



**FLORIBUNDA**  
Jurnal Sistematika Tumbuhan

DOI : 10.32556/floribunda.v6i8.2022.366

P-ISSN : 0215 - 4706

E-ISSN : 2460 - 6944

## KARAKTER MIKROMORFOLOGI DAUN *FICUS* SPP. REKAMAN BARU DI JAWA

Asih Perwita Dewi<sup>1</sup>, Peniwidiyanti<sup>2,6</sup>, Arifin Surya Dwipa Irsyam<sup>3</sup>, Muhammad Rifqi Hariri<sup>2</sup>, Zakaria Al Anshori<sup>4</sup> & Rina Ratnasih Irwanto<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Biosistematika dan Evolusi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong, Bogor, Indonesia.

<sup>2</sup>Pusat Riset Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya, dan Kehutanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Bogor, Indonesia.

<sup>3</sup>Herbarium Bandungense (FIPIA), Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH), Institut Teknologi Bandung (ITB), Jatinangor, Sumedang, Indonesia.

<sup>4</sup>Herbarium Ekologi Hutan, Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor (IPB), Dramaga, Indonesia.

<sup>5</sup>Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH), Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia.

<sup>6</sup>Yayasan Botani Tropika Indonesia (BOTANIKA), Jl. Seruni No. 25, Bogor 16117, Jawa Barat, Indonesia.

Korespondensi: [asih003@lipi.go.id](mailto:asih003@lipi.go.id)

Asih Perwita Dewi, Peniwidiyanti, Arifin Surya Dwipa Irsyam, Muhammad Rifqi Hariri, Zakaria Al Anshori & Rina Ratnasih Irwanto. 2022. Leaf Micromorphology Character of the Newly Recorded *Ficus* spp. in Java. *Floribunda* 6(8): 288–300 — This study aims to observe the micromorphological characterization of the newly recorded *Ficus* in Java, namely *F. auriculata*, *F. maclellandii*, and *F. natalensis* subsp. *leprieurii*. The specimens were collected from Bogor, Bandung, and Madura. The observation was based on paradermal and transversal sections slides. There were 28 qualitative and 18 quantitative blades and petioles characters were observed. The qualitative characters used to distinguish the species were the epidermal anticlinal wall, stomatal cell type, location of the stomatal guard cells, the density of spongy mesophyll, type of protective organs, the structure of vascular bundles, the distribution of tannin cells, lithocyst, and oxalate crystals. The quantitative characters used for the species differentiation are the stomata, the stomata index, number of palisade mesophyll, collenchyma, and parenchyma layers. The presence of double-layered epidermal structure, thick cuticle layer, and proportion of more than 50% palisade in mesophyll found in *F. maclellandii* indicate xeromorphic function or resistance to drought stress, requiring further physiological studies.

Keywords: Leaf, *Ficus*, midrib, micromorphological characters, petiole, xeromorphic.

Asih Perwita Dewi, Peniwidiyanti, Arifin Surya Dwipa Irsyam, Muhammad Rifqi Hariri, Zakaria Al Anshori & Rina Ratnasih Irwanto. 2022. Karakter Mikromorfologi Daun *Ficus* spp. Rekaman Baru di Jawa. *Floribunda* 6(8): 288–300 — Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi mikromorfologi pada tiga jenis *Ficus* rekaman baru di pulau Jawa yaitu *F. auriculata*, *F. maclellandii*, dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii*. Spesimen yang digunakan adalah spesimen koleksi basah asal Bogor, Bandung dan Madura. Preparat anatomi yang dibuat adalah preparat paradermal helaian daun, dan preparat transversal helaian dan tangkai daun. Karakter yang diamati adalah 28 karakter kualitatif dan 18 karakter kuantitatif. Beberapa karakter kualitatif sebagai pembeda jenis adalah tipe dinding antiklinal epidermis, tipe stomata, letak sel penjaga stomata terhadap epidermis, jumlah lapisan mesofil palisade dan kerapatan mesofil spons, tipe organ pelindung, struktur berkas pembuluh, persebaran sel tanin, sel litosis, dan kristal oksalat. Karakter kuantitatif pembeda jenis adalah ukuran stomata, indeks stomata, jumlah lapisan palisade, kolenkim dan parenkim. Adanya struktur dua lapis epidermis, lapisan kutikula tebal, dan proporsi mesofil lebih dari 50% pada *F. maclellandii* mengindikasikan sifat xeromorfik atau tahan terhadap cekaman kekeringan yang membutuhkan kajian fisiologis lebih lanjut.

Kata kunci: Daun, *Ficus*, ibu tulang daun, karakter mikromorfologi, tangkai daun, xeromorfik.

Pada pertengahan abad ke-18, pengamatan karakter anatomi yang digunakan untuk menjelaskan pembentukan karakter morfologi dan penerapannya dalam sistem filogeni taksonomi telah mulai dilakukan (Chikmawati & Tjitrosoedirdjo 2020), dengan fokus pengamatan pada sel dan jaringan (Esau 1977). Namun dalam perkembangan berikutnya, karakter anatomi telah banyak dimanfaatkan dalam interpretasi fenomena fisiologi dan interaksi ekologi (Yeung 1998) serta kajian forensik (Bock & Norris 2016).

Metcalf & Chalk (1950) melalui berbagai sumber telah membuat catatan taksonomi tentang suku Moraceae melalui karakter anatomi batang yang menunjukkan tingkat kekerabatan pada beberapa subsuku. Adanya pembuluh bersudut, jari-jari heterogen, serat bersekat, dan sedikitnya kandungan getah menjadi karakter yang digunakan untuk menunjukkan perkembangan evolusi dan karakter pembeda pada masing-masing subsuku Moraceae. Pada prakteknya, pengamatan karakter anatomi pada organ batang memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi. Selain kesulitan dalam pembuatan preparat karena organ kayu yang keras dan kompleksitas karakter anatomi batang, pengambilan sampel di lapangan juga tidak mudah dilakukan karena peraturan pemerintah tidak memberikan keleluasaan dalam pencuplikan organ batang baik melalui pemotongan sebagian maupun pengeboran. Oleh karena itu, kebutuhan untuk menelusuri karakter khas pada tingkatan taksa jenis, marga, maupun tingkatan taksa di atasnya dilakukan dengan menganalisis anatomi melalui organ lain selain batang dengan harapan dapat memberikan distingsi yang jelas, khususnya untuk karakter anatomi.

*Ficus* L. merupakan salah satu marga dengan jumlah jenis terbanyak pada suku Moraceae. Marga ini memiliki sekitar 367 jenis yang tersebar pada kawasan Malesia (Berg & Corner 2005). Penelaahan karakter anatomi *Ficus* pada daun memunculkan ragam karakter khas yang pada perkembangannya dimanfaatkan sebagai karakter taksonomi penting seperti yang dikemukakan oleh van Greuning *et al.* (1984) meliputi organ tulang daun, epidermis, mesofil, dan pembuluh. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Mamoucha *et al.* (2016) pada *F. carica* menyertakan pencirian tulang daun minor dan ekspresi metabolit sekunder pada daun. Ingle & Kothale (2018) melakukan karakterisasi tangkai daun *F. khrisnae* C. DC., *F. virens* Ait., dan *F. hispida* Linn. yang menunjukkan variasi latisifer, sel tanin dan kristal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati karakter mikromorfologi pada tiga jenis *Ficus* introduksi yaitu *F. auriculata* Lour., *F. maclellandii* King, dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (Miq.) C.C. Berg. Penelitian ini merupakan pene-

litian lanjutan dari Peniwidiyanti *et al.* (2021) yang telah memberikan informasi persebaran ketiga jenis *Ficus* tersebut sebagai tumbuhan asing di Jawa. Ketiga jenis tersebut masih belum tercatat sebagai jenis-jenis *Ficus* introduksi dalam Flora of Java vol. II (Backer & Backhuizen van den Brink 1965) dan Flora Malesiana Seri I vol. 17 Bagian 2 (Berg & Corner 2005). Informasi persebaran jenis dari ketiga jenis *Ficus* tersebut akan melengkapi bagian dari rencana penulisan naskah *Alien Flora of Java* yang memuat informasi jenis-jenis tumbuhan introduksi di Pulau Jawa.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa spesimen koleksi basah dari lapangan yang diambil dari Bogor (koleksi *F. natalensis* subsp. *leprieurii*, PNW33), Bandung (koleksi *F. maclellandii*, PNW 32), dan Madura (koleksi *F. auriculata*, ASD Irsyam & MR Hariri 27). Spesimen telah didepositkan ke Herbarium Bandungense (FIPIA) SITH ITB. Organ yang digunakan berupa organ daun lengkap berupa helaian daun dan tangkai daun.

