



VARIASI STRUKTUR ANATOMI DAUN BEBERAPA JENIS *Alpinia* Roxb. DI MALESIA

STRUCTURE VARIATIONS IN THE LEAF ANATOMY OF SEVERAL TYPES OF *Alpinia* Roxb. IN MALESIA

Eka Setiawan¹, Miftahudin², Marlina Ardiyani³, Tatik Chikmawati^{2*}

¹Program Studi Biologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB
Jl. Agathis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB
Jl. Agathis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³Herbarium Bogoriense Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong Bogor 16911
*Corresponding author: tchikmawati@yahoo.com

Naskah Diterima: 22 September 2020; Direvisi: 16 Juni 2021; Disetujui: 1 Juli 2021

Abstrak

Ketidakesuaian sistem klasifikasi *Alpinia* berdasarkan ciri morfologi dengan ciri molekuler menyebabkan sistem klasifikasi pada marga ini masih bermasalah. Data tambahan dari anatomi *Alpinia* diperlukan untuk mendukung sistem klasifikasi pada marga ini. Sayatan paradermal adaksial dan abaksial dari daun tujuh jenis *Alpinia* diamati. Sampel diambil dari koleksi Kebun Raya Bogor (KRB) yang mewakili jenis *A. galanga*, *A. mutica*, *A. padacanca*, *A. macrocrista*, *A. malaccensis*, *A. pusilla*, dan *A. ligulata*. Sebelas ciri *Alpinia* diamati seperti; ukuran stomata, jumlah stomata, indeks stomata, kerapatan stomata, tipe stomata, ukuran sel tetangga, jumlah sel tetangga, bentuk sel tetangga, ukuran epidermis, jumlah epidermis, dan bentuk epidermis. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa beberapa ciri dapat digunakan untuk membedakan jenis *Alpinia*, seperti bentuk dan ukuran epidermis; ukuran, kerapatan dan indeks stomata; serta ukuran sel tetangga. Sementara ciri lainnya, seperti tipe stomata dan bentuk sel tetangga pada semua jenis *Alpinia* memiliki bentuk yang sama sehingga tidak dapat digunakan untuk membedakan jenis *Alpinia*.

Kata kunci: *Alpinia*; Anatomi; Paradermal; Zingiberaceae

Abstract

The incompatibility of *Alpinia* classification system based on morphological and molecular character causes classification system of this genus is still problematic. Additional data from *Alpinia* anatomy are needed to support the classification system in this genus. Adaxial and abaxial sides paradermal ~~incisions~~ of seven *Alpinia* species were observed. The samples were taken from the Bogor Botanical Gardens (KRB) collection representing *A. galanga*, *A. mutica*, *A. padacanca*, *A. macrocrista*, *A. malaccensis*, *A. pusilla*, and *A. ligulata*. Eleven *Alpinia* characteristics were observed; stomatal size, number of stomata, stomatal index, stomatal density, stomatal type, neighboring cells size, number of neighboring cells, neighboring cell shape, epidermal cells size, number of epidermal cells, and epidermal cells shape. The results showed that several characteristics can be used to distinguish *Alpinia* species, such as the shape and size of epidermal cells; the size, density and index of stomata; and the size of neighboring cells. Several other characteristics, such as the type of stomata and shape of neighboring cells in all species of *Alpinia* have the same shape so the characters cannot be used to distinguish *Alpinia* species.

Keywords: *Alpinia*; Anatomy; Paradermal; Zingiberaceae

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v14i2.17446>

PENDAHULUAN

Alpinia merupakan marga terbesar dari Suku *Zingiberaceae*. Marga ini dicirikan oleh perbungaan di ujung tangkai dan tegak atau radikal, dengan bunga sering kali dihiasi oleh daun pelindung berwarna merah atau merah muda (Leong-Škorničková & Newman, 2015). *Alpinia* tersebar secara luas dari dataran rendah hingga dataran tinggi. Smith (1990) memperkirakan jumlah jenis marga *Alpinia* sekitar 230 yang tersebar di Sri Lanka, Asia Tenggara, India, China, Jepang, Australia, dan Kepulauan Pasifik. Salah satu jenis dari marga ini yang sering digunakan oleh masyarakat adalah *Alpinia galanga*, yang memiliki nama lokal lengkuas (Bahasa Indonesia). Jenis ini berasal dari Asia Tenggara dan sering dimanfaatkan sebagai rempah atau bumbu masakan, serta sebagai obat tradisional untuk mengobati sakit perut dan diare di wilayah Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Laos (The Association of Southeast Asian Nations (ASEAN), 2010).

Ciri anatomi sudah digunakan secara luas sebagai bukti taksonomi pada berbagai kelompok tumbuhan (Arau, Azevedo, Silva, & Meira, 2010; Delgado, Azevedo, Valente, & Kasuya, 2011; Inceer & Ozcan, 2011; Almeida, Arau, Santos-Filho, & Zickel, 2013; Dalvi, Meira, Francino, Silva, & Azevedo, 2014). Sebagai contoh, tipe stomata, jaringan pembuluh pada tulang tengah daun, tipe dan sebaran kelenjar madu dapat digunakan untuk memisahkan antara marga *Curtia* dan *Hockinia* (*Saccifolieae*–*Gentianaceae* Juss.) (Dalvi et al., 2014). Beberapa ciri dapat digunakan pula sebagai batasan dalam membedakan takson-takson tingkat tinggi, seperti ciri aril, operkulum, embrio, eksotesta, mesotesta, kelompok pigmen kalazal, endotesta, tegmen dan endokarp yang terdapat pada biji dan embrio ordo *Zingiberales* (Benedict et al., 2015a).

