

ARTIKEL

MIKROMORFOLOGI POLEN DAN ANALISIS NUMERIK *Plagiostachys* Ridl. (ZINGIBERACEAE) DARI SUMATRA DAN IMPLIKASI SISTEMATISNYA

[*Micromorphology Pollen and Numerical Analysis Plagiostachys Ridl. (Zingiberaceae) From Sumatra and Its Systematic Implications*]

Nurhasna¹, Nurainas^{1,2*}, Mildawati¹, Atthoriq Fauzan¹, Ahmad Taufiq¹, Syamsuardi¹

¹Departmen Biologi, FMIPA, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang City, Sumatera Barat 25166.

²Herbarium Universitas Andalas (ANDA), FMIPA, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang City, Sumatera Barat 25166.

ABSTRAK

Studi mikromorfologi polen dan analisis numerik karakter morfologi telah dilakukan terhadap lima taksa *Plagiostachys* yang terdistribusi di Sumatra. Observasi mikromorfologi polen dilakukan menggunakan mikroskop cahaya (*Light Microscope/LM*) dan mikroskop elektron pemindai (*Scanning Electron Microscope/SEM*). Pengelompokan taksa dilakukan secara numerik menggunakan analisis UPGMA berdasarkan 16 karakter makromorfologi dan mikromorfologi. Butir polen yang diamati tergolong tipe monad, berbentuk prolate-sphaeroidal, tidak memiliki apertur (inaperturate), berukuran sedang (medium), dengan tipe ornamentasi dinding polen micro-rugulate, psilate, dan echinate-reticulate. Ornamentasi berduri (echinate) ditemukan pada sebagian besar spesies *Plagiostachys*, dan pada tingkat spesies, karakter ini memberikan evidensi tambahan yang signifikan untuk membedakan *P. roseiflora* dan *P. crocydocalyx*. Analisis numerik menghasilkan dua kelompok utama, dengan *P. crocydocalyx* dan *P. roseiflora* pada kelompok A, dan kelompok B terbagi menjadi 2 subkelompok: subkelompok I terdiri dari seluruh individu *P. mucida* dan *Plagiostachys* sp. sedangkan subkelompok II terdiri dari seluruh individu *P. sumatrensis*. Sebagai kesimpulan, karakter mikromorfologi polen memberikan kontribusi secara sistematis untuk memperkuat klasifikasi genus *Plagiostachys*.

Kata Kunci: Taksonomi Numerik, SEM, Sumatra, *Plagiostachys*, Palinology, Zingiberaceae

ABSTRACT

The study of pollen micromorphology and numerical analysis of morphological characters has been conducted on five taxa of *Plagiostachys* distributed in Sumatra. Pollen micromorphology observations were conducted using a light microscope (LM) and a scanning electron microscope (SEM). Taxa grouping was performed numerically using UPGMA analysis based on 16 macromorphological and micromorphological characters. The observed pollen grains are classified as monad type, prolate-spheroidal in shape, without apertures (inaperturate), medium-sized, with a type of pollen wall ornamentation that is micro-rugulate, psilate, and echinate-reticulate. Spiny ornamentation (echinate) is found in most species of *Plagiostachys*, and at the species level, this character provides significant additional evidence to distinguish *P. roseiflora* and *P. crocydocalyx*. Numerical analysis results in two main clades, with *P. crocydocalyx* and *P. roseiflora* in clade A, and clade B divided into two subgroups: subgroup I consists of all individuals of *P. mucida* and *Plagiostachys* sp., while subgroup II consists of all individuals of *P. sumatrensis*. In conclusion, the micromorphological characteristics of pollen provide important a systematics classification of the genus *Plagiostachys*.

Keywords: Numerical taxonomy, SEM, Sumatra, *Plagiostachys*, Palinology, Zingiberaceae

PENDAHULUAN

Zingiberaceae atau suku Jahe-jahean merupakan tumbuhan asli Asia tenggara yang mana distribusi utama di Thailand, Sumatera dan Semenanjung Malaysia (Smith, 1985; Larsen *et al.*, 1998; Newman *et al.*, 2004). Zingiberaceae termasuk suku yang besar dengan jumlah species 2002 dalam 58 marga di dunia (POWO, 2026). Sumatera sebagai salah satu daerah utama distribusi Zingiberaceae, mempunyai jumlah jenis yang cukup beragam, lebih dari 80 jenis telah dilaporkan dari Sumatera (Newman *et al.*, 2004). Beberapa dekade terakhir penelitian mengenai famili Zingiberaceae sangat aktif dilakukan di Sumatera. Hasilnya hampir setiap tahun telah dipublikasi temuan baru (new record) dan jenis baru (new species) dari Sumatera (Droop & Newman, 2014; Ardiyani, 2015; Nurainas & Arbain, 2017; Maulidah *et al.*, 2019; Nurainas *et al.*, 2024). Data terakhir dilaporkan lebih dari 100 species jahe-jahean telah ditemukan dari Sumatera (Rahmi *et al.*, 2023).

Plagiostachys merupakan salah satu genus dari family Jahe-Jahean (Zingiberaceae). Genus ini dicirikan oleh perbungaan yang unik, yaitu posisi terletak terminal pada batang berdaun, dan tumbuh menembus sisi-sisi pelepah daun, bukan muncul dari ujungnya seperti pada genus lain (Holttum, 1950). Genus ini tergolong dalam anak suku Alpinioideae, tepatnya pada puak Alpinieae (Kress *et al.*, 2002). *Plagiostachys* terdiri dari 32 spesies dengan pusat keanekaragaman tertinggi di Pulau Borneo, yang diketahui memiliki 15 spesies dengan lima species diantaranya ditemukan di Kalimantan (POWO, 2024, Julius *et al.*, 2008; Lamb *et al.*, 2013; GBIF, 2026). Keberadaan *Plagiostachys* di Sumatera diwakili oleh *P. sumatrensis* yang merupakan spesies endemik Sumatra yang di koleksi dari Pulau Siberut (Kepulauan Mentawai). (Kloss, 1926; Newman *et al.*, 2004).

Karakter morfologi perbungaan dan bunga sering kali menjadi dasar utama dalam pengelompokan taksonomi genus ini (Takano *et al.*, 2009). Julius *et al.* (2008) menggunakan karakteristik permukaan ovarium serta keberadaan lendir pada perbungaan sebagai pembeda antar spesies *Plagiostachys* di wilayah Borneo. Namun, karakter keberadaan lendir menjadi tidak informatif apabila spesimen telah mengalami proses pengeringan, terutama jika tidak disertai catatan lapangan mengenai kondisi lendir tersebut. Oleh karena itu, diperlukan bukti-bukti tambahan yang dapat digunakan dalam memberi batasan entitas taksonomi untuk marga *Plagiostachys*.

Teknik mikromorfologi yang berkembang saat ini memungkinkan pengamatan karakter polen (serbuk sari) dengan lebih terperinci, khususnya ornamentasi dinding polen (Stuessy, 1994; Faegri & Iversen, 1989; Blackmore *et al.*, 2007), termasuk untuk suku jahe-jahean (Zingiberaceae). Pada Zingiberaceae, karakter morfologi polen seperti ornamentasi dinding polen terbukti berkontribusi sangat penting dalam membedakan genus. Beberapa kajian telah menunjukkan bahwa karakter ini dapat digunakan untuk membedakan genus-genus seperti *Alpinia*, *Amomum*, *Cornukaempferia*, *Hornstedtia*, *Kaempferia* dan *Zingiber* (Theilade *et al.*, 1993; Kaewsri, 2007; Saensouk *et al.*, 2009; Nurainas *et al.*, 2011; Nurainas *et al.*, 2019; Rinaldi *et al.*, 2024); sehingga

menjadi tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu guna mengetahui peranan dan pentingnya karakter mikromorfologi polen terhadap klasifikasi *Plagiostachys* yang mana belum pernah dilakukan sebelumnya. dengan menerapkan analisis numerik berdasarkan karakter mikromorfologi polen dan makromorfologi. Analisis tersebut menghasilkan dendrogram yang menggambarkan hubungan kekerabatan antar spesies dalam marga yang diuji.