Pengamatan mikromorfologi dilakukan di Laboratorium Morfologi, Anatomi, dan Sitologi Bidang Botani LIPI pada bulan Januari-Desember 2020. Preparat anatomi yang dibuat adalah preparat paradermal (organ helaian daun) dan preparat transversal (organ helaian dan tangkai daun). Pembuatan preparat paradermal daun mengikuti metode Cutler (1978), yaitu potongan daun berukuran  $\pm 1 \times 1$  cm (tanpa tulang daun utama) direbus dalam larutan  $\text{HNO}_3$  1:3 untuk memisahkan epidermis adaksial dan abaksial daun dan diberi pewarna 1% safranin.

Preparat transversal daun dibuat mengikuti metode Sass (1951) dengan modifikasi larutan dehidrasi kombinasi dari Tert Butanol-Ethanol-Aquades dan *clearing agent* kombinasi Neo Clear dan Ethanol. Potongan helaian daun diambil dengan menyertakan tulang daun utama dan helaian daun  $\pm 1 \times 0,5$  cm. Potongan petiol diambil dalam bentuk gelondongan utuh sepanjang  $\pm 0,3-0,5$  cm. Pewarnaan preparat transversal menggunakan 1% safranin dan 2% *fast green*.

Pengamatan preparat menggunakan mikroskop Nikon Eclipse 80i dan pengambilan foto menggunakan kamera XCAM Indomicro 1080 PHB dengan pembesaran  $2,4 \times 2,4$  pixel dan aplikasi Beta View. Pengamatan karakter anatomi terbagi menjadi 38 karakter kualitatif dan 8 karakter kuantitatif. Identifikasi karakter anatomi mengikuti beberapa publikasi diantaranya *Moraceae* (Metcalf & Chalk 1950); *Leaf epidermal studies in some Nigerian species of Ficus L. (Moraceae)* (Ogunkunle & Oladele 2008); *The taxo-*

onomic value of leaf anatomy in the genus *Ficus* (van Greuning *et al.* 1984); dan *Struktur Anatomi Daun sebagai Bukti dalam Pembatasan Takson Tumbuhan Berbunga: Studi Kasus 12 Suku Tumbuhan Berbunga di Indonesia* (Wulansari *et al.* 2020).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan karakter anatomi tumbuhan *Ficus* spp. dilakukan pada 38 karakter kualitatif dan 8 karakter kuantitatif akumulasi dari helaian

daun, ibu tulang daun, serta tangkai daun. Berdasarkan hasil karakterisasi, terdapat beberapa karakter anatomi yang secara umum dijumpai pada seluruh jenis *Ficus* yang diamati, dan beberapa ciri lainnya memiliki karakter khusus yang menjadi pembeda jenis. Karakterisasi ciri anatomi pada *F. auriculata*, *F. maclelandii*, dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* dijabarkan dalam Tabel 1 dan 2. Penampang epidermis dan stomata daun, irisan melintang helaian daun, ibu tulang daun dan tangkai daun ditampilkan pada Gambar 1–7.

Tabel 1. Karakter kuantitatif anatomi helaian daun, ibu tulang daun, dan tangkai daun *Ficus* spp.

Karakter	Jenis		
	<i>F. auriculata</i>	<i>F. maclelandii</i>	<i>F. natalensis</i> subsp. <i>leprieurii</i>
<b>Helaian daun</b>			
Panjang stomata (µm)	14,09 ± 1,46	14,08 ± 1,84	17,69 ± 1,37
Lebar stomata (µm)	10,95 ± 1,49	12 ± 1,52	16,83 ± 1,87
Jumlah stomata (per bidang pandang)	165 ± 32,26	159 ± 7	146 ± 21,2
Jumlah epidermis abaksial (per bidang pandang)	385 ± 47,28	1402 ± 85,24	560 ± 62,09
Jumlah epidermis adaksial (per bidang pandang)	248 ± 21,78	2617 ± 119,52	401 ± 22,04
Indeks stomata	29,89 ± 4,44	10,24 ± 0,84	20,76 ± 2,79
Diameter sel litosis adaksial (µm)	-	67,92 ± 7,79	81,82 ± 16,59
Diameter sel litosis abaksial (µm)	67,45 ± 7,52	58,92 ± 8,84	79,87 ± 9,00
Jumlah lapis sel epidermis adaksial	1 lapis, beberapa 2 lapis bila terdapat kristal druse di palisade; ukuran sel epidermis sama besar	Dominan 2 lapis, beberapa bagian dijumpai 3 lapis; sel epidermis lapisan pertama berukuran lebih kecil daripada lapisan kedua	Dominan 2 lapis, beberapa bagian terdapat 3 lapis; sel epidermis lapisan pertama berukuran lebih kecil daripada lapisan kedua
Jumlah lapis sel epidermis abaksial	1 lapis	1 lapis	1 lapis
Jumlah lapis palisade dan tipe	2 lapis adaksial, tipe mesomorfik	3 lapis adaksial, 1–2 lapis abaksial, tipe xeromorfik	2 lapis adaksial, tipe mesomorfik
<b>Ibu tulang daun</b>			
Jumlah berkas pembuluh tambahan	9 berkas (tersebar pada empulur)	4 berkas (tersebar pada empulur)	Tidak ada
Lebar kolenkim	8–9 lapis sel	5 lapis sel	4–7 lapis sel
Lebar parenkim	14 lapis sel	5–7 lapis sel	5–7 lapis sel
<b>Tangkai daun</b>			
Jumlah lapisan epidermis	3	1	1
Jumlah lapisan kolenkim	12	6	4–6
Jumlah lapisan parenkim	10–16	12–16	11–14
Jumlah berkas pembuluh tambahan	13 (tersebar dalam empulur)	Tidak ada	2 (tersebar dalam empulur)

Tabel 2. Karakter anatomi kualitatif pada *Ficus* spp.

Karakter	Jenis	
	<i>F. auriculata</i>	<i>F. maclelandii</i> / <i>F. natalensis</i> subsp. <i>lepreurii</i>
Halaian daun		
Letak stomata pada permukaan daun	Hipostomatik	Hipostomatik
Letak sel penjaga terhadap epidermis	Sel penjaga sejajar epidermis	Sel penjaga menonjol dari epidermis
Tipe stomata	Anomositik	Parasitik
Dinding antiklinal epidermis bawah	Berlekuk	Lurus, beberapa bergelombang
Dinding antiklinal epidermis atas	Lurus	Lurus
Organ pelindung	Trikoma rambut dengan pangkal menggelembung, uniseluler- multi-seluler, tidak berkelenjar, ditemukan di sisi abaksial	Lapisan kutikula bening, ditemukan di sisi adaksial dan abaksial
Bentuk epidermis atas (paradermal)	Segi empat – heksagonal	Segi empat
Bentuk epidermis bawah (paradermal)	Tidak beraturan	Segi empat, beberapa heksagonal
Mesofil palisade	Dorsiventral	Isobilateral
Bentuk epidermis (transversal)	Persegi hingga persegi panjang	Persegi
Bentuk palisade	Memanjang	Silinder pendek (adaksial), persegi hingga silinder pendek (abaksial)
Mesofil spons	Tidak rapat	Rapat
Kristal kalsium oksalat/endapan ergastic	Sistolit (muncul dari abaksial daun), kristal druse pada mesofil	Sistolit (muncul dari adaksial dan abaksial daun), kristal druse pada mesofil palisade
Sel tanin	Ada, pada parenkim yang mengelilingi berkas pembuluh	Ada, pada mesofil palisade dan spons
Ibu tulang daun		
Morfologi ibu tulang daun	Sangat menonjol pada sisi abaksial dan cembung pada sisi adaksial	Sangat menonjol pada sisi abaksial, cenderung mendatar pada adaksial
Bentuk epidermis	Persegi, lebih kecil daripada helaian daun	Persegi, sama dengan helaian daun
Organ pelindung	Trikoma rambut dengan pangkal rambut membengkak, uniseluler dan multi-seluler, abaksial	Lapisan kutikula bening, ditemukan di sisi adaksial dan abaksial