Informasi mengenai anatomi pada suku *Zingiberaceae* (termasuk marga *Alpinia*) hingga saat ini masih sangat terbatas (Benedict, 2015; Benedict et al., 2015b; Salasiah & Meekiong, 2018); seperti perbandingan anatomi biji tujuh jenis yang terdiri dari marga *Alpinia*, *Amomum*, dan *Elettaria* (Wu, Zhang, Guo, & Zhao, 2014). Bagian makroskopis biji dari ketiga marga

tersebut tidak dapat diidentifikasi pada tingkat jenis, hanya ciri mikroskopis dari kulit biji yang disayat secara melintang yang dapat dijadikan ciri batasan dalam membedakan antar jenis. Selain biji, anatomi rimpang antar jenis *Alpinia* bervariasi juga. Rimpang *Alpinia calcarata* memiliki butir pati melonjong dan jaringan parenkim penyusun korteks tanpa berkas pembuluh, sedangkan rimpang *A. galanga* memiliki butir pati membulat dan jaringan parenkim penyusun korteks dijumpai banyak berkas pembuluh (Mathew, Britto, & Thomas, 2014). Anatomi daun kedua jenis juga berbeda pada ciri berkas pembuluh xilem (pada *A. galanga* ditutupi oleh floem), dan posisi berkas pembuluh (saling campur pada *A. calcarata*). Namun, daun kedua jenis tersebut memiliki persamaan pada ciri jumlah lapisan sel penyusun epidermis dan hipodermis (hanya berjumlah satu lapis), bentuk sel parenkim penyusun bagian korteks (tanpa ruang antar selular), dan kedudukan sel sklerenkim (mengelilingi kelenjar pembuluh) (Mathew et al., 2014).

Sistem klasifikasi pada *Alpinia* yang berlaku hingga saat ini disusun berdasarkan ciri morfologi dan molekuler. Sistem klasifikasi terbaru berdasarkan ciri morfologi membagi marga *Alpinia* menjadi dua anak marga yaitu *Alpinia* (memiliki labelum petaloid) dan *Dieramalpinia* (tidak memiliki labelum petaloid) (Smith, 1990). Sementara, sistem klasifikasi terbaru menggunakan data molekuler pada anak suku *Alpinioideae* (marga *Alpinia* dan marga kerabat terdekatnya) berdasarkan penanda molekuler *ITS* dan *matK* melaporkan bahwa marga *Alpinia* merupakan grup parafiletik yang menyebabkan beberapa jenis pada suatu seksi terpisah ke dalam klad yang berbeda (Kress, Newman, Poulsen, & Specht, 2007; De Boer et al., 2018), sehingga belum ada kesesuaian dalam pengelompokan *Alpinia* menggunakan ciri morfologi dan ciri molekuler. Salah satu penyelesaian masalah ini adalah menggunakan pendekatan berdasarkan ciri lain, seperti ciri anatomi daun sebagai data pendukung untuk memberi batasan yang jelas pada jenis *Alpinia*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan ciri anatomi daun untuk mendukung klasifikasi *Alpinia* di masa depan.

MATERIAL DAN METODE

Penelitian dilakukan pada Mei hingga Juli 2018. Sampel daun *Alpinia* diambil dari koleksi Kebun Raya Bogor (KRB) yang mewakili jenis *A. galanga*, *A. mutica*, *A. padacanca*, *A. macrocrista*, *A. malaccensis*, *A. pusilla*, dan *A. ligulata*. Pengamatan dan pengolahan data sediaan mikroskopis sayatan paradermal daun dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Sumberdaya Tumbuhan (Eko-SDT), Departemen Biologi, FMIPA-IPB.

Sampel yang digunakan untuk pengamatan anatomi merupakan daun *Alpinia* yang terletak pada posisi ketiga dari pucuk daun. Masing-masing jenis *Alpinia* diambil lima daun sebagai ulangan. Setiap daun dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian dekat pangkal, bagian tengah dan bagian dekat ujung. Masing-masing bagian daun diletakkan ke dalam wadah tertutup yang diisi alkohol 70%.

Pengamatan anatomi daun *Alpinia* dilakukan dengan analisis tipe stomata, menghitung kerapatan serta indeks stomata, bentuk sel epidermis, dan sel tetangga, serta menghitung ukuran sel epidermis dan sel tetangga menggunakan sayatan paradermal. Pembuatan sediaan mikroskopis sayatan paradermal mengikuti metode standar (Sass, 1951). Langkah pertama pembuatan sayatan paradermal daun adalah sampel daun difiksasi dalam etanol 70% selama 30 menit, kemudian dicuci dengan akuades sebanyak tiga kali pencucian, sampel tersebut lalu direndam dalam larutan HNO₃ 30% di lemari asam hingga tekstur daun cukup lunak. Sampel diambil dari rendaman HNO₃ lalu dicuci lagi dengan akuades dengan beberapa kali ulangan, bagian abaksial dan adaksial daun disayat dengan silet. Hasil sayatan diwarnai dengan safranin 1% selama 1–2 menit dan diberi media gliserin 30%.

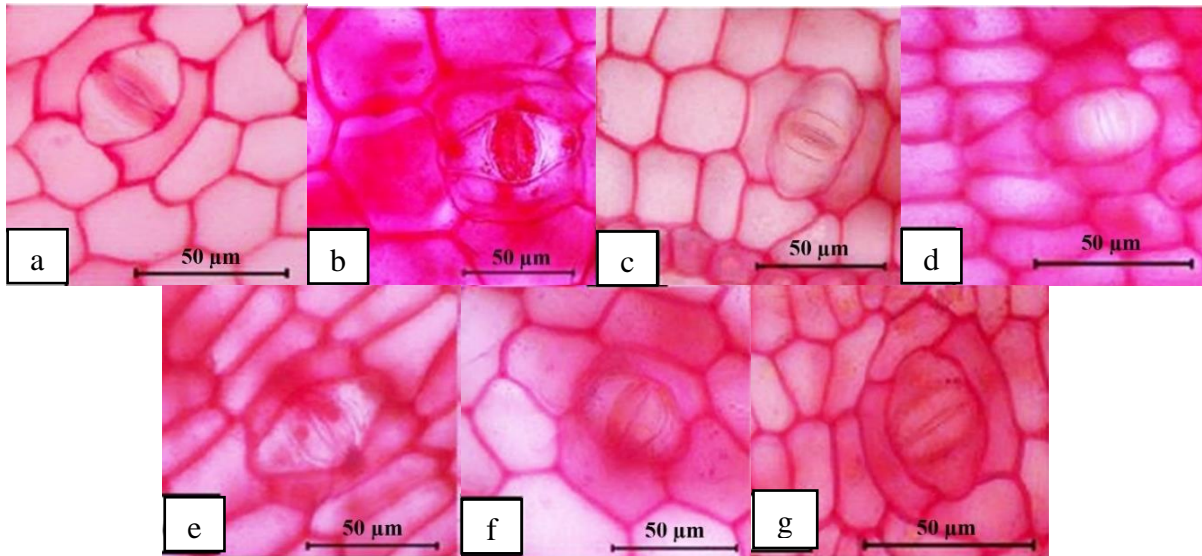
Pengamatan struktur stomata meliputi tipe, ukuran, kerapatan, dan indeks stomata. Selain itu, diamati juga bentuk sel epidermis pada kedua sisi daun. Pengamatan tersebut dilakukan pada tiga bagian daun, yaitu bagian dekat pangkal, bagian tengah, dan bagian dekat ujung daun. Setiap bagian daun dilakukan pengamatan pada lima area bidang pandang. Analisis data anatomi disusun dalam bentuk tabulasi dan hasil analisis tersebut dibuat kunci