Artikel ini menyajikan karakterisasi mikromorfologi polen serta analisis *multivariat* terhadap karakter makromorfologi dan mikromorfologi, dengan tujuan untuk mengevaluasi sejauh mana kedua pendekatan tersebut mendukung klasifikasi genus *Plagiostachys*. Uraian dilengkapi dengan dokumentasi foto polen serta hasil analisis numerik dalam bentuk dendrogram dan plot yang dihasilkan dari 16 karakter morfologi.

BAHAN DAN METODE

Studi Palinologi

Karakter polen di peroleh dari dari lima taksa *Plagiostachys* yang ditemukan di Sumatra. Material polen diperoleh dari kotak sari bunga yang berasal dari bunga segar, spesimen awetan basah (*spirit collection*) dan awetan kering (*dry collection*) yang disimpan di Herbarium Universitas Andalas (ANDA), lokasi sampel diberikan pada Tabel 1.

Metode untuk analisa palinologi yang diterapkan dalam kajian ini merujuk pada Kajornjit *et al.* (2018) dan Huang *et al.* (2023). Bunga yang belum mekar dari spesimen kering dicuplik kemudian direbus selama 30 menit hingga bunganya lunak kemudian dimasukkan ke dalam larutan asam asetat glasial, lalu kepala sari dilepaskan menggunakan pinset dan disimpan di dalam botol vial. Kepala sari yang sudah dibedah kemudian diposisikan pada *tube stainless* kecil yang sudah dilapisi dengan selotip karbon hitam lalu diratakan pada seluruh permukaan selotip karbon hitam agar sampel tersebar merata. *Air compressor* disemprotkan menghadap ke sampel agar sampel menempel sempurna. Sampel dilapisi dengan emas dengan kuantitas 15 µm selama 3 sampai 5 menit menggunakan LUXORau SEM *coater* seri CT-2201-0170. Sampel dimasukkan ke dalam SEM Thermo Fisher Scientific Phenom P-Series menggunakan holder.

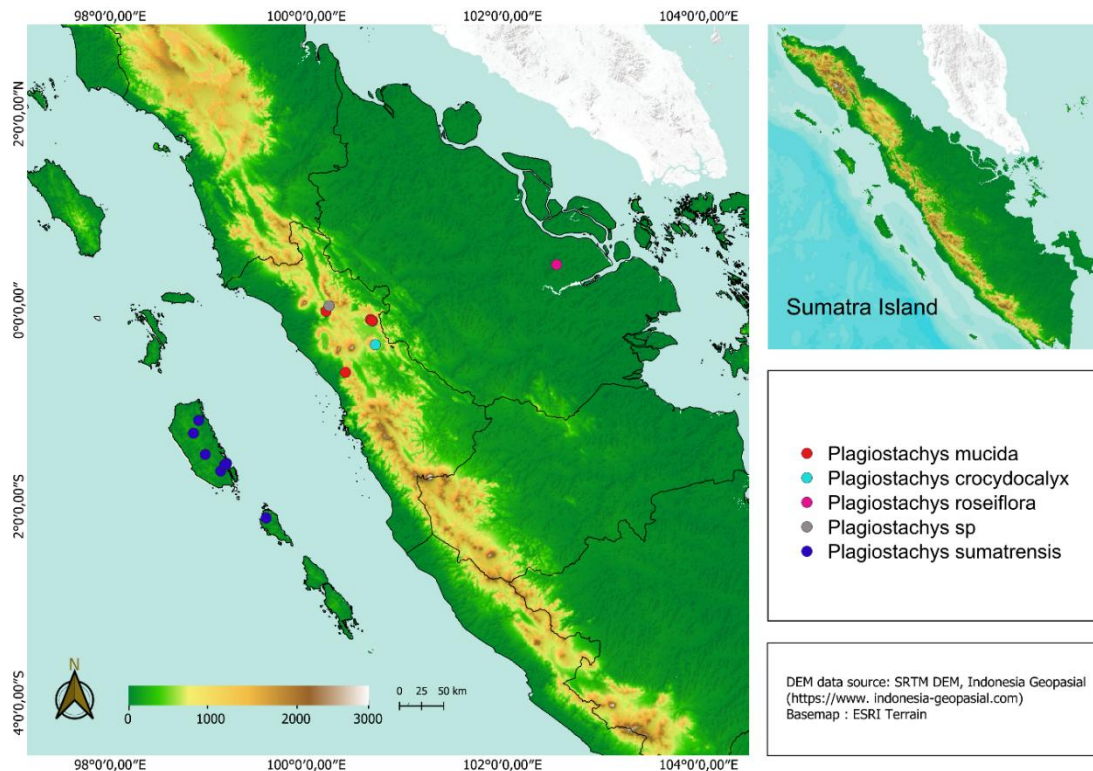
Pengamatan bentuk, ukuran, dan satuan polen melalui *Light Microscope* (LM) dengan perbesaran 100X, sementara ornamentasi permukaan polen menggunakan foto SEM yang dilakukan di Laboratorium Lembaga Ilmu Hayati, Teknik dan Rekayasa Universitas Airlangga dan Laboratorium Sentral Universitas Andalas.

Tabel 1. *Plagiostachys* yang digunakan untuk pengamatan polen (*Plagiostachys used for pollen observation*).

No.	Taksa (Taxa)	Lokasi (Localities)	Tanggal Koleksi (Collecting date)	Koleksi & Nomor (Collector & No)
1.	<i>Plagiostachys crocydocalyx</i>	Sumbar, G. Sago	Dec. 6, 1988	R. Tamin <i>et al.</i> , 853
2.	<i>P. mucida</i>	Sumbar, Asam Pulau	Apr. 20, 2025	Nurainas <i>et al.</i> , 4369
3.	<i>P. roseiflora</i>	Riau, Taman Nasional Bukit Tigapulu	Apr. 10, 1999	A.D.Poulsen <i>et al.</i> , 2435
4.	<i>P. sumatrensis</i>	Sumbar, Pulau Siberut, Meilepet	May 28, 2025	Fauzan <i>et al.</i> , 03
5.	<i>Plagiostachys</i> sp.	Sumbar, Lembah Anai	Apr. 23, 2024	Fauzan <i>et al.</i> , AF 01

Pengamatan Karakter Makromorfologi

Pengamatan karakter makromorfologi dilakukan terhadap material *Plagiostachys* yang diperoleh dari koleksi terbaru dan spesimen herbarium yang disimpan di Herbarium Universitas Andalas (ANDA). Pengamatan mencakup karakter vegetatif dan generatif yang dapat diamati secara langsung dan pengamatan lebih detail menggunakan stereo mikroskop. Lokasi asal material yang digunakan disajikan pada Gambar 1. Total sampel yang digunakan dalam pengamatan ini sebanyak 49 sheet spesimen dengan 16 individu yang mewakili 5 spesies (Tabel 2). Karakter-karakter yang diamati selanjutnya diseleksi untuk menentukan karakter state yang menunjukkan variasi atau perbedaan antar takson, sehingga dapat digunakan dalam analisis selanjutnya.



Gambar 1. Lokasi sampel yang digunakan untuk pengamatan karakter *Plagisotachys* di Sumatra (*Sample locations selected for observing the morphological characters observed in Plagiotachys Sumatra*) (www.indonesia-geospatial.com).

