



PERKECAMBAHAN BIJI DAN TIPE-TIPE FUNGSIONAL SEMAI PADA JENIS-JENIS SUKU ANNONACEAE

Seed Germination and Seedling Functional Types Some Species of Annonaceae

Tri Handayani

IRADIASI AKUT DENGAN SINAR GAMMA PADA PROTOKORM ANGGREK

Dendrobium macrophyllum A. Richard DAN *Dendrobium undulatum* M. A. Clem & D. L. Jones

Acute Gamma Rays Irradiation in Protocorm of *Dendrobium macrophyllum* A. Richard and *Dendrobium undulatum* M. A. Clem & D. L. Jones

Elizabeth Handini

PEMANFAATAN NUNU PISANG (*Ficus magnoliifolia* Blume) OLEH MASYARAKAT SUKU MOMA DI SULAWESI TENGAH

Utilization of Nunu Pisang (*Ficus magnoliifolia* Blume) by Moma Tribe Communities in Central Sulawesi

Harriany Siappa

KAJIAN HABITAT DAN POPULASI PASAK BUMI (*Eurycoma longifolia* Jack) DI BLOK BARAT KAWASAN HUTAN KONSERVASI PT SABHANTARA RAWI SENTOSA, KUTAI TIMUR, KALIMANTAN TIMUR

Habitat and Population Studies of *Eurycoma longifolia* Jack at the Western Block of the Conservation Forest of PT Sabhantara Rawi Sentosa, Kutai Timur, East Kalimantan

Julisasi Tri Hadiah, Yuzammi, dan Danang Wahyu Purnomo

EVALUATING THE UTILITY OF EXTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ETS) AND INTERNAL TRANSCRIBED SPACER SEQUENCES (ITS) FOR PHYLOGENETIC ANALYSES OF *Litsea* Lam. (Lauraceae) AND RELATED GENERA

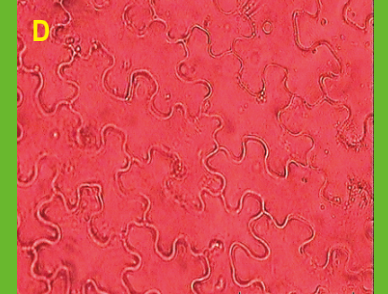
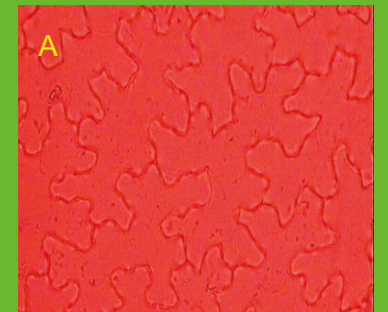
Evaluasi Penggunaan Sekuen *External Transcribed Spacer* (ETS) dan *Internal Transcribed Spacer* (ITS) Untuk Analisis Filogenetik *Litsea* Lam. (Lauraceae) dan Kerabatnya

Izu Andry Fijridiyanto dan Noriaki Murakami

ANATOMI PARADERMAL DAUN ENAM JENIS TUMBUHAN PAKU MARGA *Pteris*

Leaf Paradermal Anatomy of Six Species of *Pteris*

Ratih Eka Fitri Astuti, Hadisunarso, dan Titien Ngatinem Praptosuwiryo



A. *Pteris ensiformis*
B. *Pteris fauriei*
C. *Pteris heteromorpha*
D. *Pteris longipinnula*

BULETIN KEBUN RAYA 22 (1): Januari 2019
THE BOTANIC GARDENS BULLETIN 22 (1): January 2019

p-ISSN: 0125-961X
e-ISSN: 2460-1519

Penerbit / *Publisher*
Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Center for Plant Conservation and Botanic Gardens
Indonesian Institute of Sciences

Ketua Editor/*Editor in Chief*:
Dr. Joko Ridho Witono

Anggota Dewan Editor/*Editorial Boards*:
Dr. Julisasi Tri Hadiah
Dra. Yuzammi, M.Sc.
Dr. Titien Ngatinem Praptosuwiryo
Dra. Sri Hartini
Dra. Inggit Puji Astuti M.Si.

Editor Penasehat / *Advisory Editor*:
Prof. Dr. Didik Widyatmoko, M.Sc.

Reviewer pada Edisi ini / *Reviewers for this Edition*:

Dr. Bayu Adjie (Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya 'Eka Karya Bali')
Prof. Dr. Dedy Darnaedi (Pusat Penelitian Biologi-LIPI)
Dr. Dian Latifah (Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI)
Dr. Irawati (Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI)
Dr. Iyan Robiansyah (Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI)
Dr. Joko R. Witono (Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI)
Dr. Ir. Kartika Ning Tyas M.Si (Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI)
Dr. Kusuma Dewi Sri Yulita (Pusat Penelitian Biologi-LIPI)
Ir. Mustaid Siregar M.Si. (Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya-LIPI)
Dr. Rugayah (Pusat Penelitian Biologi-LIPI)
Dr. Wawan Sujarwo (Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya 'Eka Karya Bali'-LIPI)
Prof. Dr. Ir. Yohanes Purwanto (Pusat Penelitian Biologi-LIPI)

Sekretariat dan Sirkulasi / *Secretariat and Distributor*:
Amar Maulana, S.Kom.

Pusat Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya–LIPI
Center for Plant Conservation and Botanic Gardens–LIPI
Jl. Ir. H. Juanda 13, Bogor 16003, Indonesia
<http://jurnal2.krbogor.lipi.go.id/index.php/buletin>
Email: buletin.pktkr.lipi@gmail.com

BULETIN KEBUN RAYA

Volume 22, No. 1, Januari 2019

DAFTAR ISI

PERKECAMBAHAN BIJI DAN TIPE-TIPE FUNGSIONAL SEMAI PADA JENIS-JENIS SUKU ANNONACEAE	
Seed germination and seedling functional types some species of Annonaceae Tri Handayani	1–12
IRADIASI AKUT DENGAN SINAR GAMMA PADA PROTOKORM ANGGREK <i>Dendrobium macrophyllum</i> A. Richard DAN <i>Dendrobium undulatum</i> M. A. Clem & D. L. Jones	
Acute Gamma Rays Irradiation in Protocorm of <i>Dendrobium macrophyllum</i> A. Richard and <i>Dendrobium undulatum</i> M. A. Clem & D. L. Jones Elizabeth Handini	13–20
PEMANFAATAN NUNU PISANG (<i>Ficus magnoliifolia</i> Blume) OLEH MASYARAKAT SUKU MOMA DI SULAWESI TENGAH	
Utilization of Nunu Pisang (<i>Ficus magnoliifolia</i> Blume) Toy Moma Tribe Communities in Central Sulawesi Harriany Siappa	21–30
KAJIAN HABITAT DAN POPULASI PASAK BUMI (<i>Eurycoma longifolia</i> Jack) di BLOK BARAT KAWASAN HUTAN KONSERVASI PT SABHANTARA RAWI SENTOSA, KUTAI TIMUR, KALIMANTAN TIMUR	
Habitat and population studies of <i>Eurycoma longifolia</i> Jack at the western block of the conservation forest of PT Sabhantara Rawi Sentosa, Kutai Timur, East Kalimantan Julisasi Tri Hadiah, Yuzammi, dan Danang Wahyu Purnom	31–46
EVALUATING THE UTILITY OF EXTERNAL TRANSCRIBED SPACER (ETS) AND INTERNAL TRANSCRIBED SPACER SEQUENCES (ITS) FOR PHYLOGENETIC ANALYSES OF <i>Litsea</i> Lam. (Lauraceae) AND RELATED GENERA	
Evaluasi penggunaan sekuen <i>External Transcribed Spacer</i> (ETS) dan <i>Internal Transcribed Spacer</i> (ITS) untuk analisis filogenetik <i>Litsea</i> Lam. (Lauraceae) dan kerabatnya Izu Andry Fijridiyanto dan Noriaki Murakami	47-68

ANATOMI PARADERMAL DAUN ENAM JENIS TUMBUHAN PAKU MARGA *Pteris*

Leaf paradermal anatomy of six species of *Pteris*

Ratih Eka Fitri Astuti, Hadisunarso, dan Titien Ngatinem Praptosuwiryo 69–84

ANATOMI PARADERMAL DAUN ENAM JENIS TUMBUHAN PAKU MARGA *Pteris*

Leaf paradermal anatomy of six species of *Pteris*

Ratih Eka Fitri Astuti¹, Hadisunarso¹ dan Titien Ngatinem Praptosuwiryo^{2*}

¹ Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

² Pusat Konservasi Tumbuhan-Kebun Raya, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Jl. Ir. H. Juanda No. 13, P.O. Box 309 Bogor 16003, Jawa Barat, Indonesia

Tel. +62-251-8322187 Fax. +62-251-8322187

Email: tienpfers@gmail.com; tienpfers@yahoo.com

Diterima/Received: 29 Oktober 2018 Disetujui/Accepted: 20 Desember 2018

ABSTRACT

Pteris is a cosmopolitan fern genus inhabiting many kinds of habitats, mostly in forests. The genus grows as terrestrial or lithophyte. The high species diversity of *Pteris* was resulted from hybridization, apogamy or polyploidy, therefore complex species with continuous morphological characteristics often occur. This study was carried out to determine the role of paradermal anatomical characteristics as supporting data for species delimitation of *Pteris*. The study was done by observing anatomical characteristics of *Pteris*, namely stomatal size, epidermal shape and size, amplitude and wave length of sinosity, stomatal index and density, and the distribution of stomatal type. Six species of *Pteris* were observed, namely *P. ensiformis* Burm.f., *P. fauriei* Hieron., *P. heteromorpha* Fée, *P. longipinnula* Wall. ex J. Agardh, *P. tripartita* Sw. and *P. vittata* L. The average of stomatal and epidermal size, as well as amplitude and wave length of anticlinal wall of the epidermal cells were relatively different for each species. The average of stomatal index and density were also different among species. Eight stomatal types were found to be distributed among the abaxial epidermis cells of *Pteris*. Six stomatal types were newly recorded for *Pteris*, namely anomocytic, pseudocopocytic, hemiparacytic, cohemparacytic, diacytic and brachyparacytic. The eight stomatal types were distributed among species with different combination and percentage of occurrence. The quantitative characteristics of paradermal anatomy was not strong enough to support species delimitation in *Pteris*. However, the qualitative characteristics of paradermal anatomy seemed to be useful to support species delimitation of *Pteris*.