identifikasi dikotom. Penentuan tipe stomata mengacu Willmer & Fricker (2012), kerapatan stomata (KS) dan indeks stomata (IS) dihitung dengan persamaan sebagai berikut. $KS = \text{jumlah stomata} / \text{luas bidang pandang (mm}^2\text{)}$; $IS = \text{jumlah stomata} / \text{jumlah stomata} + \text{jumlah sel epidermis}$.

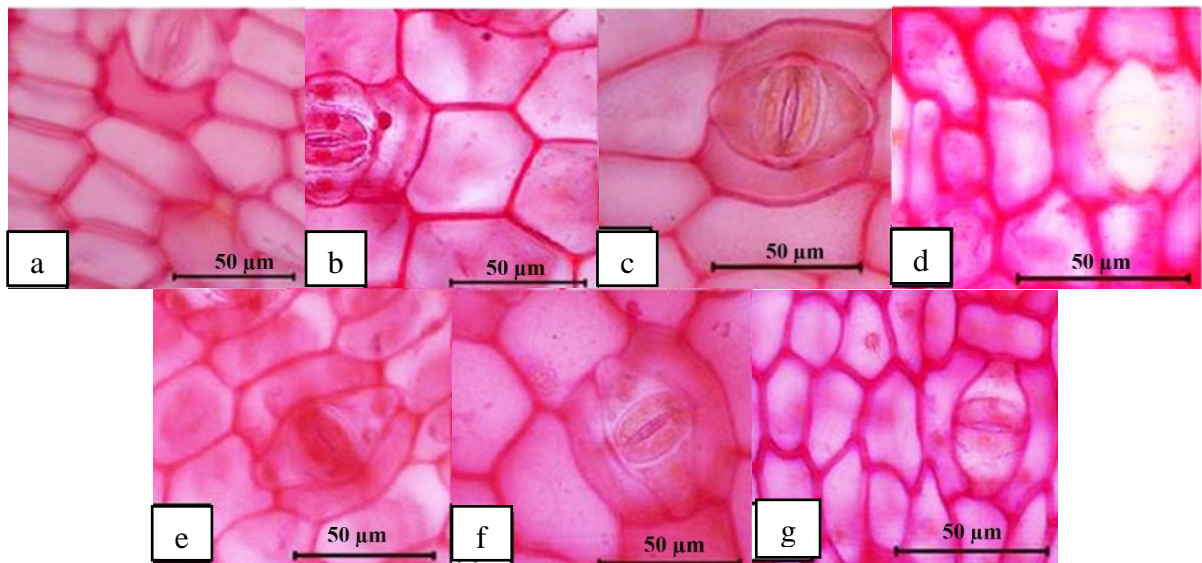
HASIL

Hasil pengamatan epidermis pada bagian adaksial atau sisi atas daun dari tujuh jenis *Alpinia*, yaitu *Alpinia galanga*, *A. ligulata*, *A. macrocrista*, *A. malaccensis*, *A. mutica*, *A. padacanca*, dan *A. pusilla* tersusun oleh sel-sel yang membentuk poligonal 4–6 sisi dengan dinding sel rata atau berlekuk. Ruang antar sel sangat sempit dan hampir semua ruang diisi dengan sel-sel sehingga bentuk sel epidermis bervariasi. Sel epidermis pada *A. galanga*, *A. macrocrista*, *A. malaccensis*, dan *A. pusilla* umumnya membentuk heksagonal dengan panjang antar sisi hampir sama, namun sel epidermis pada jenis, *A. mutica*, dan *A. ligulata*, *A. padacanca* membentuk heksagonal yang memanjang (Gambar 1).

Adapun epidermis pada bagian abaksial atau sisi bawah daun dari tujuh jenis *Alpinia* tersusun oleh sel-sel yang membentuk poligonal 3–6 sisi dengan dinding sel rata atau berlekuk. Ruang antar sel hampir tidak ada atau sempit, sama seperti dengan sisi adaksial daun, hampir semua ruang diisi dengan sel-sel epidermis. Bentuk sel epidermis yang umum ditemukan pada jenis *A. macrocrista*, *A. malaccensis*, *A. mutica*, *A. padacanca*, dan *A. pusilla* ialah bentuk heksagonal, sedangkan sel epidermis pada *A. galanga* umumnya membentuk heksagonal yang memanjang dan sel epidermis pada *A. ligulata* sangat bervariasi, yaitu segitiga, pentagonal, dan heksagonal yang memanjang (Gambar 2). Perbedaan bentuk sel epidermis antara sisi abaksial dengan sisi adaksial terdapat pada beberapa jenis *Alpinia*, misalnya pada *A. galanga*, sel epidermis membentuk heksagonal pada sisi adaksial dan heksagonal memanjang pada sel epidermis abaksial. Sel epidermis pada *A. ligulata* juga memiliki perbedaan dan variasi bentuk antara sisi adaksial (heksagonal) dengan sisi abaksial (segitiga, pentagonal, dan heksagonal).