Analisis Numerik terhadap Karakter Makromorfologi dan Mikromorfologi Polen

Analisis numerik ini menggunakan individu sebagai OTU (*Operational Taxonomic Unit*). Karakter dan karakter state diamati pada organ vegetatif dan generatif tumbuhan serta serbuk sari (polen) disajikan dalam Tabel 3. Total 16 karakter diamati pada setiap spesimen, yang terdiri dari 15 karakter makromorfologi dan 1 mikromorfologi. Semua spesimen disimpan di Herbarium Universitas Andalas (ANDA), Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Andalas.

Tabel 2. Daftar OTU untuk spesies *Plagiostachys* yang digunakan dalam penelitian (*List of OTU's for the Plagiostachys species used for the studies*).

No.	Taksa (Taxa)	Nomor individu (No. of individual)	Nomor sheet spesimen (No. of sheet specimen)
1.	<i>Plagiostachys crocydocalyx</i>	1	4
2.	<i>P. mucida</i>	5	11
3.	<i>P. roseiflora</i>	1	4
4.	<i>P. sumatrensis</i>	8	20
5.	<i>Plagiostachys</i> sp.	1	7

Pengamatan dan Analisis Data

Karakter yang diamati adalah karakter mikromorfologi polen berupa unit, polaritas, apertura, ukuran, bentuk polen dan ornamentasi permukaan dinding polen. Hasil diuraikan dalam bentuk deskriptif. Terminologi yang mengacu pada Erdtman (1952), Punt *et al.* (2007), dan Hesse *et al.* (2009). Analisis data numerik menggunakan perangkat lunak PAST (*Paleontological Statistics* Versi 5.2.1). Analisis kluster menggunakan jarak taksonomi rata-rata dan metode pengelompokan UPGMA dan indeks kesamaan HAMMING untuk mengurangi pengaruh perbedaan skala pengukuran antar karakter. Selain itu, analisis *Principal Component Analysis* (PCA) juga dilakukan dengan menggunakan *product-moment correlation* sebagai koefisien. Prosedur RHO digunakan untuk menghitung matriks jarak dan PCA berdasarkan data STAND (Elcordy *et al.*, 2017).

Tabel 3. Karakter dan karakteristik yang digunakan dalam analisis numerik genus *Plagiostachys* di Sumatra (*Characters and characteristic used in numerical analysis of the genus Plagiostachys in Sumatra*).

No.	Karakter (<i>Characters</i>)	Karakteristik (<i>Characteristic</i>)
1.	Indumentum pelepah (<i>Sheath indumentum</i>)	a. Pubescent b. Glabrous
2.	Margin ligula (<i>Ligula margin</i>)	a. Ciliate b. Entire
3.	Apex ligula (<i>Ligula apex</i>)	a. Bilobed b. Rounded c. Attenuate d. Emarginate
4.	Indumentum petiole (<i>Petiole indumentum</i>)	a. Pubescent b. Glabrous c. Pilose
5.	Panjang daun (<i>Leaves long</i>)	a. 30-70 cm b. >70 cm
6.	Indumentum atas daun (<i>Leaves indumentum upper</i>)	a. Pubescent b. Glabrous c. Puberulous
7.	Indumentum bawah daun (<i>Leavis indumentum lower</i>)	a. Pubescent b. Glabrous
8.	Margin daun (<i>Leavis margin</i>)	a. Fimriate b. Ciliate
9.	Indumentum bawah tulang daun (<i>Midrib indumentum lower</i>)	a. Pubescent b. Glabrous c. Puberulous
10.	Indumentum atas tulang daun (<i>Midrib indumentum upper</i>)	a. Pubescent b. Glabrous
11.	Panjang peduncle (<i>Peduncle long</i>)	a. 1-7 cm b. 15 cm
12.	Bentuk Bractea (<i>Shape bract</i>)	a. Ovate b. Lanceolate
13.	Indumentum bractea (<i>Indumentum bract</i>)	a. Pubescent b. Glabrous c. Sericeous
14.	Bentuk buah (<i>Fruit shape</i>)	a. Globose b. Obovoid c. Ovoid d. Ovate e. Oblate
15.	Panjang organ persisten calyx pada buah (<i>Long persistent calyx of fruit</i>)	a. 2-5 mm b. 15 mm

No.	Karakter (<i>Characters</i>)	Karakteristik (<i>Characteristic</i>)
16.	Ornamentasi sexine polen (<i>Pollen ornamentation sexine</i>)	a. Echinata b. Micro-rugulate c. Psilate

HASIL

Studi Mikromorfologi Polen Genus *Plagiostachys* dari Sumatra

Pangamatan pada karakter unit, polaritas, *aperture* dari polen memperlihatkan bahwa karakter tersebut sama untuk semua jenis *Plagiostachys* (Gambar 2). Sedangkan ukuran, bentuk polen dan ornamentasi permukaan dinding polen ditemukan bervariasi pada masing-masing spesies (Tabel 4 dan Gambar 3). Edrman (1952) dan Zou *et al.* (2022) mengatakan bahwa polen pada famili Zingiberaceae adalah apolar dan mempunyai dinding polen yang tipis dan tidak terlihat *aperture* yang jelas.

Butir polen *Plagiostachys* adalah monad dimana butir polen terpisah satu sama lain. Polen genus ini bersifat apolar dimana tidak terlihat perbedaan antara sumbu polar dan ekuatorial. Genus ini tidak mempunyai *aperture* (inaperture) di mana dinding polen tidak memiliki *aperture* yang jelas. Tipe ornamentasi permukaan polen meliputi: echinate, psilate, dan micro-rugulate. Ukuran butir polen bervariasi, namun masih tergolong pada polen berukuran medium dengan ukuran berkisar sedang (26–50 μm). Deskripsi polen setiap taksa diuraikan dibawah:

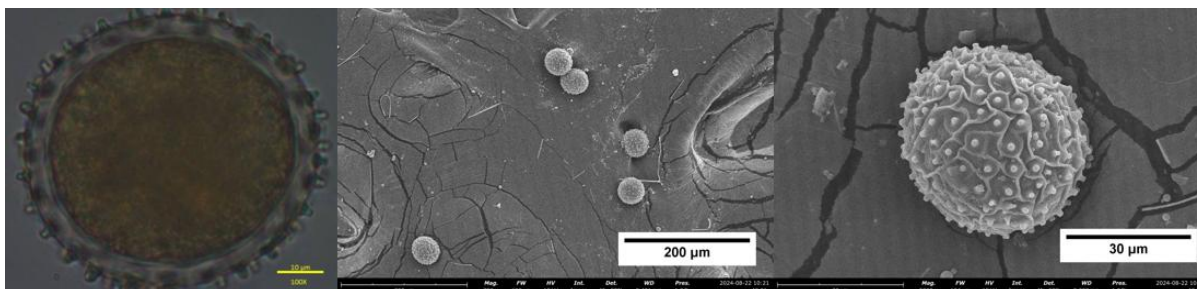
Plagiostachys crocydocalyx — Polen monad, apolar, inaperture, P/E ratio: 1,139. Rata-rata sumbu ekuatorial 33,787 (30,259–39,392) μm dan rata-rata sumbu polar 29,638 (26,913–33,523) μm yang tergolong ukuran medium. Prolate sphaeroidal. Ornamentasi *sexine* micro-rugulate. (Gambar 3, A-C).

Plagiostachys mucida — Polen monad, apolar, inaperture, P/E ratio: 1,002. Rata-rata sumbu ekuatorial 46,163 (41,268–50,642) μm dan rata-rata sumbu polar 46,0419 (42,555–49,807) μm , yang tergolong ukuran medium. Prolate sphaeroidal. Ornamentasi *sexine* echinate-reticulate (Gambar 3, D-F).

Plagiostachys roseiflora— Polen monad, apolar, inaperture, P/E ratio: 1,021. Rata-rata diameter ekuatorial 47,476 (41,295-54,556) μm dan rata-rata sumbu polar 46,456 (45,525-48,924) μm yang tergolong ukuran medium. Prolate sphaeroidal. Ornamentasi *sexine* psilate (Gambar 3, G-I).