Tabel 2. Karakter anatomi kualitatif pada *Ficus* spp. lanjutan

Karakter	Jenis		
	<i>F. auriculata</i>	<i>F. maclelandii</i>	<i>F. natalensis</i> subsp. <i>lepreurii</i>
Bentuk berkas pembuluh	Sistem tertutup bentuk U tipe <i>discontinuous ring</i> , dengan sembilan berkas pembuluh tambahan tersebar di bagian empulur	Sistem tertutup bentuk U tipe <i>continuous ring</i> , dengan dua berkas pembuluh tambahan didekat adaksial daun dan empat berkas pembuluh tambahan di bagian empulur	Sistem tertutup, bentuk melingkar tipe <i>continuous ring</i>
Sel tanin	Ada, sel tunggal, diantara serat floem, mengelilingi berkas pembuluh dan diantara parenkim	Ada, sel tunggal, kolenkim mengandung getah, diantara serat floem, parenkim dalam lingkaran berkas pembuluh, dan beberapa palisade dekat midrib	Ada, sel tunggal, diantara floem
Jaringan penyusun berkas pembuluh	Xilem, floem, serat floem	Xilem, floem, serat floem	Xilem, floem, serat floem
Kristal kalsium oksalat	Druse dan prisma, ditemukan pada parenkim luar, lingkaran berkas pembuluh, dan serat floem	Druse dan prisma, ditemukan pada parenkim dan floem	Druse dan prisma, ditemukan pada parenkim lapis pertama setelah serat floem, dan pada epidermis adaksial
Tangkai daun			
Morfologi tangkai daun	Bundar, dengan sisi adaksial datar	Lonjong, dengan sisi adaksial cekung	Lonjong
Bentuk epidermis	Membundar, tanpa lapisan kutikula	Persegi, punya lapisan kutikula	Membundar, tanpa lapisan kutikula
Bentuk berkas pembuluh	Sistem tertutup, bentuk melingkar tipe <i>discontinuous ring</i>	Sistem tertutup, lonjong dengan bagian abaksial bergelombang, tipe <i>continuous ring</i>	Sistem tertutup, lonjong dengan bagian abaksial bergelombang, tipe <i>discontinuous ring</i>
Jaringan penyusun berkas pembuluh	Xilem, floem, serat floem	Xilem, floem, serat floem	Xilem, floem, serat floem
Organ pelindung	Tidak ada	Lapisan kutikula mengelilingi tangkai daun	Tidak ada
Kristal kalsium oksalat	Kristal druse pada parenkim di dalam lingkaran berkas pembuluh	Kristal druse dan prisma pada parenkim	Kristal druse dan prisma pada parenkim di luar lingkaran berkas pembuluh
Sel tanin	Ada, bercabang, ditemukan di parenkim luar lingkaran berkas pembuluh	Ada, tidak bercabang, ditemukan pada parenkim	Ada, sel tunggal, ditemukan diantara floem



Terdapat beberapa karakter anatomi serupa pada organ daun *Ficus* yang diteliti. Pada helaian daun, kesamaan dijumpai pada letak stomata berada pada sisi abaksial daun (hipostomatik) dan tipe dinding antiklinal atas lurus. Pada ibu tulang daun, kesamaan dijumpai pada bentuk sel epidermis, komposisi jaringan penyusun berkas pembuluh yaitu xilem, floem, dan serat floem, adanya sel tanin, serta adanya kristal tipe druse dan prisma. Pada tangkai daun, kesamaan karakter dijumpai pada tipe jaringan penyusun berkas pembuluh seperti halnya pada ibu tulang daun, yaitu xilem, floem, dan serat floem, adanya sel tanin, serta adanya kristal druse atau prisma (Tabel 2).

### Karakter Mikromorfologi Daun *Ficus* spp.

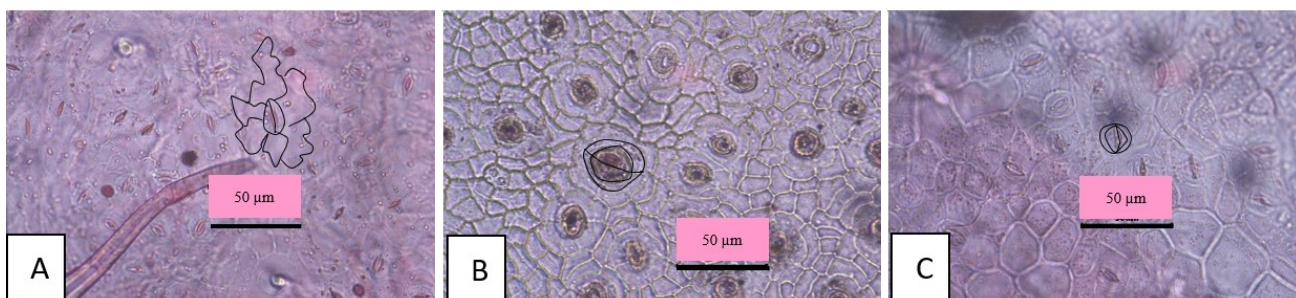
**Epidermis.** Tipe dinding antiklinal epidermis adaksial dan abaksial pada daun *Ficus* spp. yang diamati dalam penelitian ini adalah dominan lurus, kecuali pada jenis *F. auriculata*, tipe dinding antiklinal adaksial dan abaksial berbeda yaitu tipe berlekuk pada epidermis adaksial dan tipe lurus pada abaksial (Tabel 2). Menurut penelitian Ghazalli *et al.* (2018) mengenai variasi pola dinding antiklinal epidermis pada suku Sapindaceae kurang kuat untuk memberikan pembatasan antar takson sehingga harus dilengkapi dengan ciri anatomi lainnya. Namun menurut Ogunkunle & Oladele (2008), dalam marga *Ficus*, karakter kualitatif dan kuantitatif pada epidermis daun dapat digunakan sebagai ciri diagnostik dan taksonomi. Karakter yang digunakan diantaranya adalah bentuk epidermis, kerapatan sel epidermis, tipe dinding antiklinal epidermis, jumlah sel tetangga stomata, dan tipe trikoma.

**Stomata.** Variasi stomata yang dijumpai yaitu parasitik dan anomositik (Gambar 1). Tipe ini juga umum ditemukan pada hasil penelitian lainnya (Mamoucha *et al.* 2016; Bercu 2015; Khan *et al.* 2011; Ogunkunle & Oladele 2008; Sonibare *et al.* 2005). Terdapat perbedaan tipe stomata pada *F. auriculata* pada penelitian ini dengan penelitian Khan *et al.* (2011), yaitu tipe stomata adalah anomositik sementara Khan *et al.* (2011) menemukan tipe stomata pada *F. auriculata* adalah parasitik. Pada irisan transversal, letak sel penjaga teramat sejajar dengan epidermis pada *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (Gambar 2A) dan menonjol dari epidermis pada *F. maclellandii* (Gambar 2B). Perbandingan ukuran stomata pada tiga jenis *Ficus* menunjukkan jenis *F. natalensis* subsp. *leprieurii* memiliki ukuran terbesar yaitu panjang dan lebar masing-masing  $17,69 \pm 1,37 \mu\text{m}$  dan  $16,83 \pm 1,87 \mu\text{m}$  (Tabel 1). Pengukuran stomata dalam setiap jenis *Ficus* yang diteliti tidak menunjukkan variasi ukuran yang signifikan.