Key words: paradermal anatomy, *Pteris*, species delimitation, stomatal types

ABSTRAK

Marga *Pteris* merupakan marga paku kosmopolitan yang mendiami banyak habitat, tumbuh baik secara terestrial maupun litofit dalam berbagai ekologi yang beragam walaupun sebagian besar jenis tumbuh di hutan. Keanekaragaman jenis *Pteris* sebagian dihasilkan dari proses hibridisasi, apogami, atau poliploidisasi sehingga seringkali dijumpai jenis-jenis kompleks dengan ciri-ciri morfologi sinambung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran karakter anatomi paradermal dalam mendukung pembatasan jenis dalam marga *Pteris*, dengan menganalisis karakter-karakter anatomi paku *Pteris*, berupa ukuran stomata, bentuk, dan ukuran epidermis, amplitudo dan panjang gelombang lekukan dinding antiklinal epidermis, indeks dan kerapatan stomata, serta tipe stomata dan persebarannya. Enam jenis *Pteris* telah diamati, yaitu *P. ensiformis* Burm.f., *P. fauriei* Hieron., *P. heteromorpha* Fée, *P. longipinnula* Wall. ex J. Agardh, *P. tripartita* Sw. and *P. vittata* L. Ukuran rerata stomata dan epidermis, serta amplitudo dan panjang gelombang lekukan dinding antiklinal sel epidermis relatif beragam di antara jenis. Indeks dan kerapatan stomata juga berbeda antar jenis. Delapan tipe stomata ditemukan tersebar di antara sel-sel epidermis abaksial. Enam tipe di antaranya merupakan laporan baru bagi marga *Pteris*, yaitu anomositik, pseudokopositik, hemiparasitik, kohemparasitik, diasitik, dan brakiparasitik. Delapan tipe stomata tersebut terdistribusi di antara jenis dengan kombinasi dan persentase

kejadian yang berbeda. Ciri kuantitatif anatomi paradermal tidak cukup kuat untuk mendukung pembatasan jenis dalam marga *Pteris*. Namun ciri kualitatif anatomi paradermal nampaknya berguna untuk mendukung pembatasan jenis *Pteris*.

Kata kunci: anatomi paradermal, pembatasan jenis, *Pteris*, tipe-tipe stomata

PENDAHULUAN

Tumbuhan paku *Pteris* merupakan salah satu marga besar dari suku Pteridaceae (Holttum, 1966). Marga ini diperkirakan memiliki anggota sekitar 250–300 jenis (Tryon et al., 1990). Kawasan Asia Tenggara diperkirakan memiliki sekitar 80 jenis *Pteris* (Schneider & Rusea, 2013), dari jumlah tersebut 19 jenis diantaranya tersebar di Pulau Jawa (Backer & Posthumus, 1939).

Pteris termasuk tumbuhan paku kosmopolitan yang dapat mendiami berbagai jenis habitat. Jenis-jenis dari marga ini dapat tumbuh pada tempat-tempat lembap dengan elevasi rendah hingga tinggi (0–3500 m dpl.), baik di tempat-tempat terbuka maupun ternaungi (Tryon et al., 1990). Secara umum jenis-jenis dari marga *Pteris* dapat tumbuh secara terestrial maupun litofit, baik di hutan primer maupun sekunder, di pinggir daerah pertanian maupun daerah permukiman (Holttum, 1966; Edie, 1978; Tryon et al., 1990).

Marga *Pteris* dapat dibedakan dengan marga lainnya dari suku Pteridaceae berdasarkan karakter morfologi. Secara morfologi marga *Pteris* terutama dapat dikenali berdasarkan ciri-ciri sori dan susunan urat daunnya. Sori marga *Pteris* terletak pada pinggir daun, yang disokong oleh sekumpulan urat daun dan dilindungi oleh indusium, yang terbentuk dari pinggir lembaran daun yang terkeluk batik (Holttum, 1966).

Pteris dikenal sebagai marga tumbuhan paku yang memiliki masalah taksonomi karena banyak anggota jenisnya bersifat kompleks (Walker, 1954, 1958). Kejadian poliploidisasi dan hibridisasi pada jenis-jenis *Pteris* di alam sering dijumpai sehingga banyak jenis yang ditemukan memiliki ciri morfologi antara. Hal itu menyebabkan beberapa jenis yang berkerabat dekat sulit dibedakan dengan jenis lainnya, misalnya jenis kompleks *P. biaurita* dan

P. quadriaurita (Walker, 1954, 1958, 1962). Oleh karena itu, ciri morfologi saja sering kali belum cukup dalam pembatasan konsep jenis bagi jenis-jenis tumbuhan paku yang kompleks.

Pentingnya penelitian anatomi tumbuhan dalam hubungannya dengan taksonomi tumbuhan bermula sejak tiga abad yang lalu (de Oliveira Machado, 2015). Ciri anatomi terbukti berguna dalam mendukung data morfologi untuk memecahkan permasalahan taksonomi tumbuhan (Carlquist, 1961; Tripathi & Mondal, 2012; Praptosuwiryo & Darnaedi, 2014). Pada tahun 1960–2018, anatomi muncul kembali sebagai data penting untuk menambah pengetahuan baru tentang takson tertentu, serta untuk memahami hubungan kekerabatan dan evolusi antar takson tumbuhan paku (Holttum & Sen, 1961; White, 1974; Nishida & Nishida, 1982; Amoroso & Pava, 1991; Kato & Imaichi, 1992; Qiu et al., 1995; Resmi et al., 2016; Fajuke et al., 2018).

Salah satu studi anatomi yang dapat mendukung data morfologi dan membantu dalam memecahkan masalah taksonomi adalah studi anatomi paradermal (van Cotthem, 1970a, 1970b; White, 1974; Chuang & Liu, 2003; de Oliveira Machado, 2015). Ciri anatomi paradermal seperti tipe stomata, susunan, persebaran, dan dispersi terbukti berguna dalam menyokong pembatasan takson dalam suku *Pteridaceae* (Chuang & Liu, 2003). Ciri anatomi paradermal dapat sama atau berbeda tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Amoroso & Pava (1991) mengenai perbandingan struktur morfo-anatomi pada *Oleandra* Cav. membuktikan bahwa antara *O. maquilingensis* Copel. dan *O. nitida* Copel. memiliki perbedaan pada lekukan dinding sel epidermisnya. Penelitian Fajuke et al. (2018) mengenai perbandingan anatomi enam jenis *Nephrolepis* juga menunjukkan ciri anatomi paradermal, seperti variasi ciri sifat stomata, dapat memperkuat pembatasan konsep jenis dari marga ini.

Laporan penelitian anatomi paradermal tumbuhan paku *Pteris* telah ditemukan dalam berbagai pustaka botani antara tahun 1970–1990an (van Cotthem 1970a, 1970b; Sen & De, 1992). Walaupun demikian pustaka terkait anatomi paradermal jenis-jenis *Pteris* di kawasan Malesia masih sedikit sekali dilaporkan. Sen & De (1992) melaporkan tipe-tipe stomata pada delapan jenis *Pteris*, yaitu *P. aff. baurita* L., *P. baurita* L., *P. catoptera* Kze., *P. dalhousiae* Hook., *P. ensiformis* Burm. f., *P. parviloba* Christ., *P. semipinnata* L., dan *P. vittata* L. Chuang & Liu (2003) melaporkan tipe-tipe stomata pada jenis-jenis *Pteris* di Taiwan, diantaranya adalah *P. baurita*, *P. ensiformis*, *P. fauriei* Heiron., *P. vittata*, dan *P. wallichiana*. Tipe stomata *P. multifida* Poir. dari Jawa dilaporkan oleh Hastuti *et al.* (2011) dan *P. vittata* dari Jawa telah diamati oleh Mumpuni *et al.* (2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran karakter anatomi paradermal dalam mendukung pembatasan jenis dalam marga *Pteris*, dengan menganalisis karakter-karakter anatomi paku *Pteris*, berupa ukuran stomata, bentuk, dan ukuran epidermis, amplitudo dan panjang gelombang lekukan dinding antiklinal epidermis, indeks dan kerapatan stomata, serta tipe stomata dan persebarannya, serta menelaah peran karakter tersebut dalam mendukung pembatasan enam jenis dalam marga *Pteris*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan dari bulan September 2017 hingga Juli 2018. Bahan penelitian jenis-jenis *Pteris* diambil dari tumbuhan paku yang tumbuh secara alami, terestrial maupun litofit, di dalam kawasan Institut Pertanian Bogor (IPB), Kebun Raya Bogor (KRB) di Jawa Barat, dan beberapa lokasi di Jawa Tengah. Persiapan dan pengamatan preparat anatomi dilakukan di laboratorium kultur jaringan dan laboratorium Treub, Pusat Konservasi Tumbuhan-Kebun Raya Bogor LIPI, dan laboratorium anatomi tumbuhan, Departemen

Biologi, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Pertanian Bogor (IPB).