Plagiostachys sumatrensis— Polen monad, apolar, inaperture, P/E ratio: 1,0371. Rata-rata sumbu ekuatorial 44,232 (40,16–50,523) μm dan rata-rata sumbu polar 42,8427 (39,101–46,498) μm , yang tergolong ukuran medium. Prolate sphaeroidal. Ornamentasi *sexine* echinate-reticulate (Gambar 3, J-L).

Plagiostachys sp. — Polen monad, apolar, inaperture, P/E ratio: 1,008. Rata-rata diameter ekuatorial 45,095 (41,35–47,971) μm dan rata-rata sumbu polar 44,737 (40,593–47,829) μm yang tergolong ukuran medium. Prolate sphaeroidal. Ornamentasi *sexine* echinate-reticulate (Gambar 3, M-O).

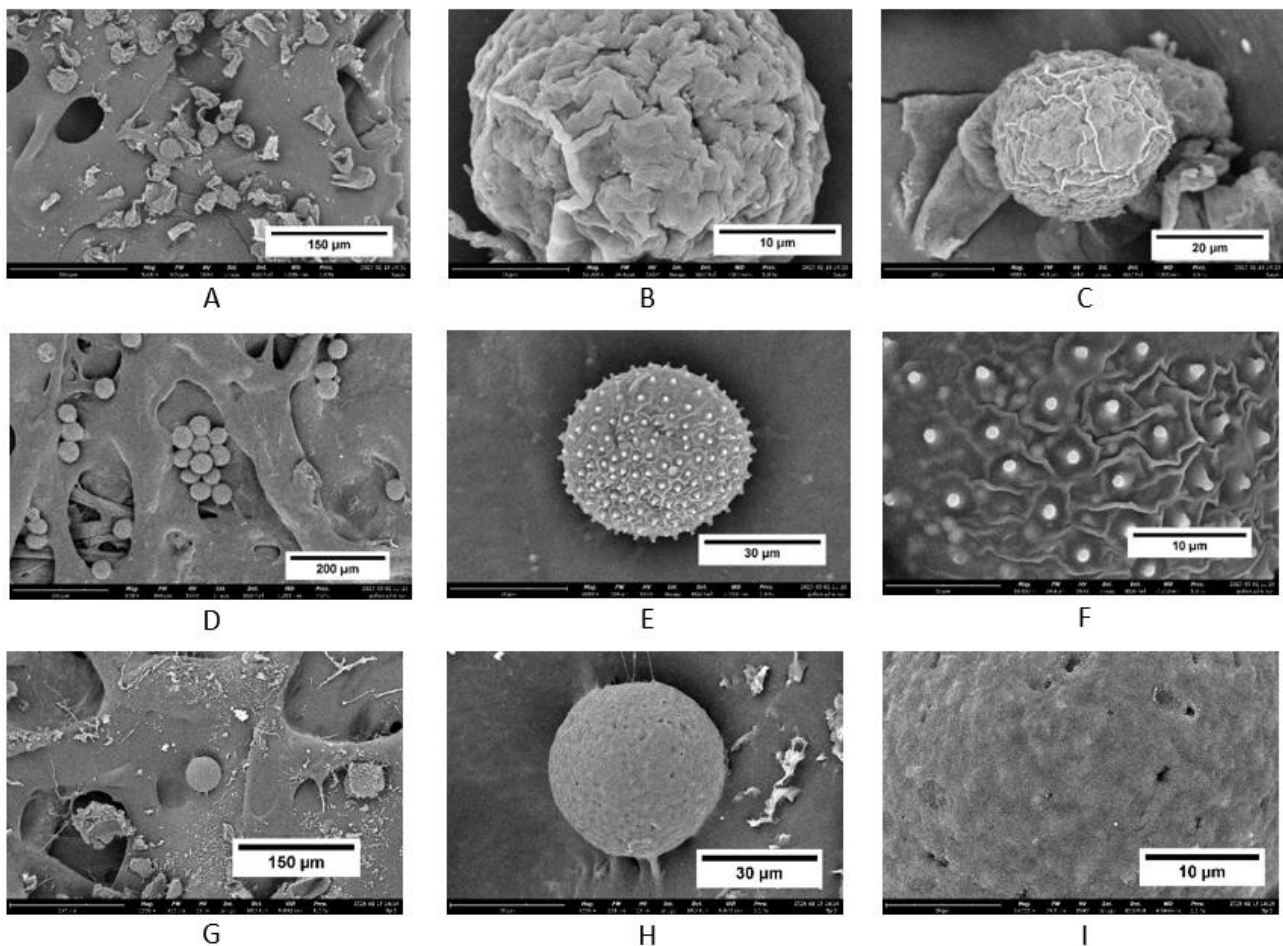


Gambar 2. Unit polen monad pada *Plagiostachys* sp. menggunakan LM dan SEM (*Pollen unit monads in Plagiostachys sp. using LM and SEM*).

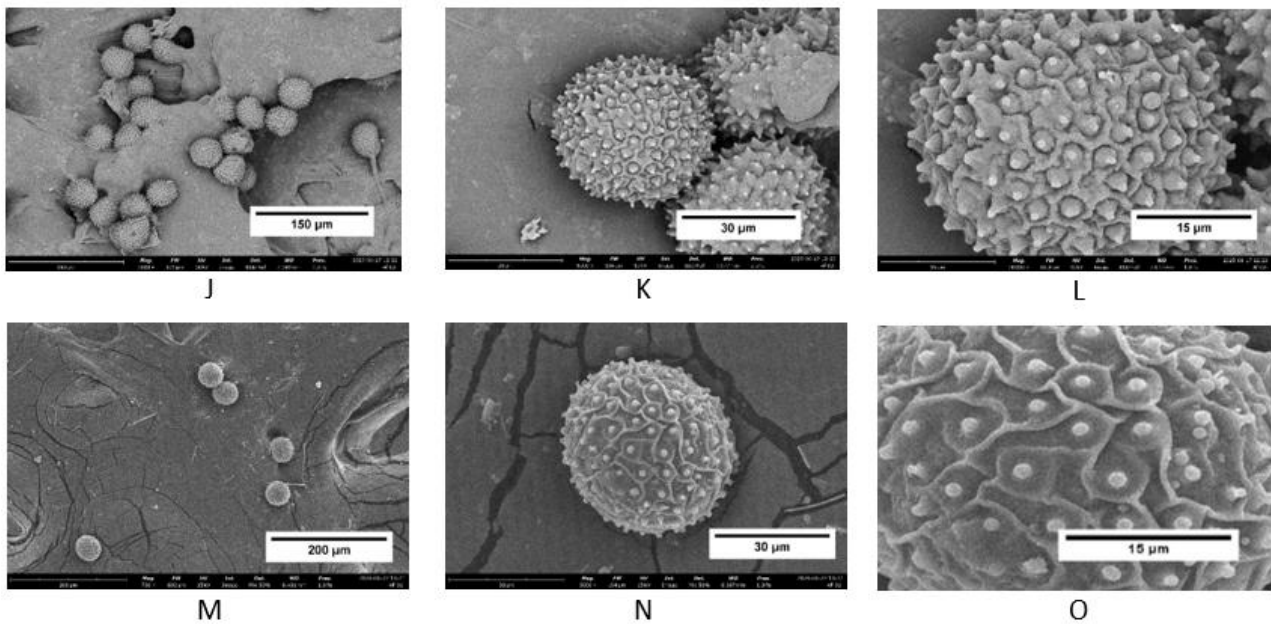
Tabel 4. Karakter Mikromorfologi polen genus *Plagiostachys* di Sumatra (*Pollen Micromorphology Characteristics of the Genus Plagiostachys in Sumatra*).