Gambar 1. Sel epidermis sisi adaksial *Alpinia* yaitu *A. galangal* (a), *A. macrocrista* (b), *A. malaccensis* (c), *A. mutica* (d), *A. padacanca* (e), *A. pusilla* (f), dan *A. ligulata* (g)



Gambar 2. Sel epidermis sisi abaksial *Alpinia* yaitu *A. galanga* (a), *A. macrocrista* (b), *A. malaccensis* (c), *A. mutica* (d), *A. padacanca* (e), *A. pusilla* (f), *A. ligulata* (g)

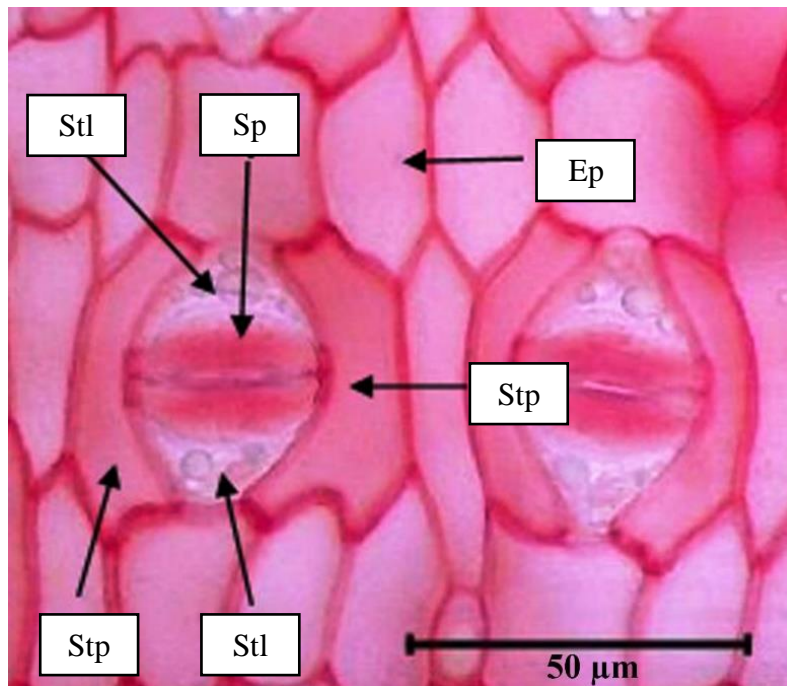
Ukuran rata-rata sel epidermis antar jenis *Alpinia* pada sisi adaksial dan abaksial memiliki perbedaan yang relatif jelas. Ukuran sel epidermis pada sisi adaksial *A. mutica* sebesar $27,8 \pm 1,5 \mu\text{m} \times 17,6 \pm 2,6 \mu\text{m}$. Nilai tersebut relatif lebih kecil dibandingkan dengan ukuran sel epidermis jenis lain, namun meskipun demikian, jumlah sel *A. mutica* relatif paling besar pada sisi adaksial adalah sebanyak $300,4 \pm 14,6$ sel dan jumlah sel epidermis pada sisi abaksial sebanyak $264,0 \pm 24,7$ sel dalam satu bidang pandang (satu mm^2). Ukuran sel epidermis sisi adaksial terbesar terdapat pada *A. macrocrista*, yaitu sebesar $56,9 \pm 4,2 \mu\text{m} \times 35,1 \pm 2,9 \mu\text{m}$. sementara jumlah sel epidermis pada *A.*

macrocrista hanya sebanyak $55,6 \pm 1,4$ sel pada sisi adaksial dan $53,8 \pm 8,9$ sel pada sisi abaksial (Tabel 1). Data tersebut menunjukkan bahwa semakin sedikit jumlah sel epidermis dalam satuan luasan bidang pandang akan berkorelasi dengan ukuran sel epidermis yang semakin besar.

Tipe stomata pada semua jenis *Alpinia* yang diteliti adalah tetrasitik. Ciri tipe stomata ini adalah satu stoma yang dikelilingi oleh empat sel tetangga. Sel tetangga dibedakan menjadi dua macam berdasarkan letaknya, yaitu sel tetangga polar yang menempel pada ujung sel penjaga dan sel tetangga lateral yang terletak sejajar dengan sel penjaga (Gambar 3).

Tabel 1. Ukuran sel epidermis dan jumlah sel epidermis daun per satuan luas bidang pandang pada tujuh jenis *Alpinia*

Jenis	Jumlah sel epidermis/ luas bidang pandang (/mm ²)		Ukuran sel epidermis (µm)			
			Adaksial		Abaksial	
	Adaksial	Abaksial	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
<i>A. galanga</i>	121,0 ± 26,2	102,6 ± 18,6	41,1 ± 4,7	23,6 ± 1,2	37,4 ± 1,7	21,4 ± 1,6
<i>A. macrocrista</i>	55,6 ± 1,4	53,8 ± 8,9	56,9 ± 4,2	35,1 ± 2,9	55,3 ± 4,4	46,2 ± 3,9
<i>A. malaccensis</i>	164,8 ± 29,4	73,4 ± 5,1	37,8 ± 2,0	25,5 ± 1,8	50,0 ± 4,3	27,6 ± 4,9
<i>A. mutica</i>	300,4 ± 14,6	264,0 ± 24,7	27,8 ± 1,5	17,6 ± 2,6	35,1 ± 2,3	19,8 ± 1,4
<i>A. padacanca</i>	155,0 ± 15,4	144,2 ± 14,8	49,1 ± 5,3	18,0 ± 0,0	32,2 ± 1,8	25,1 ± 1,4
<i>A. pusilla</i>	83,4 ± 10,5	83,8 ± 6,6	61,0 ± 8,3	33,8 ± 3,0	53,5 ± 8,2	38,7 ± 5,5
<i>A. ligulata</i>	254,6 ± 26,2	254,8 ± 18,6	28,1 ± 4,7	17,0 ± 1,2	34,0 ± 1,7	19,4 ± 1,6

**Gambar 3.** Bagian-bagian penyusun stomata *Alpinia*. Ep= epidermis, Stp= sel tetangga polar, Stl= sel tetangga lateral, Sp= sel penjaga. Skala 50 µm

Sel tetangga lateral pada semua anggota *Alpinia* memiliki bentuk seperti bulan sabit dengan ujung meruncing, namun pada bagian tengah melekok ke arah epidermis. Sementara bentuk sel tetangga polar berbentuk seperti bulan sabit dengan ujung bercuping 1–3, dengan cuping runcing atau meruncing. Jumlah dan bentuk cuping pada sel tetangga berbeda antar jenis dari marga *Alpinia* (Tabel 2).