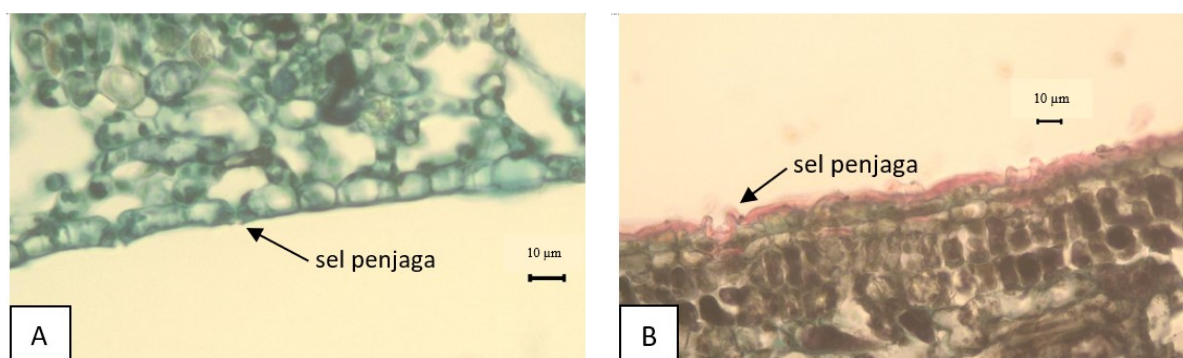
Penelitian terdahulu pada *F. carica* melaporkan bahwa variasi ukuran stomata dapat berupa ukuran stomata terbesar memiliki ukuran tiga kali lipat dari ukuran stomata terkecil dan dua kali lipat dari stomata medium (Mamoucha *et al.* 2016). Nilai indeks stomata dari ketiga jenis *Ficus* menunjukkan perbedaan yang signifikan khususnya pada *F. maclellandii* yang memiliki nilai indeks stomata terendah yaitu  $10,24 \pm 0,84$  (Tabel 1). Rendahnya nilai indeks stomata pada *F. maclellandii* diduga disebabkan oleh banyaknya jumlah sel epidermis abaksial dibandingkan kedua jenis lainnya ( $1402 \pm 85,24$  per bidang pandang) yang menyebabkan jumlah stomata cenderung lebih sedikit.

Indeks stomata merupakan salah satu karakter penting yang dapat digunakan sebagai penciri taksonomi (Ghazalli *et al.* 2018). Salah satu fungsi indeks stomata adalah untuk melacak hubungan timbal balik antara konsentrasi kadar  $\text{CO}_2$  dengan indeks stomata dan kerapatan stomata dalam kurun waktu terukur, misalnya sejak zaman purba hingga masa kini. Royer (2001) melaporkan bahwa pada tiga macam spesimen yaitu spesimen eksperimen, subfosil, dan fosil menunjukkan adanya korelasi signifikan antara peningkatan kadar  $\text{CO}_2$  (dari zaman purba hingga ke masa kini) terhadap penurunan nilai indeks stomata dan kerapatan stomata. Paparan  $\text{CO}_2$  dan air di udara mempengaruhi epidermis daun untuk menginisiasi pembentukan stomata. Kadar  $\text{CO}_2$  yang rendah di lingkungan menyebabkan epidermis meningkatkan pembentukan stomata untuk memaksimalkan serapan  $\text{CO}_2$  bagi kebutuhan fotosintesis. Perbandingan dari spesimen subfosil berusia 240 tahun dengan spesimen eksperimen masa kini menunjukkan adanya reduksi kerapatan dan indeks stomata sebagai bentuk respon adaptasi genetik terhadap peningkatan signifikan  $\text{CO}_2$  di udara.

**Mesofil.** Penampang melintang helaian daun menunjukkan komparasi susunan sel terutama mesofil palisade dan spons. Wylie (1939) menemukan pola hubungan antara diameter ibu tulang daun dengan proporsi tebal palisade dan spons. Diameter ibu tulang daun yang sempit akan meningkatkan volume jaringan palisade, sedangkan diameter ibu tulang daun yang lebar akan meningkatkan volume jaringan spons. Pada penelitian ini, *F. auriculata* memiliki diameter ibu tulang daun yang lebih lebar dibandingkan *F. maclellandii* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (Gambar 4). Namun proporsi lebar mesofil spons terhadap tebal daun terlebar ditemukan pada *F. natalensis* subsp. *leprieurii*. Dengan demikian, pola tersebut tidak berlaku pada sifat anatomi daun *Ficus*.



Gambar 1. Variasi stomata pada *Ficus*: Tipe anomositik pada (A) *F. auriculata* (Perb. 1040, skala bar 50 µm), tipe parasitik pada *F. maclellandii* (B) dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (C) (Perb. 10×40, skala bar 50 µm).



Gambar 2. Letak sel penjaga pada irisan transversal daun: (A) Sel penjaga sejajar dengan epidermis (B) Sel penjaga menonjol dari epidermis (Perb. 10×40, skala bar 10 µm).

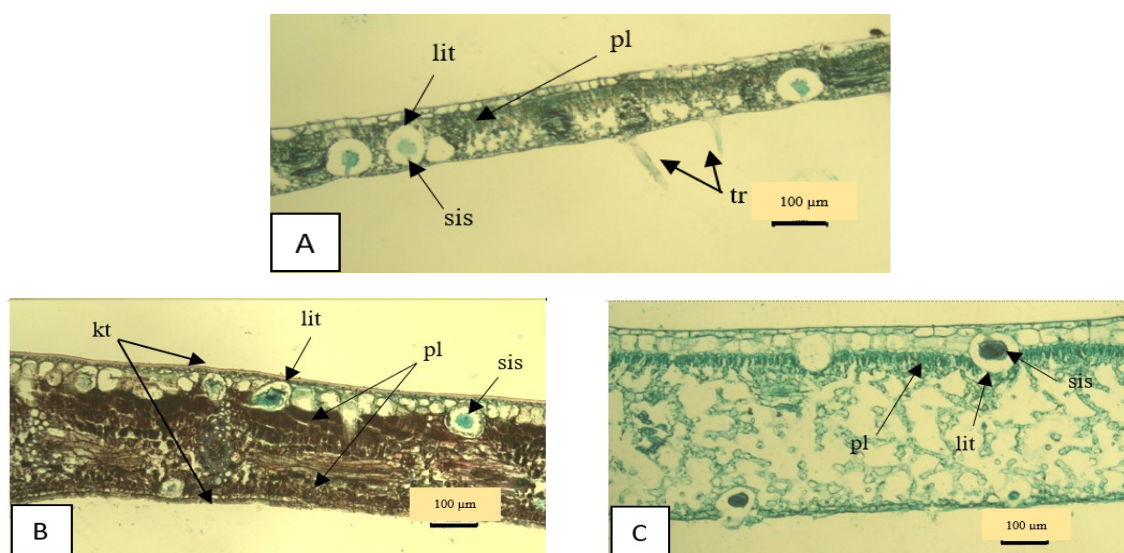
**Struktur xeromorfik dan mesomorfik daun.** Ketiga jenis *Ficus* yang diamati menunjukkan variasi penampang transversal daun yaitu tipe xeromorfik pada *F. maclellandii* dan tipe mesomorfik pada *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii*. Karakter anatomi yang digunakan sebagai dasar pencirian daun xeromorfik dan mesomorfik adalah jumlah lapisan sel epidermis, adanya lapisan kutikula tebal, dan proporsi mesofil palisade. Berdasarkan jumlah lapisan epidermis, jenis *F. maclellandii* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* memiliki dua lapis epidermis adaksial dan satu lapis epidermis abaksial, sementara *F. auriculata* hanya memiliki satu lapis epidermis adaksial dan abaksial (Gambar 3). Menurut Esau (1965), lapisan epidermis yang lebih dari satu lapis merupakan indikator tumbuhan yang dapat hidup di daerah kering. Struktur epidermis berlapis berfungsi sebagai tempat penyimpanan air. Pada jenis *F. maclellandii*, struktur epidermis berlapis juga dilengkapi dengan adanya lapisan kutikula tebal pada bagian abaksial dan adaksial daun (Gambar 3B). Kutikula diketahui berfungsi sebagai pengendali penguapan air dan fungsi perlindungan (Javelle *et al.* 2011). Ketika kutikula menebal, ketahanan terhadap kehilangan air oleh permukaan daun meningkat, sehingga mengoptimalkan penggunaan air pada tanaman (Simioni *et al.* 2017). Penelitian lainnya oleh Ferreira *et al.* (2015)