No.	Taksa (Taxa)	Rata-rata Polar (Average Polar) (μm)	Rata-rata Ekuatorial (Average Equatorial) (μm)	Rasio (Ratio) P/E (μm)	Bentuk (Shape)	Ornamentasi <i>sexine</i> (<i>Sexine</i> <i>ornamentation</i>)
1	<i>P. crocydocalyx</i>	33,787 \pm 3,0	29,638 \pm 2,4	1,139	Prolate spaheroidal	Micro-rugulate
2	<i>P. mucida</i>	46,163 \pm 1,0	46,0419 \pm 2,7	1,002	Prolate spaheroidal	Echinate- reticulate
3	<i>P. roseiflora</i>	47,476 \pm 1,0	46,456 \pm 4,9	1,021	Prolate spaheroidal	Psilate
4	<i>P. sumatrensis</i>	44,232 \pm 3,8	42,8427 \pm 2,08	1,037	Prolate spaheroidal	Echinate- reticulate
5	<i>Plagiostachys</i> sp.	45,095 \pm 1,9	44,737 \pm 2,3	1,008	Prolate spaheroidal	Echinate- reticulate

Keterangan: P/E = rasio polar dan ekuatorial; terminologmengikuti Erdtman (1952), dan Hesse *et al.* (2009) (*P/E = polar and equatorial ratio; terminology follows Erdtman (1952), and Hesse et al. (2009)*).



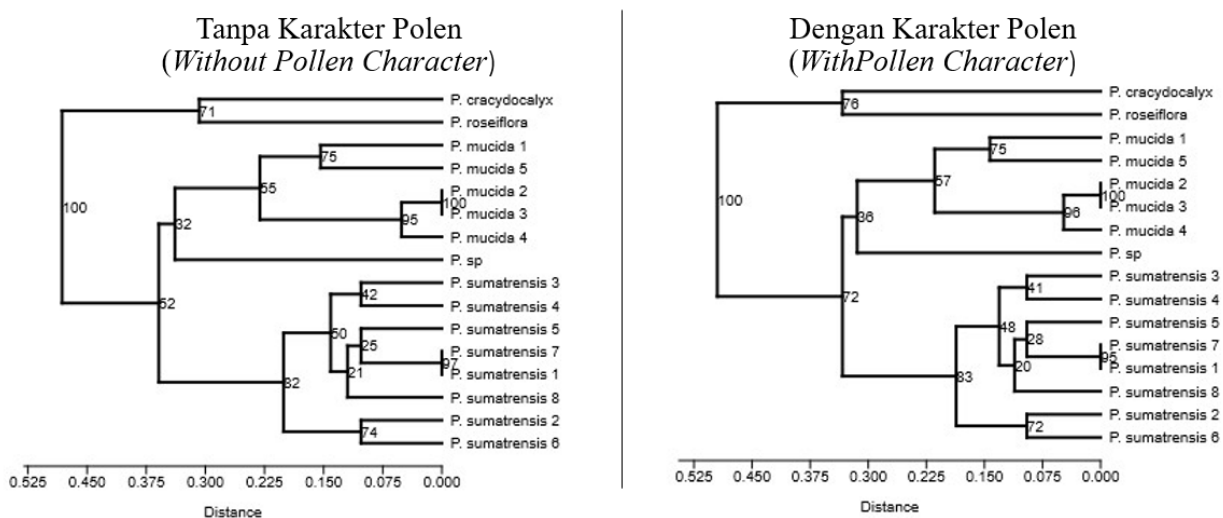
Gambar 3. Mikromorfologi *Plagiostachys* menggunakan SEM (*Micromorphology of Plagiostachys using SEM*). Ket. (*Remark*): A-C: *P. crocydocalyx*; D-F: *P. mucida*; G-I: *P. roseiflora*.



Gambar 3. Lanjutan (*Continued*).
Ket. (*Remark*): J-L: *P. sumatrensis*; dan M-O: *Plagiostachys* sp.

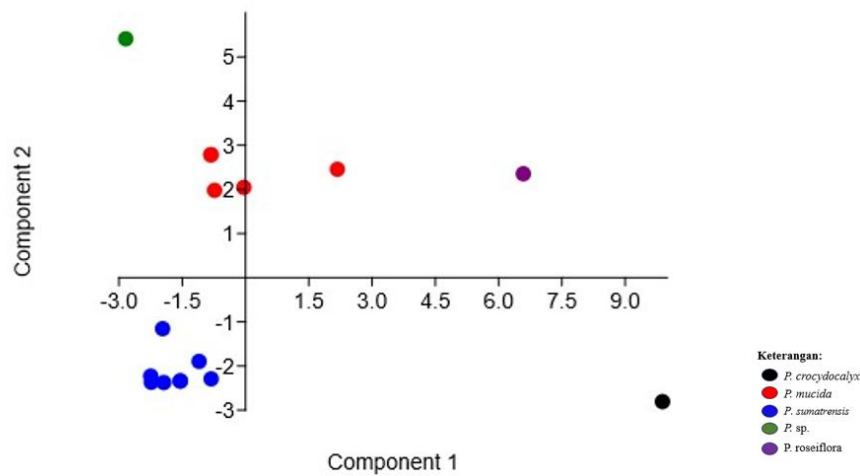
Analisis Numerik Makromorfologi dan Mikromorfologi Polen Genus *Plagiostachys* dari Sumatra

Hasil pengelompokan semua OTU dengan metode UPGMA ditampilkan pada Gambar 4. Nilai korelasi kofenetik antara matriks jarak dan matriks pohon sebesar 0,8954 untuk dendrogram tanpa karakter polen dan 0,9144 untuk dendrogram dengan karakter polen yang menunjukkan bahwa dendrogram yang dihasilkan memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik dengan matriks jarak (Rohlf, 1990). Dua kelompok dihasilkan dari analisis tersebut, yaitu kelompok A dan B. Kelompok A terdiri dari dua spesies yaitu *P. crocydocalyx* dan *P. roseiflora*, kemudian kelompok B terbagi menjadi 2 subkelompok: subkelompok I terdiri dari seluruh individu *P. mucida* dan *Plagiostachys* sp. sedangkan subkelompok II terdiri dari seluruh individu *P. sumatrensis*.

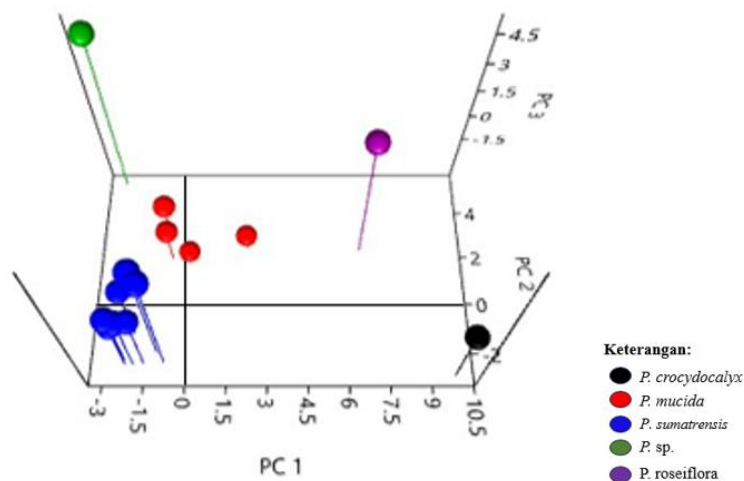


Gambar 4. Dendrogram UPGMA dari *Plagiostachys* yang menunjukkan hubungan antar OTU (*Dendrogram UPGMA of Plagiostachys showing relationships between OTU's*).

Plot sebar lima OTU *Plagiostachys* pada dua komponen utama pertama hasil analisis PCA (Gambar 5). Komponen utama pertama (PC 1) menjelaskan 28,594% variasi dan komponen utama kedua (PC 2) menjelaskan 17,406% serta komponen utama ketiga (PC3) menjelaskan 13,326% variasi, dengan total kontribusi sebesar 59,326%.