Ukuran stomata antar jenis *Alpinia* memiliki perbedaan yang cukup jelas, misalnya antara *A. galanga* dengan *A. ligulata*. Ukuran stomata pada sisi adaksial dengan sisi abaksial untuk setiap jenis *Alpinia* tidak memiliki perbedaan yang jelas, akan tetapi pada *A. galanga* ukuran stomata pada sisi adaksial relatif lebih besar, yaitu sebesar $35,9 \pm$

$1,5 \mu\text{m} \times 22,6 \pm 1,3 \mu\text{m}$ dibanding ukuran pada sisi abaksial ($31,5 \pm 0,8 \mu\text{m} \times 18,2 \pm 1,3 \mu\text{m}$) (Tabel 3). Ukuran sel tetangga pada sisi abaksial antar jenis *Alpinia* berkisar antara 31 µm hingga 68 µm, dan hanya beberapa jenis *Alpinia* yang memiliki perbedaan ukuran yang jelas, seperti antara *A. mutica* dengan *A. macrocrista*.

Jumlah stomata antar jenis *Alpinia* pada sisi adaksial tidak memiliki perbedaan yang jelas, antara 1 sampai 3 stomata per bidang pandang, sedangkan jumlah stomata pada sisi abaksial memiliki nilai yang bervariasi, nilai terkecil terdapat pada jenis *A. macrocrista*, yaitu sebanyak $7,2 \pm 0,8$ stomata dan jumlah stomata terbesar terdapat pada *A. ligulata* dan *A. mutica* yaitu sebesar $22,6 \pm 3,0$ stomata.

Kerapatan stomata antar jenis juga memiliki nilai yang bervariasi, nilai terendah dimiliki oleh *A. pusilla* yaitu sebanyak $6,67 \pm 0,0$ stomata per mm^2 pada sisi adaksial dan *A. macrocrista* untuk sisi abaksial dengan nilai kerapatan sebanyak $48,0 \pm 5,0$ stomata per mm^2 . Nilai tertinggi dimiliki oleh *A. mutica*

dan *A. ligulata* dengan nilai kerapatan sekitar $150,7$ stomata per mm^2 . Nilai indeks stomata terkecil pada sisi adaksial terdapat pada *A. padacanca* dengan nilai indeks sebesar $0,8 \pm 0,0$ dan pada sisi abaksial terdapat pada *A. ligulata* dengan nilai sebesar $7,9 \pm 0,0$ (Tabel 4).

Tabel 2. Tipe stomata dan bentuk sel tetangga pada stomata tujuh jenis *Alpinia*

Jenis	Tipe stomata adaksial dan abaksial	Bentuk sel tetangga lateral, adaksial, dan abaksial	Bentuk sel tetangga polar	
			Adaksial	Abaksial
<i>A. galanga</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 2, cuping meruncing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 2, cuping meruncing
<i>A. macrocrista</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing
<i>A. malaccensis</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing
<i>A. mutica</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing
<i>A. padacanca</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing
<i>A. pusilla</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–2, cuping runcing
<i>A. ligulata</i>	Tetrasitik	Bulan sabit, ujung meruncing, bagian tengah melekuk ke luar	Bulan sabit dengan ujung bercuping 2–3, cuping runcing	Bulan sabit dengan ujung bercuping 1–3, cuping runcing

Jumlah stomata antar jenis *Alpinia* pada sisi adaksial tidak memiliki perbedaan yang jelas, antara 1 sampai 3 stomata per bidang pandang, sedangkan jumlah stomata pada sisi abaksial memiliki nilai yang bervariasi, nilai terkecil terdapat pada jenis *A. macrocrista*, yaitu sebanyak $7,2 \pm 0,8$ stomata dan jumlah stomata terbesar terdapat pada *A. ligulata* dan *A. mutica* yaitu sebesar $22,6 \pm 3,0$ stomata. Kerapatan stomata antar jenis juga memiliki nilai yang bervariasi, nilai terendah dimiliki oleh *A. pusilla* yaitu sebanyak $6,67 \pm 0,0$

stomata per mm^2 pada sisi adaksial dan *A. macrocrista* untuk sisi abaksial dengan nilai kerapatan sebanyak $48,0 \pm 5,0$ stomata per mm^2 . Nilai tertinggi dimiliki oleh *A. mutica* dan *A. ligulata* dengan nilai kerapatan sekitar $150,7$ stomata per mm^2 . Nilai indeks stomata terkecil pada sisi adaksial terdapat pada *A. padacanca* dengan nilai indeks sebesar $0,8 \pm 0,0$ dan pada sisi abaksial terdapat pada *A. ligulata* dengan nilai sebesar $7,9 \pm 0,0$ (Tabel 4).

Tabel 3. Ukuran stomata dan sel tetangga dari stomata pada daun tujuh jenis *Alpinia*