Bahan

Sebanyak 16 individu paku *Pteris* yang tercakup dalam enam jenis digunakan dalam penelitian ini. Jenis-jenis tersebut dikumpulkan dari berbagai lokasi di Jawa Barat dan Jawa Tengah (Tabel 1.). Spesimen herbarium dibuat sesuai prosedur standar untuk tumbuhan paku. Karakter morfologi diamati dan dicatat untuk menganalisis persamaan dan perbedaan antar jenis dan menentukan nama validnya. Determinasi untuk menentukan jenis dilakukan dengan menggunakan kunci identifikasi yang disediakan oleh Holttum (1966) dan Edie (1978). Spesimen herbarium koleksi TNgP dan TNgP & YF (TNgP = Titien Ng. Praptosuwiryo, YF = Yogi Febrianto) disimpan di BOHB (Herbarium Kebun Raya Bogor, LIPI)

Pengambilan contoh dan pembuatan preparat anatomi paradermal

Daun paku yang dipilih sebagai contoh penelitian adalah daun paku *Pteris* yang telah matang atau tua. Daun matang dari daun paku subur (berspora) ditandai dengan warna sori yang berwarna cokelat dan sebagian kotak sporanya telah membuka, sedangkan daun mandul tua ditandai dengan warna hijau tua kekuningan dan telah terhenti perkembangannya. Bagian daun yang diambil adalah anak daun yang terdapat pada bagian tengah lembaran daun (*lamina*).

Sayatan epidermis dijernihkan dengan cara direndam dalam larutan hipoklorit 5,25% (kloroks) selama 3–5 menit. Sayatan epidermis yang telah dibersihkan dengan air diwarnai dengan pewarna safranin 2% selama 30 detik. Selanjutnya sayatan diletakkan di atas kaca objek dengan media gliserin 30% dan ditutup dengan *cover glass* dengan perekat cat kuku bening (Saadu *et al.*, 2009).

Tabel 1. Jenis-jenis *Pteris* Jawa yang digunakan dalam penelitian anatomi paradermal

No.	Jenis	Lokasi	Spesimen Bukti
1.	<i>P. ensiformis</i> Burm.f.	Jl. Otto Iskandar Dinata KRB, Kec. Bogor Barat, Kota Bogor, Jawa Barat	RAE 01
		Tanaman Astrid Kebun Raya Bogor, Kec. Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat	RAE 02, RAE 03
		Jl. Ramin IPB, Kec. Dramaga, Kab. Bogor	RAE 04, RAE 05
2.	<i>P. fauriei</i> Hieron.	Sekitar rumah kaca Lab. Kultur Jaringan, Kebun Raya Bogor, Jawa Barat	TNgP & YF 13, TNgP & YF 14
3.	<i>P. heteromorpha</i> Fée	Wono Potro, Kec. Klego, Kab. Boyolali, Jawa Tengah	TNgP 4074
4.	<i>P. longipinnula</i> Wall. ex J. Agardh	TAHURA Mangkunegoro I, Karanganyar, Jawa Tengah	TNgP 4228
5.	<i>P. tripartita</i> Sw.	Sekitar rumah kaca Lab. Kultur Jaringan, Kebun Raya Bogor, Jawa Barat	TNgP & YF 03, TNgP & YF 04
6.	<i>P. vittata</i> L.	Jl. Babakan Tengah, Kec. Dramaga, Kab. Bogor, Jawa Barat	RAV 01, 02, 03
		Jl. Tanjung No.4, Bogor, Kec. Dramaga, Kab. Bogor	RAV 04, 05

Preparat anatomi paradermal diamati dengan menggunakan mikroskop trinokuler Olympus CX31, yang dihubungkan dengan monitor komputer dengan pembesaran obyektif 40x. Karakter yang diamati adalah bentuk dan ukuran stomata, bentuk dan ukuran epidermis, kerapatan dan indeks stomata, serta tipe dan pengelompokan stomata.

Penentuan Ukuran Stomata dan Epidermis

Pengukuran stomata dan sel epidermis dilakukan di bawah mikroskop yang disambung dengan perangkat komputer dengan menggunakan aplikasi *Image Raster* 3.7.4. (Soille, 2004.). Sebanyak 30 stomata dan sel epidermis dipilih

secara acak dari 10 bidang pandang pada pembesaran lensa obyektif 40x. Pengukuran stomata dan sel epidermis meliputi panjang dan lebar dari sel penjaga. Pengukuran amplitudo dan panjang gelombang lambda dari lekukan sel epidermis juga dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Image Raster* 3.7.4.

Penentuan Indeks dan Kerapatan Stomata

Jumlah stomata dan epidermis pada 30 bidang pandang (lensa obyektif 40x) dihitung untuk mendapatkan nilai indeks stomata. Indeks stomata (IS) dihitung dengan mengikuti rumus Salisbury (1928), yaitu:

$$IS = \left(\frac{\Sigma \text{ stomata per bidang pandang}}{\Sigma \text{ stomata per bidang pandang} + \Sigma \text{ epidermis per bidang pandang}} \right) \times 100 \%$$

Kerapatan stomata (KS) diamati melalui mikroskop cahaya dan jumlahnya dihitung pada luasan satu milimeter persegi (Stace, 1965). Kerapatan stomata (KS) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KS = \frac{\Sigma \text{ Stomata}}{\text{Luas bidang pandang (mm}^2\text{)}}$$

Data indeks dan kerapatan stomata diolah menggunakan aplikasi Microsoft Excell 2013 dan MINITAB 16.2. (Chistensen, 1998).

Penentuan tipe stomata dan persebarannya

Tipe stomata ditentukan dengan mengacu van Cotthem (1970a), Khan *et al.* (2014), serta Sen & De (1992). Untuk menentukan tipe stomata dan persebarannya, sebanyak 120–280 stomata diamati secara mikroskopis. Tipe stomata ditentukan berdasarkan jumlah sel epidermis tambahan dan model orientasi sel di sekelilingnya (Sen & Hennipman, 1981).

Penentuan dendrogram enam jenis *Pteris*

Analisis persamaan ciri-ciri anatomi paradermal enam jenis *Pteris* ditentukan dengan membangun pohon percabangan kelompok (dendrogram) berdasarkan 20 ciri anatomi paradermal. Ciri anatomi paradermal tersebut dikelompokkan menggunakan nilai biner (0 atau 1) untuk ciri kualitatif dan ciri ganda (0, 1, dan 2) untuk ciri kuantitatif (Lampiran 1 dan 2). Dendrogram dibuat menggunakan aplikasi PAST (*Paleontological Statistics*) versi 2.17c (Hammer *et al.*, 2001). Konstruksi dendrogram dibuat menggunakan pendekatan statistik UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran stomata

Ukuran stomata dapat beragam untuk setiap jenis tumbuhan. Ukuran stomata pada enam jenis *Pteris* yang diamati disajikan pada Tabel 2. Stomata abaksial *P. heteromorpha* memiliki ukuran paling besar dibandingkan dengan jenis

lainnya, dengan rerata panjang sebesar 55,7 µm dan rerata lebar 30,9 µm. Sementara itu ukuran rerata stomata abaksial *P. tripartita* paling kecil, rerata panjang sebesar 30,5 µm dan rerata lebar 20,8 µm. Variasi pada ukuran stomata dapat disebabkan oleh faktor genetik dan lingkungan sekitar (Sun *et al.*, 2018).

Secara umum, Tabel 2 menunjukkan ukuran stomata kurang kuat untuk dapat menyokong pembatasan konsep jenis dalam *Pteris*. Ukuran stomata *P. ensiformis* jauh berbeda dengan ukuran stomata *P. heteromorpha*. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran stomata dapat menjadi pendukung untuk membedakan *P. ensiformis* dari *P. heteromorpha*. Namun hal yang bertolak belakang terjadi pada *P. heteromorpha* dan *P. longipinnula*. Ukuran stomata tidak dapat menjadi ciri pendukung untuk membedakan *P. heteromorpha* dari *P. longipinnula*. Padahal, secara morfologi, *P. heteromorpha* sangat berbeda dengan *P. longipinnula*.

Bentuk sel epidermis

Sel-sel epidermis yang teramati pada enam jenis *Pteris*, baik bagian abaksial dan adaksial, memiliki pola yang sama. Secara umum, sel epidermis berbentuk poligonal, tidak beraturan, dengan dinding antiklinal yang tipis dan melekok ke dalam. Penelitian Chuang & Liu (2003) pada 20 jenis *Pteris* di Taiwan, dan Hastuti *et al.* (2011) pada *P. multifida* dari Jawa, juga memperlihatkan pola epidermis yang serupa.