menemukan bahwa ciri lainnya dari tumbuhan yang bersifat xeromorfik adalah proporsi mesofil palisade adalah 50% dari seluruh jaringan mesofil. Ciri tersebut juga ditemukan pada *F. maclellandii* yang memiliki 3 lapis palisade pada bagian adaksial dan 1–2 lapis pada abaksial (Tabel 2). Secara keseluruhan jumlah lapisan palisade adaksial dan abaksial tersebut memenuhi 50% dari proporsi mesofil palisade daun. Beberapa struktur khas yang dimiliki oleh *F. maclellandii* tersebut menguatkan dugaan bahwa jenis ini bersifat xeromorfik atau tahan terhadap lingkungan kering. Pada kedua jenis lainnya yaitu *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii*, ciri anatomi yang teramati belum memenuhi kriteria untuk dikatakan sebagai xeromorfik. Pada *F. auriculata*, meskipun memiliki dua lapis palisade tetapi daun hanya memiliki satu lapis epidermis adaksial dan abaksial. Sebaliknya pada jenis *F. natalensis* subsp. *leprieurii*, memiliki hanya satu lapis palisade tetapi epidermis adaksial berjumlah dua lapis. Berdasarkan proporsi palisade, kedua jenis tersebut tidak memiliki palisade dengan proporsi 50% dari jaringan mesofil. Selain itu kutikula yang dimiliki oleh kedua jenis tersebut juga tipis. Dengan demikian, jenis *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* digolongkan sebagai jenis mesomorfik. Untuk memperkuat karakterisasi anatomi yang telah dikemukakan, perlu dilakukan penelitian fisio-

logis lebih lanjut untuk membuktikan sifat xeromorfik maupun mesomorfik pada masing-masing jenis *Ficus*.

**Trikoma dan kutikula.** Keberadaan trikoma dan kutikula pada marga *Ficus* dapat menjadi karakter diagnostik penciri jenis (Khan *et al.* 2011). Ogunkunle & Oladele (2008) mengemukakan ciri trikoma pada tiga anak marga, yaitu trikoma rambut kaku pada adaksial dan abaksial daun anak marga *Ficus*; tidak adanya trikoma rambut kaku dan banyak ditemukan trikoma kelenjar pada anak marga *Sycomorus*; dan tidak adanya trikoma kelenjar serta sedikit trikoma rambut kaku pada abaksial daun anak marga *Urostigma*. Pada penelitian ini, ditemukan variasi pada ketiga jenis *Ficus* yang digunakan. Jenis *F. auriculata* (anak marga *Sycomorus*) hanya memiliki trikoma tipe rambut pada permukaan abaksial daunnya dan tidak memiliki trikoma kelenjar. Pada *F. maclellandii* (anak marga *Urostigma*), lapisan adaksial

dan abaksial daun diselubungi lapisan kutikula tebal dan tidak ditemukan adanya trikoma. Pada *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (anak marga *Urostigma*), tidak ditemukan adanya trikoma maupun lapisan kutikula. Variasi yang ditemukan ini menjadi informasi tambahan bagi subgenus *Sycomorus* dan *Urostigma* mengenai variasi organ pelindung pada daun. Selain trikoma, penelitian pada tipe organ pelindung lainnya, seperti kutikula pada suku Lauraceae dapat digunakan sebagai pemisah yang kuat antar marga. Hal ini karena bentuk kutikula yang teramati pada lapisan epidermis dan organ stomata secara konsisten muncul pada kelompok marga tertentu yang secara taksonomi berkerabat dekat. Sebagai contoh, marga *Endiandra* pada Lauraceae yang memiliki karakter tepian stomata menyerupai kelelawar (*bat-shaped stomatal ledges*) dapat dipisahkan dengan marga *Bielschmiedia* dan *Syndiclis* yang tidak memiliki ciri tepian tersebut (Yang *et al.* 2012).

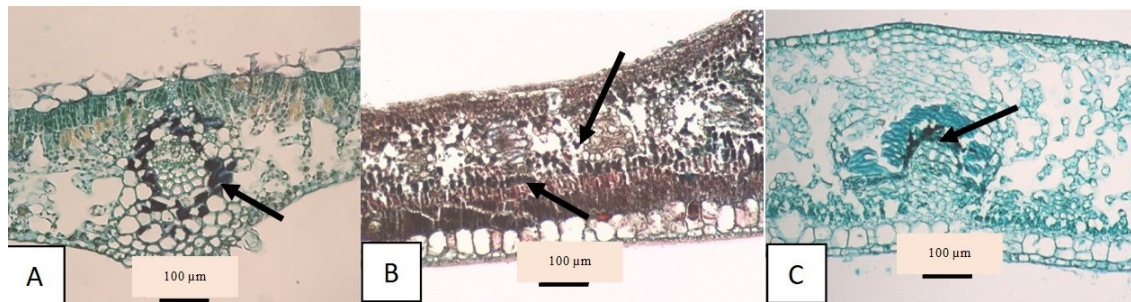


Gambar 3. Perbandingan daun *Ficus* dengan variasi organ pelindung, letak sistolit, dan mesofil palisade: (a) trikoma non glandular dan sistolit muncul pada abaksial daun *F. auriculata*, palisade pada adaksial daun; (b) lapisan kutikula, sistolit, dan mesofil palisade ditemukan pada adaksial dan abaksial daun *F. maclellandii*; (c) daun *F. natalensis* subsp. *leprieurii* tanpa organ pelindung, sistolit muncul pada sisi adaksial dan abaksial daun, mesofil palisade pada adaksial daun (Keterangan: kt = kutikula, lit = sel litosis, pl = palisade, sis = kristal sistolit, tr = trikoma. Preparat: Irisan transversal, perbesaran 10×10, skala bar 100 µm)

**Sel tanin.** Penelitian terdahulu oleh van Greuning *et al.* (1984) menyebutkan salah satu karakter anatomi yang sering menjadi penciri marga *Ficus* adalah keberadaan sel tanin dan kristal. Pada penelitian ini, kedua karakter tersebut dapat diidentifikasi dari persebarannya pada penampang helaian daun, ibu tulang daun dan tangkai daun. Penyebaran sel tanin pada helaian daun bervariasi

meliputi parenkim yang mengelilingi berkas pembuluh untuk jenis *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii*, sementara pada *F. maclellandii* dijumpai pada parenkim palisade dan spons (Tabel 2, Gambar 4). Variasi ini ditemukan pula pada hasil penelitian terdahulu pada *F. atricha* dan *F. brachypoda* yang memiliki sel tanin tersebar pada jaringan palisade (Dixon 2002).





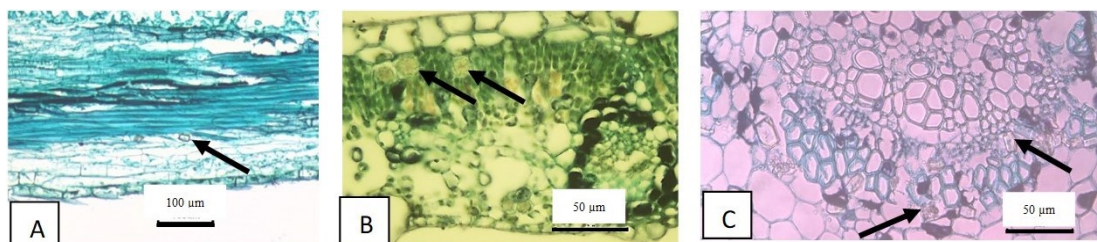
Gambar 4. Persebaran sel tanin pada ketiga jenis *Ficus*: (A) pada parenkim yang melingkari berkas pengangkut pada *F. auriculata*; (B) pada mesofil palisade dan spons pada *F. maclellandii*; (C) diantara floem pada berkas pengangkut *F. natalensis* subsp. *leprieurii*. (Perbesaran 10×20, skala bar 100 µm).