Jenis	Ukuran stomata (μm)				Ukuran sel tetangga (μm)			
	Adaksial		Abaksial		Adaksial		Abaksial	
	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
1	35,9 \pm 1,5	22,6 \pm 1,3	31,5 \pm 0,8	18,2 \pm 1,3	49,8 \pm 5,1	12,3 \pm 1,5	43,8 \pm 5,1	15,0 \pm 1,0
2	35,9 \pm 2,0	25,5 \pm 1,3	34,6 \pm 1,8	21,5 \pm 5,0	59,6 \pm 4,4	17,8 \pm 2,3	61,4 \pm 6,8	20,1 \pm 2,2
3	28,5 \pm 1,7	18,9 \pm 2,6	29,5 \pm 2,1	16,8 \pm 0,5	44,9 \pm 5,3	11,2 \pm 1,0	52,4 \pm 14	10,1 \pm 0,8
4	25,5 \pm 1,6	16,9 \pm 1,3	24,1 \pm 1,2	16,6 \pm 1,4	31,9 \pm 2,2	10,7 \pm 0,7	43,6 \pm 3,4	8,70 \pm 1,4
5	30,1 \pm 1,1	21,9 \pm 1,2	28,2 \pm 0,9	18,1 \pm 1,8	61,0 \pm 4,1	9,70 \pm 2,0	43,8 \pm 2,4	9,30 \pm 1,2
6	32,8 \pm 1,2	23,1 \pm 2,4	32,0 \pm 1,1	20,7 \pm 1,2	68,0 \pm 8,4	11,9 \pm 1,6	63,8 \pm 7,9	12,6 \pm 1,0
7	24,4 \pm 1,5	16,0 \pm 1,3	25,9 \pm 0,8	17,5 \pm 1,3	45,3 \pm 5,1	10,8 \pm 1,5	49,2 \pm 2,7	10,7 \pm 1,0

Keterangan:

Ukuran stomata dan sel tetangga *Alpinia*. 1) *A. galanga*, 2) *A. macrocrista*, 3) *A. malaccensis*, 4) *A. mutica*, 5) *A. padacanca*, 6) *A. pusilla*, 7) *A. ligulata*

Tabel 4. Jumlah, kerapatan, dan indeks stomata pada daun tujuh jenis *Alpinia*

Jenis		Jumlah stomata/ bidang pandang lensa mikroskop Kerapatan stomata ($/\text{mm}^2$) Indeks stomata							
		Adaksial		Abaksial		Adaksial		Abaksial	
			(/0,145 mm^2)						
1	<i>A. galanga</i>	2,4 \pm 1,1	19,8 \pm 1,1	16,0 \pm 7,3	132 \pm 22,2	3,1 \pm 0,0	16,3 \pm 0,0		
2	<i>A. macrocrista</i>	1,3 \pm 0,4	7,2 \pm 0,8	8,3 \pm 2,9	48,0 \pm 5,0	1,8 \pm 0,0	12,0 \pm 0,0		
3	<i>A. malaccensis</i>	1,2 \pm 0,4	12,0 \pm 1,1	8,0 \pm 2,7	80,0 \pm 7,3	1,1 \pm 0,0	14,0 \pm 0,0		
4	<i>A. mutica</i>	2,6 \pm 1,4	22,6 \pm 3,0	17,3 \pm 9,0	150,7 \pm 20,5	1,5 \pm 0,0	7,9 \pm 0,0		
5	<i>A. padacanca</i>	1,2 \pm 0,4	14,6 \pm 2,3	8,0 \pm 2,7	97,3 \pm 15,5	0,8 \pm 0,0	9,3 \pm 0,0		
6	<i>A. pusilla</i>	1,0 \pm 0,0	11,4 \pm 1,6	6,67 \pm 0,0	76,0 \pm 10,8	1,2 \pm 0,0	12,0 \pm 0,0		
7	<i>A. ligulata</i>	3,0 \pm 1,1	22,6 \pm 3,3	20,0 \pm 7,3	150,7 \pm 22,2	1,2 \pm 0,0	8,2 \pm 0,0		

Kunci Identifikasi *Alpinia* Berdasarkan Anatomi Paradermal Daun

- 1a Bentuk cuping pada sel tetangga stomata polar meruncing, indeks stomata adaksial ≥ 3 , abaksial ≥ 16 *A. galanga*
- 1b Bentuk cuping pada sel tetangga stomata polar runcing, indeks stomata adaksial < 3 , abaksial < 16 2
- 2a Jumlah sel epidermis adaksial per-bidang pandang ≥ 300 sel *A. mutica*
- 2b Jumlah sel epidermis adaksial per-bidang pandang < 300 sel. 3
- 3a Jumlah stomata abaksial per-bidang pandang ≤ 8 stomata *A. macrocrista*
- 3b Jumlah stomata abaksial per-bidang pandang > 8 stomata 4
- 4a Kerapatan stomata pada sisi abaksial ≥ 150 stomata per mm^2 *A. ligulata*
- 4b Kerapatan stomata pada sisi abaksial < 150 stomata per mm^2 5
- 5a Kerapatan stomata sisi adaksial ≤ 6.67 stomata per mm^2 ; Ukuran sel epidermis: panjang $\geq 60 \mu\text{m}$ dan lebar $\geq 33 \mu\text{m}$ *A. pusilla*
- 5b Kerapatan stomata sisi adaksial > 6.67 stomata per mm^2 ; Ukuran sel epidermis: panjang $< 60 \mu\text{m}$ dan lebar $< 33 \mu\text{m}$ 6
- 6a Bentuk sel epidermis sisi adaksial heksagonal memanjang *A. padacanca*
- 6b Bentuk sel epidermis sisi adaksial heksagonal *A. malaccensis*

PEMBAHASAN

Bentuk sel epidermis pada tujuh jenis *Alpinia* yang diamati pada penelitian ini umumnya berbentuk heksagonal dan heksagonal memanjang. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Setyawan, 2001; Salasiah & Meekiong, 2018) yang melaporkan bahwa sebagian besar bentuk sel epidermis pada suku *Zingiberaceae* termasuk marga *Alpinia* adalah heksagonal dan heksagonal memanjang, bentuk lain seperti bentuk segitiga dan segi lima jarang ditemukan pada suatu luasan bidang pandang. Oleh karena itu, bentuk sel epidermis tidak dapat dijadikan ciri pembeda antar jenis *Alpinia* karena beberapa jenis memiliki kesamaan bentuk sel epidermis. Berbeda dengan bentuk sel epidermis, ukuran sel epidermis *Alpinia* berbanding terbalik dengan jumlah atau kelimpahan sel epidermis dalam setiap bidang pandang. Kelimpahan sel epidermis berpengaruh terhadap nilai indeks stomata (IS). Semakin banyak sel epidermis pada satu bidang pandang maka nilai indeks stomata akan menurun. Hal ini karena indeks stomata merupakan perbandingan antara jumlah stomata terhadap keseluruhan sel (termasuk sel epidermis) pada suatu luasan jaringan tumbuhan (Camargo & Marengo, 2011; Kardiman & Ræbild, 2018).