Tabel 2. Ukuran stomata enam jenis *Pteris* pada sisi epidermis abaksial

Jenis	Panjang stomata (µm)		Lebar stomata (µm)	
	Rerata	Kisaran	Rerata	Kisaran
<i>Pteris ensiformis</i>	36,3	32,8–39,9	20,8	19,0–22,6
<i>Pteris fauriei</i>	35,1	31,4–38,9	18,6	17,5–19,8
<i>Pteris heteromorpha</i>	55,7	53,2–58,2	30,9	29,1–32,7
<i>Pteris longipinnula</i>	53,3	51,7–55,0	27,1	25,8–28,4
<i>Pteris tripartita</i>	30,5	27,6–32,3	20,8	15,1–26,4
<i>Pteris vittata</i>	37,1	34,0–40,2	22,4	20,3–24,5

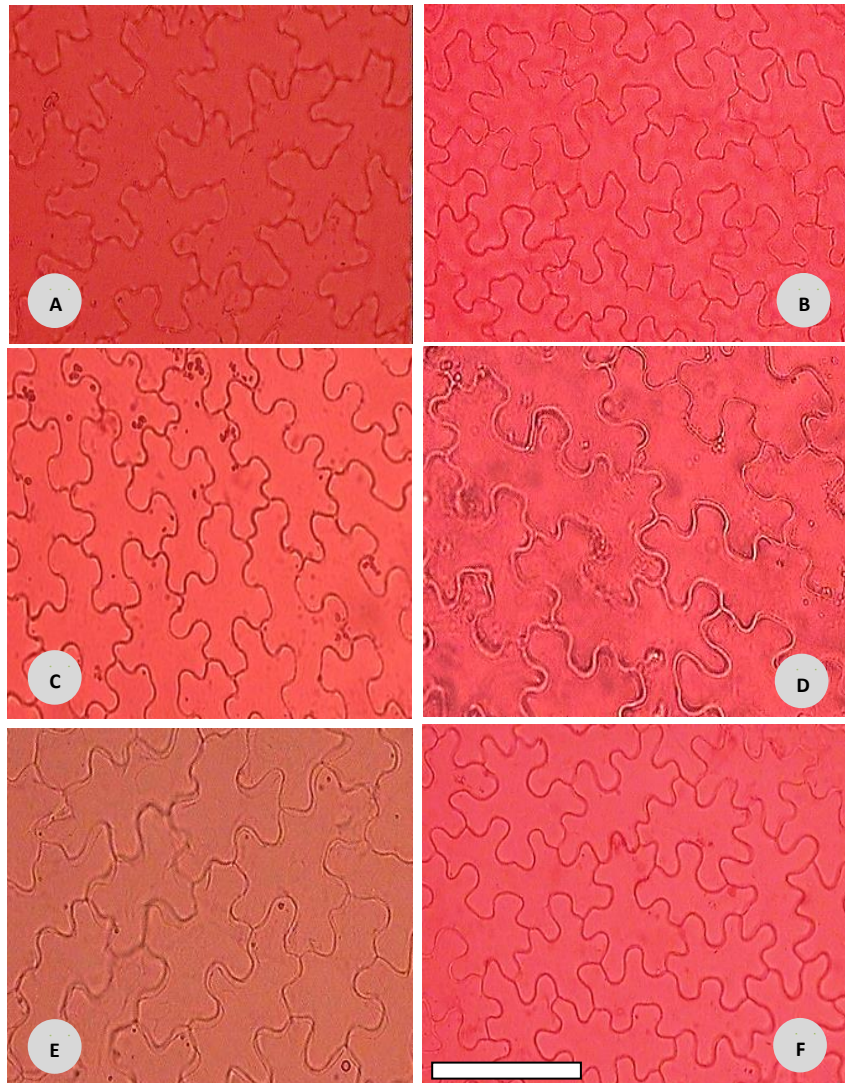
Walaupun secara umum sel epidermis *Pteris* memiliki pola yang serupa, namun jika dicermati lebih dalam maka akan terlihat bahwa ukuran epidermis dan tatahan lekukan dinding antiklinal untuk tiap jenis relatif berbeda. Gambar 1.

memperlihatkan perbedaan bentuk sel epidermis pada enam jenis *Pteris* yang diamati. Bentuk sel epidermis untuk tiap jenis *Pteris* bersifat konstan dan berbeda antara satu dengan yang lain. Perbedaan bentuk sel epidermis dari enam jenis

tersebut dapat dilihat dari bentuk lekukan dinding antiklinalnya. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk epidermis dapat mendukung pembatasan konsep jenis bagi enam jenis *Pteris* yang diamati. Selaras dengan hasil penelitian Oloyede et al. (2011) mengenai perbandingan anatomi paradermal dua jenis *Nephrolepis*. Jenis *N. biserrata* (Swartz) Scott and *N. undulata* (Swartz) J.sm. dapat dibedakan berdasarkan epidermisnya.

Ukuran Sel Epidermis

Ukuran sel epidermis pada adaksial dan abaksial enam jenis *Pteris* disajikan dalam Tabel 3. dan Tabel 4. Pengukuran sel epidermis penting dilakukan untuk melihat hubungan sel tersebut terhadap kerapatan stomata. Ciri ukuran panjang dan lebar sel epidermis, dan juga tinggi amplitudo dan panjang gelombang lekukan dinding antiklinal sel epidermis memiliki nilai yang beragam dalam marga *Pteris*.



Gambar 1. Bentuk sel epidermis poligonal tidak beraturan (*irregular-irg*) pada enam jenis *Pteris*: (A) *P. ensiformis*, (B) *P. fauriei*, (C) *P. heteromorpha*, (D) *P. longipinnula*, (E) *P. tripartita*, (F) *P. vittata*. Perbesaran 400x. Garis skala = 100 μ m.

Ukuran epidermis adaksial lebih besar daripada sel epidermis abaksial. Sel epidermis adaksial dan abaksial pada jenis *P. heteromorpha* memiliki ukuran panjang dan lebar paling besar dibandingkan dengan jenis lainnya dengan rerata

panjang secara berurutan 135,1 μ m dan 106,6 μ m serta rerata lebar 68,3 μ m dan 55,2 μ m. Sementara sel epidermis adaksial dan abaksial pada jenis *P. tripartita* memiliki ukuran panjang dan lebar paling kecil dengan rerata panjang secara

berurutan 81,1 μm dan 55,6 μm serta rerata lebar 48,4 μm dan 42,1 μm .

Ukuran rerata amplitudo dan lambda dari lekukan dinding antiklinal sel-sel epidermis bagian adaksial relatif berbeda antar jenis. Sel epidermis adaksial *P. vittata* memiliki nilai amplitudo paling besar yaitu 21,5 μm . Sementara sel epidermis adaksial *P. heteromorpha* memiliki nilai amplitudo paling kecil yaitu 15,5 μm . Panjang gelombang sel epidermis terbesar terdapat pada jenis *P. tripartita* yaitu 34,3 μm . Sementara panjang gelombang sel epidermis terkecil terdapat pada jenis *P. ensiformis* dan *P. heteromorpha* yaitu 28,7 μm . Penelitian Misra & Tiwari (2017) juga menunjukkan hasil serupa pada jenis paku *Tectaria macrodonta*. Secara keseluruhan ukuran panjang gelombang

epidermis lebih besar daripada ukuran amplitudonya.

Analisis kuantitatif kerapatan stomata selaras dengan nilai indeks stomata. Nilai kerapatan stomata terbesar terdapat pada abaksial jenis *P. tripartita* dengan rerata nilai sebesar 186,6/ mm^2 . Sementara nilai kerapatan stomata terkecil terdapat pada abaksial jenis *P. longipinnula* dengan rerata nilai sebesar 70,5/ mm^2 . Indeks dan kerapatan stomata memiliki hubungan yang berbanding lurus. Hasil yang didapat serupa dengan hasil penelitian Pompelli *et al.* (2010), nilai indeks stomata yang besar akan menghasilkan nilai kerapatan yang besar dan nilai indeks stomata yang kecil akan menghasilkan nilai kerapatan stomata yang kecil pula.

Tabel 3. Ukuran sel epidermis enam jenis *Pteris* Jawa

Jenis		Panjang epidermis (μm)		Lebar epidermis (μm)	
		Rerata	Kisaran	Rerata	Kisaran
<i>P. ensiformis</i>	Adaksial	121,3	115,8–126,9	75,5	60,0–91,1
	Abaksial	87,7	79,3–96,1	55,9	50,8–61,0
<i>P. fauriei</i>	Adaksial	87,5	81,1–94,0	52,9	42,7–63,1
	Abaksial	67,8	53,1–82,4	51,1	47,0–55,3
<i>P. heteromorpha</i>	Adaksial	135,1	127,1–143,3	68,3	62,0–74,7
	Abaksial	106,6	98,4–114,7	55,2	49,8–60,7
<i>P. longipinnula</i>	Adaksial	122,4	116,6–128,3	73,4	67,9–79,0
	Abaksial	122,3	114,4–130,3	70,5	64,1–77,0
<i>P. tripartita</i>	Adaksial	81,1	79,1–83,3	48,4	41,1–55,8
	Abaksial	55,6	45,3–65,8	42,1	29,9–54,3
<i>P. vittata</i>	Adaksial	96,9	90,2–103,7	60,2	57,4–62,9
	Abaksial	76,1	67,8–84,5	48,7	43,1–54,2

Tabel 4. Ukuran amplitudo dan panjang gelombang epidermis enam jenis *Pteris* Jawa pada adaksial

Jenis	Amplitudo epidermis (μm)		Lambda epidermis (μm)	
	Rerata	Kisaran	Rerata	Kisaran
<i>P. ensiformis</i>	17,3	16,3–18,3	28,7	26,9–29,8
<i>P. fauriei</i>	20,75	19,6–21,9	29,3	27,9–30,6
<i>P. heteromorpha</i>	15,5	14,8–16,1	28,7	27,2–30,3
<i>P. longipinnula</i>	17,0	15,9–18,0	32,8	30,9–34,6
<i>P. tripartita</i>	19,1	18,2–20,1	34,3	32,6–35,9
<i>P. vittata</i>	21,5	20,4–22,6	30,6	29,2–32,0