Gambar 5. Plot sebar lima OTU spesies *Plagiostachys* berdasarkan komponen utama pertama dan kedua (*Scatter plot of five OTUs of Plagiostachys species based on the first and second principal components*).



Gambar 6. Analisis komponen utama spesies *Plagiostachys* menjelaskan 59,326% variasi (*Principal component analysis of Plagiostachys species explaining 59,326% of the variation*).

Tabel 5. Karakter vegetatif dan generatif pada tiga sumbu koordinat utama pertama dengan nilai pemuatan faktor tertinggi. Nilai pemuatan faktor $\geq \pm 0,6$ ditandai dengan yang ditulis tebal. Persentase total variasi untuk tiga komponen utama pertama adalah 59,326%. (*Vegetative and generative characteristics on the first three main coordinate axis with the highest factor loading values. Factor loading values $\geq \pm 0.6$ are indicated in bold. The total percentage of variance for the first three principal components is 59.326%.*)

No.	Karakter (Character)	PC 1	PC 2	PC 3
		Nilai eigen (Eigen value): 12,0095 Variabilitas (Variability): 28,594%	Nilai eigen (Eigen value): 7,31038 Variabilitas (Variability): 17,406%	Nilai eigen (Eigen value): 5,59687 Variabilitas (Variability): 13,326%
1.	Indumentum pelepah (<i>Sheath indumentum</i>) pubescent	-0,25	-0,04	0,004
2.	Indumentum pelepah (<i>Sheath indumentum</i>) glabrous	0,25	0,04	-0,004
3.	Margin ligula (<i>Ligula margin</i>) ciliate	0,06	-0,19	-0,23
4.	Margin ligula (<i>Ligula margin</i>) entire	-0,06	0,19	0,23
5.	Apex ligula (<i>Ligula apex</i>) bilobed	-0,03	-0,004	-0,16
6.	Apex ligula (<i>Ligula apex</i>) rounded	0,03	-0,15	0,07
7.	Apex ligula (<i>Ligula apex</i>) attenuate	0,04	0,08	-0,15
8.	Apex ligula (<i>Ligula apex</i>) emarginate	-0,06	0,19	0,23
9.	Indumentum petiole (<i>Petiole indumentum</i>) pilose	-0,0008	0,07	-0,17
10.	Indumentum petiole (<i>Petiole indumentum</i>) pubescent	-0,23	-0,08	0,10
11.	Indumentum petiole (<i>Petiole indumentum</i>) glabrous	0,25	0,04	-0,004
12.	Panjang daun (<i>Leaves long</i>) 30-70 cm	-0,26	0,01	-0,10
13.	Panjang daun (<i>Leaves long</i>) >70 cm	0,26	-0,01	0,10
14.	Indumentum atas daun (<i>Leaves indumentum upper</i>) pubescent	0,01	-0,25	0,02
15.	Indumentum atas daun (<i>Leaves indumentum upper</i>) glabrous	0,01	0,32	-0,08
16.	Indumentum atas daun (<i>Leaves indumentum upper</i>) puberulous	-0,04	-0,12	0,09
17.	Indumentum bawah daun (<i>Leavis indumentum lower</i>) pubescent	0,14	0,02	0,18
18.	Indumentum bawah daun (<i>Leavis indumentum lower</i>) pubescent glabrous	-0,03	0,31	-0,16
19.	Margin daun (<i>Leavis margin</i>) fimriate	0,18	-0,09	0,22
20.	Margin daun (<i>Leavis margin</i>) ciliate	-0,18	0,09	-0,22
21.	Indumentum bawah tulang daun (<i>Midrib indumentum lower</i>) glabrous	0,17	0,20	-0,20
22.	Indumentum bawah tulang daun (<i>Midrib indumentum lower</i>) pubescent	-0,14	-0,30	0,08
23.	Indumentum bawah tulang daun (<i>Midrib indumentum lower</i>) puberulous	-0,06	0,19	0,23
24.	Indumentum atas tulang daun (<i>Midrib indumentum upper</i>) glabrous	0,17	0,20	-0,20
25.	Indumentum atas tulang daun (<i>Midrib indumentum upper</i>) pubescent	-0,17	-0,20	0,20
26.	Panjang peduncle (<i>Peduncle long</i>) 1-7 cm	-0,21	0,10	0,01
27.	Panjang peduncle (<i>Peduncle long</i>) 10 cm	0,21	-0,10	-0,01
28.	Bentuk braktea (<i>Shape bract</i>) ovate	-0,02	-0,07	-0,36
29.	Bentuk braktea (<i>Shape bract</i>)	0,02	0,07	0,36

No.	Karakter (<i>Character</i>)	PC 1	PC 2	PC 3
		Nilai eigen (<i>Eigen value</i>): 12,0095 Variabilitas (<i>Variability</i>): 28,594%	Nilai eigen (<i>Eigen value</i>): 7,31038 Variabilitas (<i>Variability</i>): 17,406%	Nilai eigen (<i>Eigen value</i>): 5,59687 Variabilitas (<i>Variability</i>): 13,326%
	lanceolate			
30.	Indumentum braktea (<i>Indumentum bract</i>) glabrous	0,02	0,27	0,14
31.	Indumentum braktea (<i>Indumentum bract</i>) pubescent	0,02	-0,20	-0,06
32.	Indumentum braktea (<i>Indumentum bract</i>) sericeus	0,06	-0,08	-0,07
33.	Bentuk buah (<i>Fruit shape</i>) globose	-0,07	0,21	0,06
34.	Bentuk buah (<i>Fruit shape</i>) obovoid	1,10	-0,05	-0,03
35.	Bentuk buah (<i>Fruit shape</i>) ovoid	-0,06	-0,09	-0,008
36.	Bentuk buah (<i>Fruit shape</i>) ovate	-0,04	-0,08	-0,007
37.	Bentuk buah (<i>Fruit shape</i>) oblate	-0,04	-0,08	-0,04
38.	Panjang organ persisten calyx pada buah (<i>Long persistent calyx of fruit</i>) 2-5 mm	-0,21	0,10	0,01
39.	Panjang organ persisten calyx pada buah (<i>Long persistent calyx of fruit</i>) 15 mm	0,21	-0,10	-0,01
40.	Ornamentasi <i>sexine</i> polen (<i>Pollen ornamentation sexine</i>) echinate-reticulate	-0,26	0,01	-0,10
41.	Ornamentasi <i>sexine</i> polen (<i>Pollen ornamentation sexine</i>) psilate	0,21	-0,10	-0,01
42.	Ornamentasi <i>sexine</i> polen (<i>Pollen ornamentation sexine</i>) micro-rugulate	0,14	0,08	0,15

PEMBAHASAN

Karakter polen telah digunakan sebagai karakter pendukung pada beberapa taksa pada famili Zingiberaceae (Theilade *et al.*, 1993; Saensouk *et al.*, 2009; Mohamad *et al.*, 2023). Walaupun secara umum pada level famili mempunyai karakter polen yang mempunyai kemiripan yang tinggi, namun setidaknya beberapa genus atau spesies mempunyai polen yang unik sehingga memperlihatkan kepentingan taksonomi yang sangat berarti. Karakter ornamentasi dinding polen seringkali ditemukan bervariasi dan unik pada beberapa taksa didalam famili ini.