Sel-sel epidermis yang mengelilingi stomata sering disebut dengan sel tetangga. Sel tetangga dibedakan menjadi dua macam berdasarkan letaknya, yaitu sel tetangga polar yang terletak pada ujung sel penjaga dan sel tetangga lateral yang terletak sejajar dengan sel penjaga (Pompelli, Martins, Celin, Ventrella, & DaMatta, 2010). Jumlah sel tetangga dapat digunakan dalam menentukan tipe stomata (selain dilihat dari bentuk sel penjaga). Semua jenis *Alpinia* yang diteliti memiliki tipe stomata tetrasitik. Tipe stomata tersebut dimiliki oleh sebagian besar kelompok tumbuhan monokotil yang ditandai dengan sel penjaga stomata berbentuk seperti bibir dan dikelilingi oleh empat sel tetangga (Kajornjit, Saensouk, & Saensouk, 2018). Kelompok monokotil lainnya yang sebagian besar anggotanya memiliki tipe stomata tetrasitik adalah kelompok Ordo *Acorales*, *Alismatales*, *Pandanales*, beberapa anggota *Asparagales* (seperti *Boryanthaceae*, *Hypoxidaceae*, *Iridaceae*), *Dasyopogonales*, *Arecales*, dan

Poales (Rudall, Chen, & Cullen, 2017). Perbandingan ukuran stomata antar jenis *Alpinia* memiliki perbedaan yang cukup jelas, sementara perbandingan ukuran stomata antara sisi adaksial dengan sisi abaksial untuk setiap jenis *Alpinia* tidak memiliki perbedaan yang jelas. Ukuran stomata bukan ciri pembanding yang kuat dalam mengelompokkan *Alpinia*, hal ini karena ukuran stomata dipengaruhi oleh sistem buka-tutup sel penjaga karena adanya pengaturan tekanan turgor sehingga ukuran stomata akan berubah dalam kondisi tertentu (Marom, Shtein, & Bar-On, 2017).

Jumlah stomata pada semua jenis *Alpinia* pada sisi adaksial daun berjumlah sangat sedikit (berjumlah 1 hingga 3 buah per bidang pandang), sedangkan jumlah stomata pada sisi abaksial dapat mencapai lebih dari 10 stomata dalam satu luasan bidang pandang. Perbandingan jumlah stomata antara sisi adaksial dengan sisi abaksial memiliki nilai yang jelas untuk setiap jenis sehingga dapat digunakan sebagai ciri dalam membedakan antar jenis *Alpinia* yang diamati. Jumlah stomata berpengaruh pada nilai kerapatan dan indeks stomata. Akan tetapi, jumlah stomata sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, oleh karena itu, ciri kerapatan dan indeks stomata hanya dapat digunakan sebagai ciri batasan dalam menentukan jenis *Alpinia* yang tumbuh pada habitat yang sama atau berdekatan. Tumbuhan pada kondisi lingkungan radiasi sinar matahari yang berlebih, akan memiliki kerapatan stomata yang lebih tinggi. Hal ini karena stomata sangat memengaruhi laju transpirasi, sehingga tumbuhan akan beradaptasi dengan memperbanyak jumlah stomata. Laju transpirasi akan berdampak pada potensial air di dalam jaringan mesofil dan xilem sehingga memengaruhi suplai air dan mineral ke seluruh bagian tumbuhan (Carvalho et al., 2015). Faktor-faktor yang memengaruhi kondisi stomata, baik ukuran ataupun kerapatannya, yaitu intensitas cahaya, konsentrasi karbon dioksida di udara, suhu, fotoperiodisme atau panjang hari (Buckley & Mott, 2013).

SIMPULAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tipe stomata pada semua jenis *Alpinia* yang diteliti adalah tetrasitik dan sel tetangga dari

seluruh *Alpinia* berbentuk bulan sabit. Kerapatan stomata antar jenis *Alpinia* memiliki nilai yang bervariasi, nilai terendah dimiliki oleh *A. pusilla* pada sisi adaksial dan *A. macrocrista* pada sisi abaksial. Nilai kerapatan stomata tertinggi dimiliki oleh *A. mutica* dan *A. ligulata*, sementara nilai indeks stomata terkecil pada sisi adaksial terdapat pada *A. padacanca* dan pada sisi abaksial terdapat pada *A. ligulata*. Ciri kualitatif pada sayatan paradermal daun yang diamati tidak dapat membedakan antar jenis *Alpinia*, akan tetapi ciri kuantitatif antar jenis *Alpinia* yang ditumbuhkan pada lokasi yang sama memiliki nilai yang berbeda sehingga memiliki nilai taksonomi yang bagus untuk membedakan antar jenis *Alpinia*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini. Terima kasih kepada Departemen Biologi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor yang telah menyediakan fasilitas yang menunjang selama penelitian berlangsung. Terima kasih kepada Kemenristek DIKTI yang telah membantu menyediakan dana penelitian melalui Program Beasiswa Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggulan (PMDSU). Terima kasih kepada Pak Wisnu Handoyo Ardi dan staff Kebun Raya Bogor yang telah mengizinkan dan membantu dalam pengambilan sampel. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr Dorly, MSi yang telah memberikan bimbingan dan arahan terkait penelitian. Selain itu, penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dari Program Studi Biologi Tumbuhan (BOT) 2017 dan rekan-rekan di Laboratorium Eko-SDT yang telah bekerja sama dan membantu memberikan saran dan masukan dalam pengambilan dan analisis data.