**Sel litosis dan kristal oksalat.** Keberadaan kristal khususnya sel litosis yang mengandung kristal sistolit bertangkai dapat dibedakan keberadaannya pada salah satu sisi daun, yaitu hanya pada sisi abaksial atau adaksial, atau dapat juga ditemukan pada kedua sisi daun. Litosis yang terdapat pada sisi abaksial daun ditemukan pada *F. auriculata* (anak marga *Sycomorus*), sementara *F. maclellandii* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (anak marga *Urostigma*) litosis terdapat pada sisi abaksial dan adaksial daun (Tabel 2, Gambar 3). Hal ini berbeda dengan hasil penelitian terdahulu oleh van Greuning *et al.* (1984) yang menemukan bahwa jenis *Ficus* dari anak marga *Sycomorus*, sel litosis dan kristal sistolit akan muncul dari epidermis adaksial daun saja atau dari kedua sisi abaksial dan adaksial daun, sedangkan sel litosis pada subgenus *Urostigma* tidak muncul dari epidermis adaksial. Dalam publikasi tersebut, tidak ditemukan hasil pengamatan anatomi dari ketiga jenis yang diuji dalam penelitian ini. Oleh karena itu informasi dalam penelitian ini menjadi informasi tambahan bagi karakter anatomi *Ficus*.

Rerata pengukuran sel litosis menunjukkan diameter sel litosis adaksial lebih besar daripada sel litosis abaksial (Tabel 1), seperti yang terlihat pula pada *F. carica* (Mamoucha *et al.* 2016). Kemunculan sel litosis pada bagian adaksial daun menghalangi kontinuitas dari barisan palisade, yaitu palisade yang semula berupa barisan lurus

kemudian akan melingkar mengikuti garis luar sel litosis (Gambar 3B dan 3C).

Tipe kristal yang tersebar diantara jaringan yang ditemukan pada sampel *Ficus* adalah kristal prismatic dan druse (Gambar 5). Pada penelitian ini, masing-masing jenis *Ficus* menunjukkan variasi tipe kristal dan persebarannya pada jaringan. *F. auriculata* dan *F. maclellandii* sama-sama memiliki kristal druse, namun persebarannya berbeda yaitu di seluruh mesofil (palisade dan spons) pada *F. auriculata* dan spesifik pada mesofil palisade untuk *F. maclellandii*. Tipe kristal pada *F. natalensis* subsp. *leprieurii* adalah kristal druse (tersebar di jaringan epidermis dan mesofil) dan kristal prismatic (di sekitar berkas pembuluh di helaian daun). Tipe dan persebaran kristal yang beragam pada ketiga jenis *Ficus* tersebut dapat menjadi penciri jenis. Hal ini sejalan dengan Franceschi & Nakata (2005) yang mengemukakan bahwa meskipun persebaran kristal cukup luas dijumpai dalam organ tumbuhan, namun tipe kristal dan keberadaannya pada jaringan konsisten dan menjadi penciri pada setiap spesies. Secara fisiologis, kristal oksalat memiliki beberapa fungsi seperti pengaturan kalsium, proteksi, detoksifikasi, keseimbangan ion, pendukung jaringan/ kekakuan struktur tanaman, serta untuk mengumpulkan dan merefleksikan cahaya (Franceschi 2001; Franceschi & Nakata 2005).



Gambar 5. Letak kristal pada beberapa jaringan pada daun *Ficus* spp.: (A) Kristal prismatic pada mesofil spons daun (Perb. 10×10, skala bar 100 µm); (B) Kristal druse pada mesofil palisade daun (Perb. 10×40, skala bar 50 µm); (C) Kristal prismatic dan druse pada serat floem dan parenkim berkas pembuluh tulang daun (Perb. 10×40, skala bar 50 µm).

### **Karakter Mikromorfologi Ibu Tulang Daun dan Tangkai Daun *Ficus* spp.**

**Morfologi ibu tulang daun dan tangkai daun.** Secara morfologi, bentuk ibu tulang daun *Ficus* spp. bervariasi antara sedikit hingga sangat menonjol pada bagian abaksial daun dan cenderung mendatar hingga menonjol pada bagian adaksial daun. Sementara itu morfologi tangkai daun bervariasi antara bundar dengan sisi datar di bagian adaksial, lonjong dengan sisi cekung di bagian adaksial, dan lonjong secara keseluruhan (Tabel 2). Menurut Pasini & Mirjalili (2006), bentuk penampang melintang tulang daun mempengaruhi ketahanan terhadap defleksi tekukan. Hal ini dapat dilihat dari proporsi sisi datar atau sisi cekungan pada daerah adaksial terhadap total keliling seluruh penampang melintang tangkai. Tulang daun yang bundar atau lonjong sempurna tanpa adanya sisi datar atau sisi cekungan memiliki ketahanan terhadap tekukan paling tinggi. Pada penelitian ini, jenis *F. natalensis* subsp. *leprieurii* dengan penampang lonjong sempurna diperkirakan memiliki ketahanan tekukan paling tinggi, diikuti dengan *F. auriculata* dengan adanya sisi datar pada bagian adaksial, dan *F. maclellandii* yang memiliki sisi cekungan dibagian adaksial (Gambar 6).

**Struktur berkas pembuluh.** Struktur berkas pembuluh pada ibu tulang daun merupakan hasil penyempurnaan dari tangkai daun. Umumnya struktur berkas pembuluh pada ibu tulang daun lebih kompleks daripada tangkai daun (Jansen & Baas 1973). Perkembangan struktur berkas pembuluh dari tangkai daun menuju ibu tulang daun meliputi penyempurnaan jaringan pengangkut, dapat berupa pemecahan xilem dan sklerenkim menjadi kelompok kecil berkas pembuluh, maupun perubahan susunan antar jaringan dasar dan berkas pembuluh (Leach 1924). Berkas pembuluh *Ficus* spp. tersusun atas tiga jaringan yang sama yaitu xilem, floem, dan serat floem. Perbandingan bentuk berkas pembuluh pada ibu tulang daun dan tangkai daun menunjukkan bahwa berkas pembuluh memiliki sistem tertutup dengan variasi bentuk melingkar, lonjong, hingga bentuk U serta tipe *continuous ring* dan *discontinuous ring* (Tabel 2, Gambar 6 dan 7). Tipe berkas pembuluh ini menunjukkan kesamaan dengan hasil pengamatan anatomi pada penelitian terdahulu, salah satunya tipe pembuluh *F. maclellandii* mirip dengan *F. krishnae* (Ingle & Kothale 2018) dengan berkas pembuluh melingkar menyerupai spiral. Selain struktur berkas pembuluh utama, *Ficus* juga

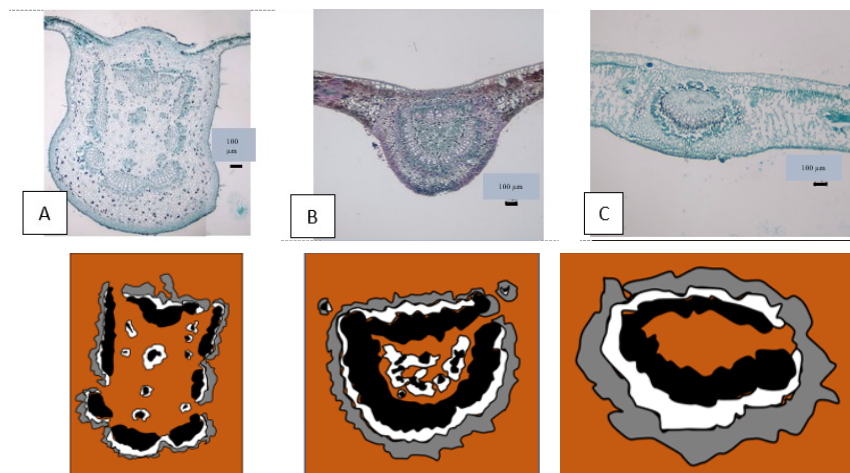
memiliki berkas pembuluh tambahan yang tersebar di dalam atau di luar lingkaran berkas pembuluh utama. Penelitian terdahulu menunjukkan jenis-jenis dengan berkas pembuluh tambahan di dalam lingkaran berkas pembuluh diantaranya pada *F. carica* (Bercu & Popoviciu 2014), *F. deltoidea* var. *tregganuensis* (Fatimah *et al.* 2014), dan *F. lyrata* (Bercu 2015). Pada penelitian ini, berkas pembuluh tambahan dijumpai pada penampang melintang ibu tulang daun *F. auriculata* dan *F. maclellandii*, dan tangkai daun *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii*. (Tabel 2, Gambar 6 dan 7). Walaupun Metcalfe & Chalk (1950) menyatakan bahwa struktur berkas pembuluh pada suku Moraceae sangat beragam, namun pada tingkat jenis susunan berkas pembuluh dapat menjadi karakter taksonomi pembeda. Hal ini juga terungkap pada beberapa penelitian dari suku lainnya seperti Euphorbiaceae (Hussin *et al.* 1996; Thakur & Patil 2011; Tadavi & Bhadane 2014), Rubiaceae (Syahirah *et al.* 2016), dan Gesneriaceae (Herat & Theobald 1979). Keberadaan berkas pembuluh tambahan juga memiliki nilai taksonomi otentik pembeda jenis (Syahirah *et al.* 2016).