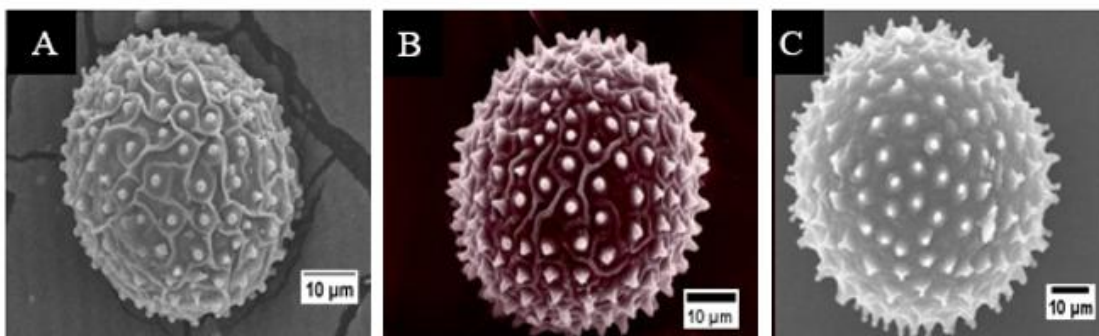
Plagiostachys dikenal sebagai genus yang stenopalynous, yaitu memiliki variasi mikromorfologi polen yang sempit (Halbritter *et al.*, 2018). Mikromorfologi butir polen antar spesies sangat mirip, terutama dalam hal ukuran, unit polen monad, dan ornamentasi yang berdur. Hasil ini sejalan dengan temuan Zou *et al.* (2022), dari 1 polen dari genus *Plagiostachys* yang diamati mempunyai karakter polen apolar dan sferoidal; inaperturate; ukuran = 55,64 (49,21-59,77), 51,37 (47,94-54,01) μm ; eksin sangat tipis dan terputus-putus di sekitar bulir, intin lebih tebal daripada eksin dan ornamentasi permukaannya echinate.

Berdasarkan tabel 4, ukuran polen *Plagiostachys* dari Sumatra yang ditemukan dalam studi ini berkisar antara 33,8-47,5 μm pada sumbu polar dan 29,6-46,5 μm pada sumbu ekuatorial. Ukuran butir polen sebagian besar spesies yang diteliti saling tumpang tindih, meskipun demikian *P. mucida* mempunyai rata-rata P/E paling kecil dengan ukuran 1,002 μm dan *P. crocydocalyx* dengan rata-rata terbesar dengan ukuran 1,139 μm . Menurut Erdtman (1952) dan Hesse (2009) ukuran ini termasuk ke dalam kategori polen medium. Secara umum puak Alpinieae mempunyai kategori ukuran polen medium seperti yang juga dimiliki polen dari genus *Amomum* dan *Cornukaempferia* (Kaewsri, 2007; Saensouk, 2009). Selanjutnya, ukuran polen *Plagisotachys* yang ditemukan pada studi ini lebih kecil dari polen genus *Hornstedtia* dengan ukuran 73,2-86,71 pada sumbu polar dan 57,12-73,38 pada sumbu ekuatorial (Nurainas, 2011) yang termasuk kedalam kategori polen besar.

Bentuk polen dari genus ini umumnya adalah prolate spheroidal, meskipun beberapa spesies seperti *P. mucida* menunjukkan kecenderungan ke arah bentuk subprolate. Namun, bentuk polen yang ditemukan pada spesies ini tidak sepenuhnya sempurna, kemungkinan besar disebabkan oleh perlakuan asetolisis. Erdtman (1952) menyatakan bahwa *exine* pada famili Zingiberaceae biasanya tipis dan kurang tahan terhadap proses asetolisis, sehingga serbuk sari dari famili ini mudah mengalami perubahan bentuk selama proses hidrasi dan/atau fiksasi. Selain itu, sumber material serbuk sari untuk jenis ini diperoleh dari spesimen kering sehingga memengaruhi bentuk akhir yang diamati, karena proses preparasi pada spesimen kering dapat menyebabkan distorsi mikromorfologi polen.

Ornamentasi permukaan polen merupakan karakter yang banyak digunakan dalam taksonomi. *Plagiostachys* mempunyai tiga bentuk ornamentasi yakni echinate-reticulate, micro-rugulate dan psilate. Menurut Erdtman (1952) Zingiberaceae pada umumnya mempunyai polen spinuliferous, rugulate dan psilate. Ornamentasi polen echinate juga ditemukan pada beberapa spesies dalam genus terdekatnya yakni *Alpinia* (Nurainas *et al.*, 2019) dan *Amomum* (Kaewsri, 2007). Pada level spesies karakter ornamentasi polen berkontribusi untuk melengkapi klasifikasi *P. crocydocalyx* dan *P. roseiflora* dengan spesies lainnya. *Plagiostachys crocydocalyx* mempunyai ornamentasi micro-rugulate dan *P. roseiflora* mempunyai ornamentasi psilate sedangkan spesies lainnya mempunyai ornamentasi echinate-reticulate.

Pada tingkat taksa yang lebih tinggi, dukungan karakter polen juga terlihat pada level tribe. Smith (1985) mengelompokkan *Plagiostachys* bersama *Amomum*, *Etilingera*, *Boesenbergia*, *Elettariopsis*, *Elettaria*, dan *Geostachys* ke dalam tribe Alpinieae. Sejarah taksonomi menunjukkan bahwa *Plagiostachys* awalnya dideskripsikan dari genus *Amomum* (*Amomum laterale*), namun Holttum (1950), menekankan bahwa karakter makromorfologinya lebih mirip dengan *Alpinia* dibandingkan *Amomum*. Hal ini sejalan dengan analisis filogenetik berbasis molekuler yang menempatkan *Plagiostachys* dalam klade yang sama dengan *Alpinia* (Kress *et al.*, 2002, 2005; Boer *et al.*, 2018). Hasil analisis polen juga menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi antara ketiga genus, meskipun ornamentasi polen *Plagiostachys* lebih menyerupai *Amomum*, yaitu bertipe echinate-reticulate (Gambar 5).



Gambar 7. Perbandingan polen dari genus *Plagiostachys*, *Amomum* dan *Alpinia*. A. Echinete-reticulate pada *Plagiostachys* sp.; B. Echinete-reticulate pada *Amomum siamense* (Kaewsri & Paisooksantivatana, 2007); C. Echinete-psilate pada *Alpinia rafflesiana* (Nurainas *et al.*, 2019). (Comparison of pollen from the genera *Plagiostachys*, *Amomum*, and *Alpinia*. A. Echinete-reticulate on *Plagiostachys* sp.; B. Echinete-reticulate on *Amomum siamense* (Kaewsri & Paisooksantivatana, 2007); C. Echinete-psilate on *Alpinia rafflesiana* (Nurainas *et al.*, 2019).

Analisis taksonomi numerik dilakukan untuk pengelompokkan secara numerik karakter morfologi. Hal ini bertujuan untuk menganalisis signifikansi dari karakter mikromorfologi polen pada pengelompokkan *Plagiostachys* secara numerik. Semua karakter telah diberi skor yang sama dan dianalisis dengan metode numerik (UPGMA dan PCA. Analisis UPGMA memberikan informasi tentang tingkat kemiripan antar OTU dan pengelompokan/klaster. Analisis PCA mencerminkan karakter-karakter penting pada setiap sumbu, dan menunjukkan karakter signifikan berdasarkan nilai faktor *loading* tertinggi.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan kesesuaian antara pengelompokan menggunakan UPGMA dan analisis PCA, di mana dua kelompok utama dihasilkan dari analisis tersebut, yaitu kelompok A dan B. Kelompok A terdiri dari dua spesies yaitu *P. crocydocalyx* dan *P. roseiflora*, kemudian kelompok B terbagi menjadi 2 subkelompok: subkelompok I terdiri dari seluruh individu *P. mucida* dan *Plagiostachys* sp., sedangkan subkelompok II terdiri dari seluruh individu *P. sumatrensis*. Struktur pengelompokan ini konsisten baik pada analisis yang hanya menggunakan karakter makromorfologi maupun pada analisis yang menggabungkan karakter makromorfologi dan mikromorfologi polen.