REFERENSI

- Almeida, E. B. Jr., Arau, J. S., Santos-Filho, F. S., & Zickel, C. S. (2013). Leaf morphology and anatomy of *Manilkara* Adans. (*Sapotaceae*) from Northeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution*, 299, 1-9. doi: 10.1007/s00606-012-0697-2.
- Arau, J. S., Azevedo, A. A., Silva, L. C., & Meira, R. M. S. A. (2010). Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 16 species of *Malpighiaceae* found in the Cerrado area Brazil. *Plant Systematics and Evolution*, 286, 117-131. doi: 10.1007/s00606-010-0268-3.
- The Association of Southeast Asian Nations (ASEAN). (2010). *ASEAN herbal and medicinal plants*. Jakarta: ASEAN Press.
- Benedict, J. C. 2015. A new technique to prepare hard fruits and seeds for anatomical studies. *Applications in Plant Sciences*, 3(10), 1-5. doi: 10.3732/apps.1500075.
- Benedict, J. C., Smith, S. Y., Collinson, M. E., Leong-Škorničková, J., Specht, C. D., Marone, F., ... Parkinson, D. Y. (2015a). Seed morphology and anatomy and its utility in recognizing subfamilies and tribes of *Zingiberaceae*. *American Journal of Botany*, 102, 1814-1841. doi: 10.3732/ajb.1500300.
- Benedict, J. C., Smith, S. Y., Collinson, M. E., Leong-Škorničková, J., Specht, C. D., Fife, J. L., ... Parkinson, D. Y. (2015b). Evolutionary significance of seed structure in *Alpinioideae* (*Zingiberaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 178, 441-466. doi: 10.1111/boj.12257.
- Buckley, T. N., & Mott, K. A. (2013). Modelling stomatal conductance in response to environmental factors. *Plant, Cell & Environment*, 36, 169-1699. doi: 10.1111/pce.12140.
- Camargo, M. A. B., & Marenco, R.A. (2011). Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 41(2), 205-212. doi: 10.1590/S0044-59672011000200004.
- Carvalho, D. R. A., Torre, S., Kraniotis, D., Almeida, D. P. F., Heuvelink, E., & Carvalho, S. M. P. (2015). Elevated air movement enhances stomatal sensitivity to abscisic acid in leaves developed at high relative air humidity. *Frontier in Plant Science*, 6, 383. doi: 10.3389/fpls.2015.00383.
- Dalvi, V. C., Meira R. M. S. A., Francino D. M. T., Silva L. C., & Azevedo A. A.

- (2014). Anatomical characteristics as taxonomic tools for the species of *Curtia* and *Hockinia* (Saccifolieae–Gentianaceae Juss.). *Plant Systematics and Evolution*, 300, 99-112. doi: 10.1007/s00606-013-0863-1.
- De Boer, H., Newman, M., Poulsen, A. D., Droop, A. J., Fér, T., Hiên, L. T. T., ... Leong-Škorničková, J. (2018). Convergent morphology in Alpinieae (Zingiberaceae): Recircumscribing *Amomum* as a monophyletic genus. *Taxon*, 67(1), 6-36. doi: 10.12705/671.2.
- Delgado, M. N., Azevedo, A. A., Valente, G. E., & Kasuya, M. C. M. (2011). Comparative anatomy of *Calolisianthus* species (Gentianaceae-Helieae) from Brazil: Taxonomic aspects. *Edinburgh Journal of Botany*, 68(1), 139-155. doi: 10.1017/S0960428610000284.
- Inceer, H., & Ozcan, M. (2011). Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 18 taxa of *Matricaria* L. and *Tripleurospermum* Sch.Bip. (Anthemideae-Asteraceae) in Turkey. *Plant Systematics and Evolution*, 296, 205-215. doi: 10.1007/s00606-011-0487-2.
- Kajornjit, P., Saensouk, S., & Saensouk, P. (2018). Pollen morphology and leaf anatomy of genus *Globba* in Thailand. *ScienceAsia*, 44, 146-161. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2018.44.146.
- Kardiman, R., & Ræbild, A. (2018). Relationship between stomatal density, size and speed of opening in Sumatran rainforest species. *Tree Physiology*, 38(5), 696-705. doi: 10.1093/treephys/tpx149.
- Kress, W. J., Newman, M., Poulsen, A. D., & Specht, C. J. (2007). An analysis of generic circumscription in tribe Alpinieae (Alpinioideae: Zingiberaceae). *Gardens Bulletin Singapore*, 59(1&2), 113–124.
- Leong-Škorničková, J., & Newman M. (2015). *Gingers of Cambodia, Laos, and Vietnam*. Singapore: Singapore Botanical Garden's.
- Marom, Z., Shtein, I., & Bar-On, B. (2017). Stomatal opening: The role of cell-wall mechanical anisotropy and its analytical relations to the bio-composite characteristics. *Frontiers in plant science*, 8(2061), 1-12. doi: 10.3389/fpls.2017.02061.
- Mathew, S., Britto, J., & Thomas, S. (2014). Rhizome and leaf anatomical variations in *Alpinia calcarata* and *Alpinia galanga*. *International Journal of Current Research*, 6(5), 6761-6764.
- Pompelli, M. F., Martins, S. C. V., Celin, E. F., Ventrella, M. C., & DaMatta, F. M. (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?. *Brazilian Journal of Biology*, 70(4), 1083-1088. doi: 10.1590/s1519-69842010000500025.
- Rudall, P. J., Chen E. D., & Cullen, E. (2017). Evolution and development of monocot stomata. *American Journal of Botany*, 104(8), 1122-1141. doi: 10.3732/ajb.1700086.
- Salasiah, M., & Meekiong K. (2018). Preliminary anatomical study on leaf surfaces of Bornean Zingiberaceae (Tribe Alpinieae) from North East Sarawak. *Malaysian Applied Biology*, 47(5), 289-293.
- Sass, J. E. (1951). *Botanical microtechnique*. Iowa: Iowa State College Pr.
- Setyawan, A. D. (2001). Anatomi sistematik pada anggota familia Zingiberaceae. *BioSMART*, 3(2), 36-44.
- Smith, R. M. (1990). *Alpinia* (Zingiberaceae): A proposed new infrageneric classification. *Edinburgh Journal of Botany*, 47, 1-75. doi: 10.1017/S0960428600003140.
- Willmer, C., & Fricker M. (2012). *Stomata: Second edition*. London: Springer-Science + Business Media, B.V.
- Wu, M. H., Zhang, W., Guo, P., Zhao, Z. Z. (2014). Identification of seven Zingiberaceous species based on comparative anatomy of microscopic characteristics of seeds. *Chinese medicine*, 9, 10. doi: 10.1186/1749-8546-9-10.