### **Jumlah lapisan kolenkim dan parenkim.**

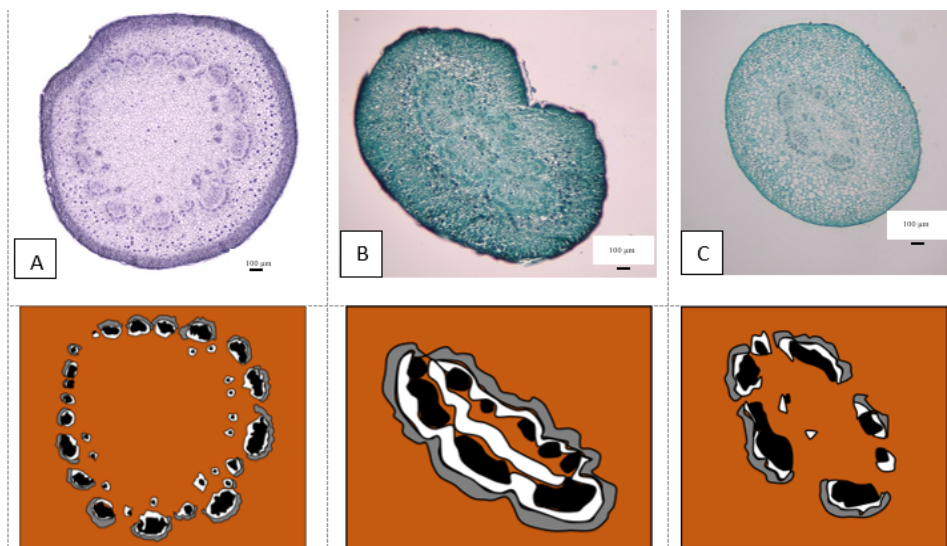
Variasi jumlah lapisan kolenkim dan parenkim secara signifikan membedakan antar jenis. Ibu tulang daun dan tangkai daun, jenis *F. auriculata* relatif memiliki lebar lapisan kolenkim dan parenkim paling banyak dibandingkan jenis *F. maclellandii* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (Tabel 2). Jumlahnya hampir menyamai jenis *F. lyrata* yang memiliki lapisan kolenkima mencapai 15–16 lapis (Bercu 2015).

**Trikoma dan kutikula.** Organ pelindung yaitu trikoma dan kutikula pada ibu tulang daun memiliki kesamaan dengan helaian daun (Tabel 2, Gambar 6). Akan tetapi pada tangkai daun, tidak dijumpai adanya trikoma maupun lapisan kutikula pada jenis *F. auriculata* dan *F. natalensis* subsp. *leprieurii*, sementara *F. maclellandii* tetap memiliki lapisan kutikula (Tabel 2, Gambar 7).

**Sel tanin.** Penyebaran sel tanin pada ibu tulang daun dan tangkai daun memiliki kesamaan, sel tanin pada *F. auriculata* dan *F. maclellandii* dapat dijumpai tersebar pada hampir seluruh jaringan pada ibu tulang daun dan tangkai daun, sementara *F. natalensis* subsp. *leprieurii* hanya terpusat diantara jaringan floem (Gambar 4). Tipe persebaran sel tanin yang terpusat pada floem juga ditemukan pada jenis *F. hispida* (Ingle & Kothale 2018).



Gambar 6. Berkas pembuluh sistem tertutup pada ibu tulang daun: (A) *F. auriculata*, bentuk U tipe *discontinuous ring* dengan sembilan berkas pembuluh tambahan tersebar di empulur; (B) *F. maclellandii*, bentuk U tipe *continuous ring* dengan dua berkas pembuluh tambahan di dekat sisi adaksial daun dan empat berkas pembuluh di bagian empulur; (C) *F. natalensis* subsp. *leprieurii*, bentuk melingkar tipe *continuous ring* (Perbesaran  $10\times 4$ , skala bar  $100\ \mu\text{m}$ ). Keterangan warna: Hitam = xilem, Putih = floem, Abu-abu = serat floem.



Gambar 7. Variasi berkas pembuluh sistem tertutup pada tangkai daun *Ficus*: (A) bentuk melingkar tipe *discontinuous ring* pada *F. auriculata*, (B) bentuk melonjong tipe *continuous ring* pada *F. maclellandii*, dan (C) bentuk melonjong tipe *discontinuous ring* pada *F. natalensis* subsp. *leprieurii* (Perbesaran  $10\times 4$ , skala bar  $100\ \mu\text{m}$ ).

**Kristal oksalat.** Kristal kalsium oksalat yang dijumpai pada ibu tulang daun dan tangkai daun adalah tipe kristal druse dan prisma. Pola persebaran kristal pada setiap jenis memiliki pola yang spesifik. Pada *F. auriculata*, kristal druse dan prisma ditemukan pada parenkim luar, di antara berkas pembuluh, dan serat floem ibu tulang daun, namun hanya ada kristal druse yang dijumpai pada parenkim di dalam lingkaran berkas pembuluh pada organ tangkai daun. Pada *F. maclellandii*, kedua tipe kristal dijumpai pada ibu tulang daun (yaitu pada parenkim dan floem), dan tangkai daun (pada

parenkim). Persebaran kristal pada *F. natalensis* subsp. *leprieurii* memiliki variasi yaitu kedua tipe kristal dijumpai pada lapis pertama parenkim diluar lingkaran berkas pembuluh pada ibu tulang daun dan tangkai daun, dan lapisan epidermis di dekat area ibu tulang daun. Adanya pola persebaran kristal spesifik dapat menjadi ciri taksonomi jenis. Penelitian terdahulu yang menemukan pola persebaran kristal pada tingkatan marga maupun jenis juga dikemukakan oleh Munuswamy *et al.* (2016) dan Prychid & Rudall (1999).