Indeks dan kerapatan stomata

Indeks stomata merupakan rasio antara banyaknya stomata dengan jumlah sel pada permukaan daun (Srivastava *et al.*, 2013). Indeks stomata dipengaruhi oleh jumlah stomata,

sedangkan kerapatan stomata merupakan jumlah stomata per luas bidang pandang. Kerapatan stomata dipengaruhi oleh ukuran stomata (Lestari, 2005). Hasil pengamatan indeks dan kerapatan stomata *Pteris* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Indeks dan kerapatan stomata enam jenis *Pteris* pada abaksial

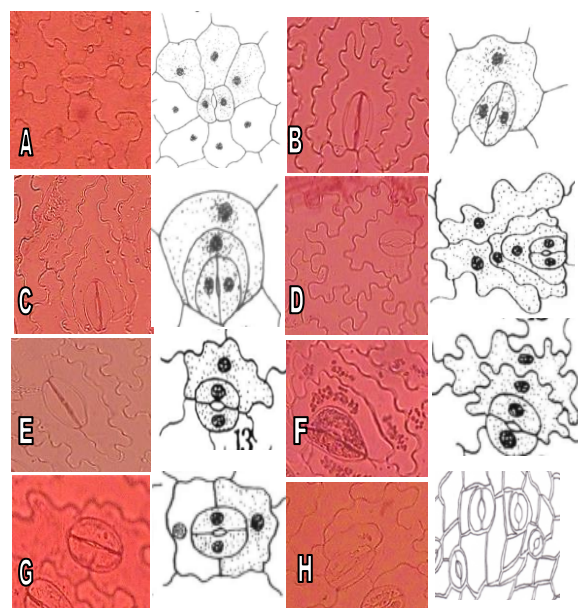
Jenis	Indeks Stomata (%)		Kerapatan Stomata/mm ²	
	Rataan	Kisaran	Rataan	Kisaran
<i>P. ensiformis</i>	28,5	27,2–29,8	136,6	125,2–148,0
<i>P. fauriei</i>	29,9	28,8–30,9	139,5	134,7–144,3
<i>P. heteromorpha</i>	23,0	21,6–24,3	98,2	87,7–102,9
<i>P. longipinnula</i>	18,8	17,7–19,8	70,5	64,1–77,0
<i>P. tripartita</i>	30,3	29,1–31,4	186,6	174,4–198,7
<i>P. vittata</i>	30,0	29,3–30,7	159,1	150,8–167,3

Indeks stomata merupakan salah satu parameter yang berguna dalam membedakan jenis (Tripathi & Mondal, 2012). Fajuke et al. (2018) melaporkan bahwa indeks stomata enam jenis *Nephrolepis* memiliki nilai yang bervariasi. Variasi tersebut dapat digunakan dalam memperkuat pembatasan konsep jenis dalam tumbuhan paku marga *Nephrolepis*. Namun keadaan sebaliknya terjadi pada hasil pengamatan pada *Pteris* Jawa. Indeks stomata enam jenis *Pteris* yang diamati menunjukkan bahwa ciri stomata tidak kuat untuk dijadikan sebagai salah satu penyokong dalam membedakan jenis *Pteris*. Nilai indeks stomata terbesar terdapat pada abaksial *P. tripartita* dengan rerata nilai sebesar 30,3%. Nilai indeks stomata terkecil terdapat pada abaksial *P. longipinnula* dengan rerata nilai sebesar 18,8%. Perbedaan nilai indeks stomata antara *P. fauriei*, *P. tripartita*, dan *P. vittata* tidak nyata.

Tipe Stomata

Tipe stomata pada tumbuhan paku dikelompokkan ke dalam 24 tipe (Sen & De, 1992). Stomata tersebut dibedakan berdasarkan posisi dan jumlah dari sel epidermis tambahan (van Cotthem, 1970). Delapan tipe stomata ditemukan tersebar pada epidermis abaksial dari enam jenis *Pteris* Jawa yang diamati (Gambar 2 dan Tabel 6).

Tipe-tipe tersebut yaitu anomositik, polositik, kopolositik, pseudokopolositik, hemiparasitik, kohemiparasitik, diasitik, dan brakiparasitik. Delapan tipe tersebut tersebar di antara jenis-jenis *Pteris* dengan kombinasi persebaran dan persentase kejadian yang berbeda. Persebaran dan kejadian tipe stomata pada tiap-tiap jenis dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Penampang paradermal delapan tipe stomata (kiri) beserta referensinya kanan). (A) Anomositik; (B) Polositik; (C) Kopolositik; (D) Pseudokopolositik; (E) Hemiparasitik; (F) Kohemiparasitik; (G) Diasitik; (H) Brakiparasitik. [Sumber: Sen & De (1992) untuk A-G dan Khan et al. (2014) untuk H].

Pteris ensiformis. Tipe stomata yang ditemukan pada lima individu *P. ensiformis* adalah tipe anomositik, polositik, kopolositik, hemiparasitik, dan kohemiparasitik. Tipe stomata yang ditemukan dalam jumlah melimpah pada *P. ensiformis* adalah tipe polositik (Tabel 6) dengan

kisaran persentase persebaran sebesar 54%–80%. Tipe kedua terbanyak yang ditemukan pada *P. ensiformis* adalah tipe kopolositik dengan kisaran persentase persebaran sebesar 14%–38%. Tipe selanjutnya adalah tipe anomositik dengan kisaran persentase persebaran sebesar 1%–16%.

Tabel 6. Data persebaran tipe stomata enam jenis *Pteris* Jawa

Jenis dan No. Koleksi	Tipe Stomata							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P. ensiformis</i>								
RAE 01	+	++	+	-	(+)	-	-	-
RAE 02	+	++	+	-	-	-	-	-
RAE 03	+	++	+	-	-	-	-	-
RAE 04	+	++	+	-	-	-	-	-
RAE 05	+	++	+	-	(+)	(+)	-	-
<i>P. fauriei</i>								
TNgP&YF 13	+	++	+	(+)	(+)	-	(+)	-
TNgP&YF 14	+	++	+	-	-	-	-	-
<i>P. heteromorpha</i>								
TNgP 4074	+	++	+	-	-	-	-	-
<i>P. longipinnula</i>								
TNgP 4228	+	++	+	-	-	-	-	-
<i>P. tripartita</i>								
TNgP&YF 03	+	++	+	-	(+)	-	-	(+)
TNgP&YF 04	+	++	+	-	-	-	-	-
<i>P. vittata</i>								
RAV 01	+	++	+	-	-	-	-	-
RAV 02	+	++	+	-	-	-	(+)	-
RAV 03	+	++	-	-	-	-	(+)	-
RAV 04	+	++	+	(+)	-	-	(+)	-
RAV 05	+	++	+	-	-	-	-	-

Keterangan:

1 = Anomocytic; 2 = Polocytic; 3 = Copolocytic ; 4 = Pseudocopolocytic; 5 = Hemiparacytic;

6 = Cohemiparacytic; 7 = Diacytic; 8 = Brachyparacytic

- : tidak ada; (+) : jarang ditemukan, jumlah terbatas; + : ada; ++ : ada, jumlah melimpah

Menurut Sen & De (1992), tipe stomata yang terdapat pada *P. ensiformis* adalah tipe polositik, kopolositik, seppolositik, dan pseudopolositik. Tipe seppolositik dan pseudopolositik tidak ditemukan pada pengamatan. Namun ditemukan dua tipe stomata baru pada *P. ensiformis* yaitu tipe hemiparasitik dan kohemiparasitik. Dua tipe tersebut belum pernah dilaporkan pada jurnal penelitian yang memuat laporan terkait tipe stomata *Pteris* sebelumnya. Tipe hemiparasitik hanya ditemukan pada individu RAE 01 dan RAE 04 dengan kisaran

persebaran 2%–5%. Sedangkan tipe kohemiparasitik hanya ditemukan pada individu RAE 04 dengan rerata persebaran sebesar 0%–1% (Tabel 7).

Pteris fauriei. Tipe stomata yang ditemukan pada dua individu *P. fauriei* adalah tipe anomositik, polositik, kopolositik, pseudo-kopolositik, hemiparasitik, dan diasitik. Tipe stomata polositik ditemukan dalam jumlah melimpah dengan kisaran persentase persebaran sebesar 66%–69%. Tipe kedua terbanyak adalah

tipe kopositik dengan kisaran persebaran 23%–25%. Tipe yang banyak dijumpai selanjutnya adalah tipe anomositik dengan kisaran persebaran sebesar 6%–8%.

Menurut Sen & Hennipman (1981), tipe stomata yang terdapat pada *P. fauriei* adalah tipe polositik dan kopositik. Namun dalam pengamatan kali ini ditemukan tiga tipe stomata lain pada dua individu *P. fauriei*, yaitu tipe pseudokopositik, hemiparasitik, dan diasitik. Tiga tipe tersebut ditemukan dalam jumlah terbatas dan belum pernah dilaporkan dalam jurnal penelitian sebelumnya. Tipe pseudokopositik, hemiparasitik, dan diasitik hanya ditemukan pada individu TNgP & YF 13 dengan kisaran persebaran sebesar 0%–1% (Tabel 7).

