrifuge dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit untuk mendapatkan spora yang bersih. Perlakuan tersebut dilakukan tiga kali dengan durasi waktu sentrifugasi yang sama yaitu 10 menit untuk mendapatkan serbuk sari yang bersih tanpa adanya sisa zat kimia seperti zat fiksatif dalam spora yang akan dibuat preparat (Vega, 1992).

c. *Staining* (Pewarnaan)

Tujuan dari pewarnaan adalah untuk meningkatkan kontras warna spora dengan sekitarnya sehingga memudahkan dalam pengamatan spora di bawah mikroskop. Pewarnaan dapat memperjelas bentuk ornamen dinding spora serta mempermudah mengetahui ukuran spora. Safranin adalah suatu klorida dan zat warna basa yang kuat. Dalam pembuatan preparat spora, pewarnaan spora menggunakan safranin hasilnya lebih baik. Dalam proses pewarnaan, safranin dilarutkan dalam sedikit aquadest selama kurang lebih 90 menit. Setelah 90 menit safranin dibuang ke dalam beaker glass. Pewarnaan dengan menggunakan safranin tersebut dilakukan selama 1-2 menit. Untuk menghilangkan sisa zat pewarna dilakukan pembilasan dengan menggunakan aquadest sebanyak dua kali. Pengulangan ini diperlukan sampai diperoleh pewarnaan preparat spora dengan kualitas yang baik (Vega, 1992).

d. *Mounting* (Penempelan)

Setelah dilakukan pewarnaan pada preparat spora tahap selanjutnya yaitu penempelan atau *mounting*. Penempelan dilakukan dengan cara penambahan gliserin yang telah dipanaskan dan diaduk secara merata. Spora kemudian ditetaskan diatas gelas benda kemudian ditutup dengan menggunakan gelas penutup dan dibagian tepinya diolesi dengan kuteks. Pemberian kuteks bertujuan untuk merekatkan gelas penutup pada gelas benda. Selama proses *mounting* dijaga agar jangan sampai terbentuk gelembung udara. Preparat yang sudah jadi tersebut kemudian dikeringanginkan dan diberi label.

3.3.6. Pengamatan Spora

Preparat spora kemudian diamati dibawah mikroskop dengan menggunakan perbesaran 400 kali. Parameter spora yang diamati adalah bentuk spora, ukuran, ornamentasi eksin, serta ada tidaknya struktur tipis menyerupai *aperture* yaitu bekas luka tetrad pada spora. Setelah dilakukan pencatatan morfologi spora, selanjutnya preparat yang diamati dipotret dengan menggunakan fotomikrografi untuk tujuan dokumentasi.