## KESIMPULAN

Karakter anatomi dapat digunakan sebagai pembeda jenis karena memiliki tingkat variasi yang cukup jelas untuk memisahkan antar tingkatan taksa termasuk pada taksa jenis. Beberapa karakter kuantitatif dan kualitatif yang teramati pada *Ficus* spp. dapat berperan sebagai karakter spesifik pada setiap jenis. Penggunaan organ daun cukup memberikan karakter anatomi yang representatif untuk memberi identitas taksonomi dari sisi anatomi untuk membedakan antar jenis *Ficus* spp. Variasi karakter yang ditemukan pada ciri organ pelindung (trikoma dan kutikula) serta persebaran sel litosis dan kristal sistolit memberikan informasi baru yang belum ditemukan pada penelitian terdahulu. Ditemukan pula beberapa ciri anatomi yang diduga berhubungan dengan fungsi fisiologis salah satunya ketahanan terhadap cekaman kekeringan. Namun untuk menguatkan dugaan tersebut masih perlu dilakukan pengamatan sifat fisiologis *Ficus* lebih lanjut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh staf Laboratorium Morfologi, Anatomi dan Sitologi (MAS) Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi LIPI atas izin dan bimbingan yang diberikan selama penelitian berlangsung. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada para editor dan reviewer yang telah memberikan saran dan masukan untuk meningkatkan kualitas manuskrip publikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Backer CA & Bakhuizen van den Brink RC Jr., 1965. *Flora of Java* Vol. 2. Groningen: N.V.P. Noordhoff.
- Bercu R. 2015. Anatomical aspects of *Ficus lyrata* Warb. (Moraceae) Leaf. *Annals of West University of Timișoara, ser. Biology*. XVIII (2): pp. 107–114.
- Bercu R & Popoviciu DR. (2014). Anatomical study of *Ficus carica* L. leaf. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 19(1), 33–37. <https://doi.org/10.ANN/RSCB-2014-0002>.
- Berg CC & Corner EJH. 2005. *Moraceae-Ficus*. In: Nooteboom HP (ed.). *Flora Malesiana*. Ser. I, Vol. 17(2). Leiden: National Herbarium Nederland. pp. 1–730.
- Bock JH & Norris DO. 2016. *Forest Plant Science*. Chapter 4: Forensic Plant Anatomy. US: Academic Press. pp: 51-83. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801475-2.00004-X>.
- Chikmawati T & Tjitrosoedirjo SS. 2020. Modul 1: Konsep dasar taksonomi tumbuhan dan sejarah klasifikasi. Dalam: Saputri NL (ed.). *Taksonomi Tumbuhan Tinggi*. Penerbit Universitas Terbuka.
- Cutler DF. 1978. *Applied Plant Anatomy*. US: Addison-Wesley Longman Ltd. pp. 1–103.
- Dixon DJ. 2002. A comparison of the leaf anatomy of *Ficus subpuberula*, *F. atricha* and *F. brachypoda* (Moraceae). *Nuytsia* 15(1): 27–32.
- Esau K. 1965. *Plant Anatomy*. John Wiley: New York.
- Esau K. 1977. *Anatomy of Seed Plants*. 2<sup>nd</sup> Edition. Canada: John Wiley & Sons.
- Fatihah HNN, Mat N, Zaimah ARN, Khairil M & Ali AM. 2014. Leaf morphology and anatomy of 7 varieties of *Ficus deltoidea* (Moraceae). *Turkish Journal of Botany*, 38(4), pp.677–685. <https://doi.org/10.3906/bot-1301-7>.
- Ferreira CS, do Carmo WS, Graciano-Ribeiro D, de Oliveira JMF, de Melo RB & Franco AC. 2015. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. *Acta Amazonica* 45(4): 337–346. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201500363>.
- Franceschi VR. 2001. Calcium oxalate in plants. *TRENDS in Plant Science*. 6(7): 331.
- Franceschi VR & Nakata PA. 2005. Calcium oxalate in plants: formation and function. *Annu. Rev. Plant Biol.* 56: 41–71. doi: 10.1146/annurev.arplant.56.032604.144106.
- Ghazalli MN, Noraini T, Latiff A, Masrom H, Salmaniza & Nurshahidah MR. 2018. Variation in the stomatal types and anticlinal wall patterns in Malaysian Sapindaceae species. 2018. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc.* 20 (2): 387–403.
- Herat RM & Theobald WL. 1979. Comparative studies of vegetative anatomy and morphology of the Gesneriaceae of Sri Lanka. *Botanical Journal of the Linnaean Society* 78: 285–298.
- Hussin KH, Wahab BA & Teh CP. 1996. Comparative leaf anatomical studies of some *Mallotus* Lour. (Euphorbiaceae) species. *Botanical Journal of the Linnaean Society* 122: 137–153.
- Ingle Sy & Kothale KV. 2018. Petioler anatomy of some species of *Ficus* (Moraceae). *IJSR*. 8 (11): 988–990.
- Jansen WT & Baas P. 1973. Comparative leaf anatomy of *Kokoona* and *Lophopetalum* (Celastraceae). *Blumea* 21: 153–178.
- Javelle M, Vernoud V, Rogowsky PM & Ingram GC. 2011. Epidermis: the formation and functions of a fundamental plant tissue. *New Phytologist* 189: 17–39.



- Khan KY, Khan MA, Ahmad M, Shah GM, Zafar M, Niamat R, Munir M, Abbasi AM, Fazal H, Mazari P & Seema N. 2011. Foliar epidermal anatomy of some ethnobotanically important species of genus *Ficus* Linn. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(9): 1627–1638.
- Leach W. 1924. An anatomical and physiological study of the petiole in certain species of *Populus*. *The New Phytologist* XXIII (5): 225–239.
- Mamoucha S, Fokialakis N & Christodoulakis NS. 2016. Leaf structure and histochemistry of *Ficus carica* (Moraceae), the fig tree. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2015.11.003>
- Metcalf CR & Chalk L. 1950. *Anatomy of The Dicotyledons*. UK: The Clarendon Press.
- Munuswamy E, Krishnan V & Amerjothy S. 2016. Occurrence, type and location of calcium oxalate crystals in selected medicinal plants. *Journal of Applied and Advanced Research*. 1 (4): 21–24. doi.: 10.21839/jaar.2016.v1i4.44.
- Ogunkunle ATJ & Oladele FA. 2008. Leaf epidermal studies in some Nigerian species of *Ficus* L. (Moraceae). *Plant Systematics and Evolution*, 274(3–4), pp. 209–221. <https://doi.org/10.1007/s00606-008-0044-9>.
- Pasini D & Mirjalili V. 2006. The optimized shape of a leaf petiole. In: Brebbia CA. (ed.). *Design and Nature III: Comparing Design in Nature with Science and Engineering*. Vol 87. United Kingdom, WIT Press. pp 35–45.
- Peniwidiyanti, Irsyam ASD, Dewi AP, Hariri MR, Al Anshori Z & Irwanto RR. 2021. Newly recorded alien species of *Ficus* L. (Moraceae) in Java, Indonesia. *JTBB*. 6(2): 1–11. DOI: 10.22146/jtbb.65313.
- Prychid CJ & Rudall PJ. 1999. Calcium oxalate crystals in monocotyledons: a review of their structure and systematics. *Annals of Botany* 84: 725–739.
- Royer DL. 2001. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO<sub>2</sub> concentration. *Review of Palaeobotany and Palynology* 114: 1–28.
- Sass JE. 1951. *Botanical Microtechnique*. Iowa: The Iowa State College Press. pp. 12–40.
- Simioni PF, Eisenlohr PV, Pessoa MJG & da Silva IV. 2017. Elucidating adaptive strategies from leaf anatomy: do Amazonian savannas present xeromorphic characteristics?. *Flora*. 226: 38–46.
- Sonibare MA, Jayeola AA, Egunyomi A & Murata J. 2005. A survey of epidermal morphology in *Ficus* Linn. (Moraceae) of Nigeria. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 46: 231–238.
- Syahirah MN, Noraini T & Latiff A. 2016. Characterization of midrib vascular bundles of selected medicinal species in Rubiaceae. *AIP Conference Proceedings* 1784, 060042 (2016). doi: 10.1063/1.4966880.
- Tadavi SC & Bhadane VV. 2014. Taxonomic significance of the rachis, petiole and petiolule anatomy in some Euphorbiaceae. *Biolife* 2(3): 850–857.
- Thakur HA & Patil DA. 2011. Petiolar anatomy of some unstudied Euphorbiaceae. *Journal of Phytology* 2(12): 54–59.
- van Greuning JV, Robbertse PJ & Grobbelaar N. 1984. The taxonomic value of leaf anatomy in the genus *Ficus*. *South African Journal of Botany* 3(5), pp. 297–305.
- Wulansari TYI, Agustiani EL, Sunaryo, Tihurua EF & Widoyanti. 2020. Leaf anatomical structure as evidence in flowering plants limitation: A case study of 12 Indonesian flowering plant families. *Buletin Kebun Raya* 23(2), pp. 146–161. Doi: <https://doi.org/10.14203/bkr.v23i2.266>
- Wylie RB. 1939. Relations between tissue organization and vein distribution in dicotyledon leaves. *American Journal of Botany*. 26, pp. 219–225.
- Yang Y, Zhang LY, Liu B & van der werff H. 2012. Leaf cuticular anatomy and taxonomy of *Syndiclis* (Lauraceae) and its allies. *Systematic Botany* 37(4): 861–878. DOI 10.1600/036364412X656518.
- Yeung EC. 1998. Chapter 9: A Beginner's Guide to The Study of Plant Structure. Canada: Department of Biological Sciences University of Calgary.