***Pteris heteromorpha*.** Tipe stomata yang ditemukan pada *P. heteromorpha* adalah tipe anomositik, polositik, dan kopositik. Tipe stomata yang ditemukan dalam jumlah melimpah pada

P. heteromorpha adalah tipe polositik (Tabel 6) dengan persentase persebaran sebesar 68,75%. Tipe kedua terbanyak yang ditemukan pada *P. heteromorpha* adalah tipe kopositik dengan persentase persebaran sebesar 25%. Tipe selanjutnya adalah tipe anomositik dengan persentase persebaran sebesar 6,25% (Tabel 7).

***Pteris longipinnula*.** Tipe stomata yang ditemukan pada *P. longipinnula* adalah tipe anomositik, polositik, dan kopositik. Tipe stomata yang ditemukan dalam jumlah melimpah pada *P. longipinnula* adalah tipe polositik (Tabel 7) dengan persentase persebaran sebesar 64%. Tipe kedua terbanyak yang ditemukan pada *P. longipinnula* adalah tipe kopositik dengan persentase persebaran sebesar 32,8%. Tipe selanjutnya adalah tipe anomositik dengan persentase persebaran sebesar 3,3% (Tabel 7).

Tabel 7. Persentase persebaran tipe stomata enam jenis *Pteris*

Jenis dan Specimen Bukti	Jumlah Tipe Stomata yang Ditemukan							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P. ensiformis</i>								
RAE 01	17	80	50	0	3	0	0	0
Persentase	11,33%	53,33%	33,33%	0%	2%	0%	0%	0%
RAE 02	2	116	27	0	0	0	0	0
Persentase	1,4%	80%	18,6%	0%	0%	0%	0%	0%
RAE 03	3	112	30	0	0	0	0	0
Persentase	2,06%	77,24%	20,7%	0%	0%	0%	0%	0%
RAE 04	12	120	24	0	8	1	0	0
Persentase	7,3%	72,7%	14,5%	0%	4,9%	0,6%	0%	0%
RAE 05	26	115	25	0	0	0	0	0
Persentase	15,67%	69,3%	15,06%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>P. fauriei</i>								
TNgP&YF 13	12	127	47	2	1	0	1	0
Persentase	6,3%	66,85%	24,7%	1,05%	0,5%	0%	0,5%	0%
TNgP&YF 14	14	124	42	0	0	0	0	0
Persentase	7,78%	68,89%	23,33%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Pteris heteromorpha</i>								
TNgP 4074	8	88	32	0	0	0	0	0
Persentase	6,25%	68,75%	25%	0%	0%	0%	0%	0%

Jenis dan Specimen Bukti	Jumlah Tipe Stomata yang Ditemukan							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Pteris longipinnula</i>								
TNgP 4228	4	78	40	0	0	0	0	0
Persentase	3,3%	64%	32,8%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>P. tripartita</i>								
TNgP & YF 03	116	130	21	0	1	0	0	2
Persentase	43%	48%	7,78%	0%	0,37%	0%	0%	0,75%
TNgP & YF 04	88	119	14	0	0	0	0	0
Persentase	39,8%	53,85%	6,33%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>P. vittata</i>								
RAV 01	53	117	21	0	0	0	0	0
Persentase	27,75%	61,25%	11%	0%	0%	0%	0%	0%
RAV 02	60	132	23	0	0	0	1	0
Persentase	27,78%	61,1%	10,65%	0%	0%	0%	0,5%	0%
RAV 04	62	127	23	1	0	0	1	0
Persentase	29%	59,3%	10,75%	0,5%	0%	0%	0,5%	0%
RAV 05	63	121	16	0	0	0	0	0
Persentase	31,5%	60,5%	8%	0%	0%	0%	0%	0%

Pteris tripartita. Tipe stomata yang ditemukan pada dua individu *P. tripartita* adalah tipe anomositik, polositik, kopolositik, hemiparasitik, dan brakiparasitik. Tipe stomata polositik ditemukan dalam jumlah melimpah dengan kisaran persentase persebaran sebesar 48%–54%. Tipe kedua adalah tipe anomositik dengan kisaran persentase persebaran 40%–43%. Tipe polositik dan anomositik hampir sama besar persentase persebarannya. Tipe selanjutnya adalah tipe kopolositik dengan kisaran persebaran sebesar 6%–8%.

Tipe hemiparasitik dan brakiparasitik belum pernah ditemukan pada jenis *P. tripartita* sebelumnya. Kedua tipe ditemukan dalam jumlah terbatas pada *P. tripartita* dengan nomor koleksi individu TNgP & YF 03. Kisaran persentase persebaran tipe hemiparasitik dan brakiparasitik sebesar 0%–1%. Menurut Khan *et al.* (2014), tipe brakiparasitik merupakan tipe stomata dengan lima sel epidermis tambahan, dua diantaranya mengapit salah satu sisi sel penjaga namun tidak sepenuhnya menutupi sel penjaga tersebut. Tipe stomata brakiparasitik umumnya ditemukan pada suku *Euphorbiaceae*. Tipe stomata ini teramati pada daun pohon *Putranjiva roxburji* (Khan *et al.*, 2014) dan *Pterygota alata* var. *alata* serta *Pterygota alata* var. *irregularis* (Mitra *et al.*, 2015).

Pteris vittata. Tipe stomata yang ditemukan pada lima individu *P. vittata* adalah tipe anomositik, polositik, kopolositik, pseudo-kopolositik, dan diasitik. Tipe stomata yang ditemukan dalam jumlah melimpah pada *P. vittata* adalah tipe polositik dengan kisaran persentase persebaran sebesar 58%–62%. Tipe kedua terbanyak yang ditemukan pada *P. vittata* adalah tipe anomositik dengan kisaran persentase persebaran sebesar 27%–41%. Tipe selanjutnya adalah tipe kopolositik dengan kisaran persentase persebaran sebesar 8%–11%.

Menurut Sen & De (1992), tipe stomata yang terdapat pada *P. vittata* adalah tipe polositik, kopolositik, seppolositik, pseudopolositik, hemiparasitik, dan kohemiparasitik. Tipe stomata seppolositik, pseudopolositik, hemiparasitik, dan kohemiparasitik tidak ditemukan dalam penelitian ini. Namun ditemukan dua tipe stomata baru yaitu tipe pseudokopolositik dan diasitik dalam jumlah terbatas. Tipe pseudokopolositik hanya ditemukan pada individu RAV 04 dengan kisaran persebaran 0%–1%. Tipe diasitik hanya ditemukan pada individu RAV 02, RAV 03, dan RAV 04 dengan kisaran persebaran 0.5%–1%.

Secara keseluruhan tipe stomata yang dominan dijumpai pada enam jenis *Pteris* adalah tipe polositik, yaitu tipe stomata yang menyerupai bentuk U. Hal tersebut sesuai dengan Sen & De

1992 bahwa tipe stomata polositik merupakan tipe yang paling banyak ditemukan pada semua suku tumbuhan paku, kecuali *Ophioglossaciae*. Sen & De (1992) juga menjelaskan bahwa tipe stomata seppolositik merupakan tipe stomata kedua paling dominan ditemukan pada tumbuhan paku. Namun tipe seppolositik justru tidak ditemukan pada enam belas individu paku yang diteliti. Tipe stomata kedua yang mendominasi pada enam jenis *Pteris* adalah tipe anomositik dan kopositik. Tipe stomata lainnya seperti pseudokopositik, hemiparasitik, kohemiparasitik, dan diasitik terdistribusi dalam jumlah yang terbatas.

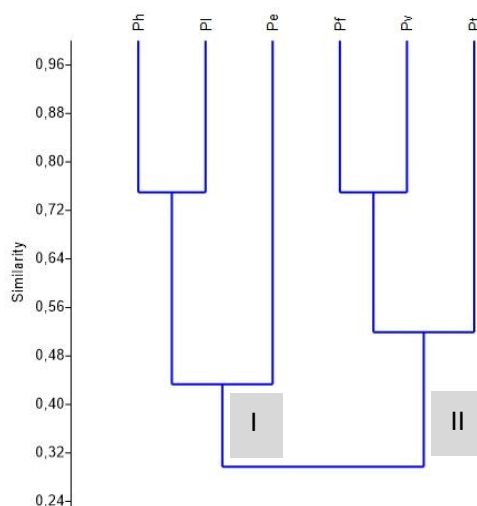
Tidak ditemukannya beberapa tipe stomata yang dilaporkan oleh Sen & De (1992) seperti pseudopositik dan seppolositik pada penelitian ini kemungkinan besar disebabkan oleh perbedaan kondisi ekologis tempat pengambilan contoh. Selain itu perbedaan individu dan variasi pada jenis yang diamati juga mempengaruhi perbedaan persebaran tipe stomata. Jumlah stomata yang diamati tiap jenis *Pteris* pada penelitian ini adalah sebanyak 120–280 stomata per individu. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data persebaran stomata yang maskimal. Sen & De (1992) tidak menyebutkan secara jelas berapa individu yang

diamati untuk tiap jenis dan berapa jumlah stomata yang diamati untuk tiap individu.

Dendrogram enam jenis *Pteris*

Tumbuhan dikelompokkan berdasarkan persamaan atau perbedaan ciri. Data persamaan dan perbedaan ciri tersebut divisualisasikan dalam bentuk pohon percabangan (dendrogram). Analisis yang dilakukan untuk mengelompokkan enam jenis *Pteris* berdasarkan ciri anatomi paradermal (Lampiran 1 dan 2) menghasilkan dendrogram yang disajikan pada Gambar 3.

Enam jenis *Pteris* terbagi ke dalam dua kelompok besar yaitu kelompok I (*P. heteromorpha*, *P. longipinnula*, dan *P. ensiformis*) dan kelompok II (*P. fauriei*, *P. vittata*, dan *P. tripartita*). Dua kelompok besar tersebut memiliki nilai kesamaan ciri yang kecil yaitu 30%, sedangkan nilai ketidaksamaan cirinya besar yaitu 70%. Kelompok I dan II terbagi menjadi dua berdasarkan perbedaan dari ciri tipe stomata (Tabel 6), ukuran stomata (panjang dan lebar), ukuran epidermis (panjang, lebar, amplitudo, dan panjang gelombang), jumlah sel epidermis per bidang pandang, indeks stomata, dan kerapatan stomata (Lampiran 2).



Gambar 3. Dendrogram enam jenis *Pteris* berbasis data kualitatif dan kuantitatif 20 ciri anatomi paradermal (Pe- *P. ensiformis*; Pf- *P. fauriei*; Ph- *P. heteromorpha*; Pl- *P. longipinnula*; Pt- *P. tripartita*; Pv- *P. vittata*)

Kelompok I terbagi menjadi dua subkelompok yaitu kelompok A (*P. heteromorpha* dan *P. longipinnula*) dan kelompok B (*P. ensiformis*). Kelompok A dan B memiliki nilai

kesamaan ciri sebesar 42% dan ketidaksamaan ciri sebesar 58%. Ciri yang membuat kelompok A dan B terpisah adalah tipe stomata. *P. ensiformis* memiliki tipe stomata yang lebih beragam daripada

P. heteromorpha dan *P. longipinnula*. Kesamaan ciri yang dimiliki *P. ensiformis* dengan *P. heteromorpha* dan *P. longipinnula* hanya ukuran epidermis, jumlah epidermis, dan ukuran amplitudo epidermis (Lampiran 2).

Dua jenis paku *Pteris* dalam kelompok A yaitu *P. heteromorpha* dan *P. longipinnula* terletak pada cabang pohon yang sama karena memiliki nilai kesamaan ciri yang besar yaitu 75%. Sementara nilai ketidaksamaan cirinya cukup kecil yaitu 25%. Nilai kesamaan ciri yang besar tersebut menandakan bahwa jenis *P. heteromorpha* dan *P. longipinnula*, bila ditinjau berdasarkan anatomi paradermanl, memiliki ciri sifat yang hampir sama. Kesamaan ciri yang dimiliki oleh *P. heteromorpha* dan *P. longipinnula* adalah tipe stomata (Tabel 6), ukuran dan kerapatan stomata, ukuran epidermis dan tinggi amplitudo epidermis (Lampiran 2).

Kelompok II terbagi menjadi dua subkelompok yaitu kelompok C (*P. fauriei* dan *P. vittata*) dan kelompok D (*P. tripartita*). Kelompok C dan D memiliki kesamaan ciri sebesar 49% dan ketidaksamaan ciri sebesar 51%. Ciri yang membuat dua kelompok tersebut terpisah salah satunya adalah tipe stomata. *P. tripartita* memiliki satu tipe stomata (tipe brakiparasitik) yang tidak ditemukan pada jenis paku *Pteris* lainnya. Ciri lain yang membuat *P. tripartita* terpisah dengan kelompok *P. fauriei* dan *P. vittata* adalah perbedaan dari ukuran stomata, indeks dan kerapatan stomata, serta jumlah epidermis (Lampiran 2).

Jenis *P. fauriei* dan *P. vittata* (kelompok C) memiliki nilai kesamaan ciri yang besar yaitu 75% dan nilai ketidaksamaan ciri 25%. Nilai kesamaan ciri yang besar membuat *P. fauriei* dan *P. vittata* berada pada percabangan pohon yang sama. Kesamaan ciri yang dimiliki oleh dua jenis *Pteris* tersebut adalah tipe stomata, walaupun terdapat satu tipe stomata pada jenis *P. fauriei* (tipe hemiparasitik) yang tidak dimiliki oleh *P. vittata* (Tabel 6.). Kesamaan ciri lainnya adalah ukuran stomata, ukuran epidermis, jumlah epidermis, ukuran amplitudo dan panjang gelombang epidermis, serta nilai indeks stomata (Lampiran 2).

Chao *et al.* (2014) melaporkan hasil studi filogeni molekuler dan biogeografi paku marga *Pteris* dengan jenis *Coniogramme japonica* sebagai

outgroup terjauh. Berdasarkan ciri morfologi, jenis-jenis *Pteris* dibagi ke dalam empat kelompok berbeda yaitu kelompok A, B, C, dan D berdasarkan nilai maksimal kedekatan dan parameter model evolusi yang memaksimalkan kemungkinan urutan data. Jenis *P. ensiformis*, *P. fauriei*, *P. heteromorpha* terdapat pada kelompok A. Jenis *P. tripartita* terdapat pada kelompok B. Sedangkan jenis *P. vittata* terdapat pada kelompok D. Jenis *P. longipinnula* tidak dilaporkan dalam jurnal penelitian Chao *et al.* (2014). Pembagian kelompok tersebut berdasarkan lima ciri morfologi yang diamati yaitu habitat, percabangan daun, torehan daun, pembesaran bagian basal anak daun, dan venasi daun.

Berdasarkan ciri morfologi, jenis *P. ensiformis*, *P. fauriei*, *P. heteromorpha* masuk ke dalam kelompok A karena memiliki ciri percabangan daun *single-axis* yaitu percabangan tunggal dengan venasi daun yang menggarpu dengan ujung yang bebas. Anak daun pada jenis *Pteris* yang tergabung di kelompok A memiliki pembesaran pada bagian basalnya. Namun kelompok A terbagi ke dalam lima kelompok kecil yaitu A1, A2, A3, A4, dan A5 yang dibedakan berdasarkan ciri torehan daun yang beragam. Jenis *P. fauriei* dan *P. heteromorpha* termasuk ke dalam kelompok A1 karena biasanya memiliki torehan daun bipinnatifid yaitu bercangap menyirip ganda, sedangkan jenis *P. ensiformis* termasuk ke dalam kelompok A3 karena memiliki torehan daun yang lebih beragam yaitu bipinnatifid tidak beraturan.

Kelompok B terbagi ke dalam empat kelompok kecil yaitu B1, B2, B3, dan B4 yang dibedakan berdasarkan percabangan daun, torehan daun, dan venasi daun. Jenis *P. tripartita* termasuk ke dalam kelompok B4 karena memiliki percabangan daun *tripartita* (bercabang 3) dan memiliki venasi daun retikulat. Jenis *P. vittata* termasuk ke dalam kelompok D karena memiliki torehan daun pinnate, yaitu menyirip ganda. Selain itu *P. vittata* dapat tumbuh secara terestrial dan litofit. Ciri-ciri tersebut kemungkinan membuat jenis-jenis *Pteris* terdapat di kelompok berbeda.

Berdasarkan hasil pengelompokan Chao *et al.* (2014), jenis *P. fauriei* berada pada satu kelompok yang sama dengan *P. ensiformis* dan *P. heteromorpha*. Hal tersebut berbeda dengan

hasil yang di dapat pada penelitian ini. Berdasarkan dua puluh ciri anatomi paradermal, *P. fauriei* justru terdapat pada satu kelompok yang sama dengan jenis *P. vittata*.

KESIMPULAN

Anatomi paradermal enam jenis *Pteris* dari Pulau Jawa, yaitu *P. ensiformis*, *P. fauriei*, *P. heteromorpha*, *P. longipinnula*, *P. tripartita*, dan *P. vittata* telah diamati. Analisis numerik dari gabungan data ciri-ciri kuantitatif yang berupa ukuran rerata stomata, epidermis, amplitudo dan panjang gelombang lekukan sel epidermis serta indeks dan kerapatan stomata menunjukkan bahwa ciri kuantitatif anatomi paradermal dapat membedakan jenis dalam marga *Pteris*. Delapan tipe stomata ditemukan tersebar diantara sel-sel epidermis abaksial dengan kombinasi distribusi dan persentase kejadian berbeda untuk tiap jenis. Enam tipe stomata diantaranya dinyatakan sebagai laporan baru bagi marga *Pteris*, yaitu anomositik, pseudokopositik, hemiparasitik, kohemiparasitik, diasitik, dan brakiparasitik. Secara taksonomi, ciri kuantitatif anatomi paradermal tidak cukup untuk mendukung pembatasan jenis dalam marga *Pteris*. Sementara itu, ciri kualitatif anatomi paradermal nampaknya berguna untuk mendukung pembatasan jenis *Pteris*. Penelitian lebih lanjut dengan memasukkan sejumlah besar jenis yang mencakup rentang fitogeografi yang luas dari marga *Pteris* perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amoroso, V.B. & H.P. Pava. 1991. Comparative morpho-anatomical studies of two endemic species of *Oleandra* Cav. *Philippines Journal of Science*. 120(4): 423–437.
- Backer, C.A. & O. Posthumus. 1939. *Varenflora Voor Java*. Archipel Drukkerij, Buitenzorg.
- Carlquist, S. 1961. *Comparative Plant Anatomy*. Rinehart & Winston, New York (USA).
- Chao, Y.S., G. Rouhan, V.B. Amoroso, & W.L. Chiou. 2014. Molecular phylogeny and biogeography of the ferns of genus *Pteris* (*Pteridaceae*). *Annals of Botany* 114:109–124.
- Christensen, R. 1998. *Analysis of Variance, Regression, and Design: Applied Statistical Methods*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.
- Chuang, Y.Y. & H.Y. Liu. 2003. Leaf epidermal morphology and its systematic implications in Taiwan *Pteridaceae*. *Taiwania*. 48(1): 60–71.
- de Oliveira Machado, N.S., F.G. Pereira, P.R.D. dos Santos, C.G. Costa & E.F. Guimarães. 2015. Comparative anatomy of the leaves of *Piper lepturum* (Kunth) C.DC. var. *lepturum* and *Piper lepturum* var. *angustifolium* (C.DC.) Yunck. *Hoehnea* 42(1):1–8.
- Edie, H. 1978. *Ferns of Hongkong*. Hong Kong University Press, Hong Kong.
- Fajuke, A.A., A.M. Makinde, F.A. Oloyede & J.A. Akinloye. 2018. Comparative epidermal anatomical studies in six taxa of genus *Nephrolepis* Swart in Nigeria. *Tropical Plant Research* 5(1):19–26.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper, & P.D. Ryan. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):1–9. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hastuti, D.V., T.Ng. Praptosuwiryo & N.R. Djuita. 2011. Sitologi dan tipe reproduksi *Pteris multifida* Poir. (*Pteridaceae*). *Buletin Kebun Raya* 14(1): 8–18.
- Holtum, R.E. 1966. *A revised flora of Malaya. II. Ferns of Malaya*. Government Printing Office. Singapore.
- Holtum, R.E. & U. Sen. 1961. Morphology and classification of the tree ferns. *Phytomorphology* 11: 406–420.
- Kato, M. & R. Imaichi 1992. Leaf anatomy of tropical fern *Rheophytes*, with its evolutionary and ecological implications. *Canadian Journal Botany* 70: 165–174.
- Khan, F., Z. Yousaf, H.S. Ahmed, A. Arif, H.A. Rehman, A. Younas, M. Rashid, Z. Tariq & N. Rais. 2014. Stomatal patterning: an important taxonomic tool for systematical studies of tree species of angiosperm.

- Annual Research & Review in Biology* 4(24): 4034–4053.
- Lestari, E.G. 2005. Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi gajahmungkur, towuti, dan IR 64. *Biodiversitas* 7(1): 44–48.
- Misra, P.C. & S. Tiwari. 2017. Morphological studies of Nepalese pteridophytes-family *Aspidiaceae*. *Indian Journal Science Research* 7(2): 35–38.
- Mitra, S., G.G. Maiti & D. Maity. 2015. Structure and distribution of heteromorphic stomata in *Pterygota alata* (Roxb.) R. Br. (*Malvaceae*, formerly *Sterculiaceae*). *Adansonia* 37(1): 139–147.
- Mumpuni, M., T. Chikmawati, & T.Ng. Praptosuwiryo. 2015. Poliploidi intraspesifik *Pteris vittata* L. (Pteridaceae) di Pulau Jawa. *Floribunda* 5(2): 53–59.
- Nishida M. & H. Nishida. 1982. Histology of the rhizome of *Loxosomopsis* and affinity of *Solenostelopsis loxosmoides* Ogura. *Acta Phytotaxonomica et eobotanica* 33: 302–307.
- Oloyede, F.A., F.G. Akomolafe & O.T. Oladipo. 2011. Comparative foliar anatomical and morphological studies of *Nephrolepis biserrata* (Swartz) Scott and *N. undulata* (Swartz) J.sm. in Nigeria. *Journal of Science and Technology* 31(2): 1–10.
- Pompelli, M.F., S.C.V. Martins, E.F. Cellin, M.C. Ventrella & F.M.DaMatta 2010. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions. *Brazillia Journal of Biology* 70(4): 1083–1088.
- Praptosuwiryo, T.Ng. & D. Darnaedi. 2014. The stellar anatomy of stipe and its taxonomic significant in *Diplazium* (*Athyriaceae*). *Floribunda* 4(8): 195–201.
- Qiu, Y.J., R.A. White & M.D. Turner. 1995. The developmental anatomy of *Metaxya rostrata* (*Filicales*: *Metaxyaceae*). *American Journal of Botany* 82(8): 969 – 981.
- Resmi S., V.P. Thomas & V.K. Sreenivas. 2016. Anatomical studies of selected species of *Adiantum* L. in Kerala. *South Indian Journal of Biological Sciences* 2(1): 115 –118.
- Saadu, R.O., A.A. Abdulrahman & F.A. Oladele. 2009. Stomatal complex types and transpiration rates in some tropical tuber species. *African Journal of Plant Science* 3(5): 107–112.
- Salisbury, E.J. 1927. On the causes and ecological significance of stomatal frequency with special references to the woodland flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 216: 1– 65.
- Schneider, H. & G. Rusea. 2013. *Pteris* L. In: Winter, W.P, V.B. Amoroso, (ed). *Plant Resources of South-East Asia. Cryptograms fern and fern allies*. PROSEA 15(2). Leiden (NL): Backhuys. Pp. 166–170 .
- Sen, U. & B. De. 1992. Structure and ontogeny stomata in ferns. *Blumea* 37: 239–261.
- Sen, U. & E. Hennipman. 1981. Structure and ontogeny of stomata in Polypodiaceae. *Blumea* 27: 175–201.
- Soille, P. 2004. *Morphological Image Analysis: Principle and Applications*. 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin.
- Srivastava, A., A.G. Joshi & V.M. Raole. 2013. Leaf epidermal micromorphology of *Portulaca* L. species found in Vandodara, Gujarat, India. *Journal of Botany* 2013: 1–5. doi:10.1155/2013/368238.
- Stace, C.A. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany* 4: 3–78.
- Sun, Y., F. Yan, X. Cui & F. Liu. 2018. Plasticity in stomatal size and density of potato leaves under different irrigation and phosphorus regimes. *Journal of Plant Physiology* 171(2014): 1248–1255.l.
- Tripathi, S., A.K. Mondal 2012. Comparative (quantitative and qualitative) studies of stomata of selected six medicinally viable species of *Cassia* L. *International Journal of*

Life Science Biotechnology and Pharma Research 1(3): 104–113.

- Tryon, R.M., A.F. Tryon & K.U. Kramer. 1990. Pteridaceae. In: Kramer, KU, P.S, Green editor. Pteridophytes and Gymnosperms. Berlin (DE): Springer. hlm: 230–256.
- van Cotthem, W. 1970a Classification of stomatal types. *Botanical Journal of Linnaean Society* 63(3): 235–246.
- van Cotthem, W. 1970b. Comparative morphological study of the stomata in the Filicopsida. *Bulletin du Jardin botanique National de Belgique/Bulletin van de Nationale Plantentuin van België*. 40 (2): 81–151
- Walker, T.G. 1954. The *Pteris quadriaurita* complex in Ceylon. *Kew Bulletin* 14(3): 321–332.
- Walker, T.G. 1958. Hybridization in some species of *Pteris* L. *Evolution*. 12(1): 82–92.
- Walker, T.G. 1962. Cytology and evolution in the genus *Pteris*. *Evolution*. 16(1): 17–43.
- White, R.A. 1974. Comparative anatomical studies of the ferns. *Annals of Missouri Botanical Garden* 61(2): 379–387.

Lampiran 1. Matriks ciri dan ciri sifat kualitatif tipe stomata enam jenis *Pteris*

Takson	Ciri dan Sifat Ciri							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P. ensiformis</i>	1	1	1	0	1	1	0	0
<i>P. fauriei</i>	1	1	1	1	1	0	1	0
<i>P. heteromorpha</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>P. longipinnula</i>	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>P. tripartita</i>	1	1	1	0	1	0	0	1
<i>P. vittata</i>	1	1	1	1	0	0	1	0

Keterangan:

Ciri 1: Anomositik; 2: Polositik; 3: Kopositik; 4: Pseudokopositik; 5: Hemiparasitik; 6: Kohemiparasitik; 7: Diasitik; 8: Brakiparasitik.

Sifat ciri 0: Tidak ada; 1: ada.

Lampiran 2. Matriks ciri dan ciri sifat kuantitatif tipe stomata enam jenis *Pteris*

Takson	Ciri dan Sifat Ciri											
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>P. ensiformis</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1
<i>P. fauriei</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1
<i>P. heteromorpha</i>	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	1	0
<i>P. longipinnula</i>	1	1	1	2	1	2	0	0	0	1	0	0
<i>P. tripartita</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2	2
<i>P. vittata</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	2	2

Keterangan:

(9): PST : (0) = 30-50; (1) = 51-70; (10): LSTab: (0) = 15-25; (1) = 26-35

(11): PEDad: (0) = 80-110; (1) = 111-140 ; (12): PEDab: (0) = 55-85; (1) = 86-115; (2) = 116-145

(13): LEDad: (0) = 45-65; (1) = 66-85; (14): LEDab: (0) = 40-55; (2) = 56-70; (2) = 71-85

(15): JEDad : (0) = 20-25; (1) = 26-30; (2) = 31-35; (16): JEDab : (0) = 10-15; (1) = 16-20; (2) = 21-25; (17): AC: (0) = 15-20; (1) = 21-25; (18): PGC : (0) = 25-30; (1) = 31-35

(19): IS : (0) = 15-20; (1) = 21-25; (2) = 26-30; (20): KS : (0) = 70-110; (1) = 111-150; (2) = 151-190

Ab- abaksial; Ad- adaksial; PST- panjang stomata (μm); LST- lebar stomata (μm); PED- panjang epidermis (μm); LED- lebar epidermis (μm); JED- jumlah epidermis; AC- amplitudo cuping (μm); PGC- panjang gelombang cuping (μm); IS- indeks stomata (%); KS- kerapatan stomata (per mm^2).