Konsistensi hasil pengelompokan tersebut menunjukkan bahwa karakter makromorfologi utama pada *Plagiostachys* memiliki daya pisah yang cukup kuat, sehingga penambahan karakter mikromorfologi polen tidak mengubah struktur klaster secara signifikan. Hal ini diduga disebabkan oleh kemiripan karakter polen antar spesies yang relatif homogen di dalam genus. Menurut Hesse *et al.* (2009), variasi pada ornamentasi *sexine*, ukuran, dan bentuk polen sering kali bersifat stabil pada tingkat genus maupun spesies. Kondisi tersebut menyebabkan kontribusi variasi polen terhadap matriks jarak menjadi kecil, sehingga tidak memengaruhi hasil pengelompokan secara keseluruhan.

Meskipun demikian, karakter mikromorfologi polen bersifat memperkuat hubungan taksonomi antar OTU. Setelah karakter polen dimasukkan, nilai *bootstrap* meningkat pada percabangan subkelompok I dan subkelompok II. Awalnya nilai *bootstrap* pada percabangan tersebut adalah 52, namun Ketika karakter mikromorfologi polen dimasukkan, nilai *bootstrap*-nya meningkat menjadi 72. Begitupun dengan percabangan antara *P. crocydocalyx* dan *P. roseiflora* yang nilai *bootstrap*-nya meningkat dari 71 ke 76. Menurut Felsenstein (1985), nilai *bootstrap* merepresentasikan tingkat kepercayaan statistik terhadap percabangan klaster yang terbentuk, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kestabilan struktur klaster yang lebih kuat. Selanjutnya, Hillis & Bull (1993) menyatakan bahwa nilai *bootstrap* $\geq 70\%$ umumnya dianggap mencerminkan dukungan yang kuat terhadap suatu kelompok dalam analisis kladistik maupun fenetik..

Analisis komponen utama (PCA) yang dilakukan terhadap 16 OTU *Plagiostachys* memperlihatkan bahwa tiga komponen utama pertama mampu menjelaskan 59,326% dari total variasi yang diamati. Komponen utama pertama (PC 1) dipengaruhi secara dominan oleh karakter indumentum pelepah, indumentum petiole, panjang daun, panjang peduncle, panjang organ persisten calyx pada buah, serta ornamentasi *sexine* polen. Nilai *loading* yang tinggi pada karakter-karakter tersebut menunjukkan bahwa PC 1 memisahkan spesies dengan perbedaan morfologi paling mencolok, terutama *P. crocydocalyx* yang memiliki nilai PC 1 tertinggi dan karakter vegetatif serta generatif yang khas. Komponen utama kedua (PC 2) terutama dipengaruhi oleh indumentum pada permukaan daun bagian atas dan bawah serta indumentum braktea, yang berperan dalam pemisahan antara *P. mucida* (kuadran positif PC 2) dan *P. sumatrensis* (kuadran negatif PC 2). Sementara itu, PC 3 menonjolkan pengaruh dari margin ligula, margin daun, dan bentuk braktea yang menunjukkan variasi intraspesifik antar individu spesies. Hal ini dapat dilihat dari nilai *loading* yang jaraknya cukup jauh contohnya pada *P. sumatrensis* individu 2 dengan *P. sumatrensis* individu 6. Berdasarkan sebaran individu pada plot PCA, terlihat adanya tiga kelompok utama: (1) *P. mucida* dan *Plagiostachys* sp. yang berkelompok rapat menunjukkan kedekatan kekerabatan; (2) *P. sumatrensis* yang membentuk kelompok tersendiri; serta (3) *P. crocydocalyx* dan *P. roseiflora* yang terpisah jauh di sepanjang PC 1.

Secara keseluruhan, hasil PCA ini mendukung pola pengelompokan UPGMA, di mana kombinasi karakter vegetatif (panjang daun, indumentum, braktea), generatif (bentuk buah, organ persisten), dan mikromorfologi polen berkontribusi penting dalam memperkuat hubungan kekerabatan antar individu spesies *Plagiostachys* di Sumatera Barat. Dengan demikian, hasil PCA menunjukkan bahwa kombinasi karakter makromorfologi dan mikromorfologi polen mampu mempertegas pemisahan spesies dalam genus *Plagiostachys*.

KESIMPULAN

Mikromorfologi polen *Plagiostachys* dari Sumatera dilaporkan secara sistematis untuk pertama kalinya dalam penelitian ini. Karakter mikromorfologi polen dari lima spesies *Plagiostachys* di Sumatra, yaitu *P. crocydocalyx*, *P. roseiflora*, *P. sumatrensis*, dan *Plagiostachys* sp. meliputi polen tergolong ke dalam kelompok polen berukuran medium, unit polen monad dengan bentuk prolate sphaeroidal, apolar dan ornamentasi permukaan adalah echinate-reticulate, micro-rugulate dan psilate. Karakter mikromorfologi polen mendukung bahwa *Plagiostachys* merupakan anggota dari subfamili Alpinioideae, dan mempunyai kemiripan polen yang tinggi dengan genus *Amomum*.

Hasil analisis numerik menggunakan metode UPGMA dan PCA menunjukkan pola pengelompokan yang konsisten, di mana spesies *Plagiostachys* dari Sumatra terpisah menjadi dua kelompok utama. Analisis yang hanya menggunakan karakter makromorfologi menghasilkan tingkat kesamaan yang relatif lebih rendah. Namun, ketika karakter polen turut dimasukkan dalam analisis, pola pengelompokan menjadi lebih jelas dan kuat. Keselarasan antara hasil analisis UPGMA dan PCA menunjukkan bahwa integrasi karakter polen dengan karakter morfologi dapat meningkatkan kejelasan dalam pengelompokan spesies, sekaligus memberikan dasar yang lebih kuat untuk memahami hubungan kekerabatan dalam genus *Plagiostachys*. Hasil analisis ini juga mengindikasikan adanya potensi pengelompokan lebih lanjut di bawah tingkat genus. Meskipun demikian, penambahan jumlah spesies yang dianalisis serta dukungan bukti lain masih diperlukan untuk memperkuat kesimpulan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Andalas melalui Penelitian Skripsi Sarjana, atas nama Nurainas dengan (Grant No. 213/UN16.19/PT.01.03/PSS/2024). Ucapan terimakasih kami sampaikan untuk Laboratorium Lembaga Ilmu Hayati, Teknik dan Rekayasa Universitas Airlangga dan Laboratorium Sentral Universitas Andalas untuk bantuannya dalam preparasi material dan pemotretan menggunakan SEM.

KONTRIBUSI PENULIS

NA: Menentukan metodologi, perangkat lunak, analisis formal, investigasi, kurasi data; NS: Membuat konsep penelitian, menentukan metodologi, perolehan dana, penulisan draft asli; MM: sumber daya, pengawasan, peninjauan dan penyuntingan; AF: Investigasi, pengumpulan material penelitian; SS: Konseptualisasi, sumber daya, pengawasan, peninjauan dan penyuntingan; AT: Analisis data taksonomi numerik.

REFERENSI

- Ardiyani, M. 2015. A new species of Zingiber (Zingiberaceae) from Enggano Island, Indonesia. *Reinwardtia* 14(2), pp.307-310.
- Blackmore, S., Wortley, A. H., Skvarla, J. J., and Rowley, J. R. (2007). Pollen Wall Development in Flowering Plants. *New Phytologist*, 174(3), pp.483–498.
- Boer, De. H. J., Newman, M., Poulsen, A. D., Leong-Škorničková, J., Droop, A. J., Fér, T., Hièn, L. T. T., Hlavatá, K., Lamxay, V., Richardson, J. E., and Steffen, K. 2018. Convergent Morphology in Alpinieae (Zingiberaceae): Recircumscribing *Amomum* as a Monophyletic Genus. *Taxon*, 67(1), pp.6–36.
- Chen J & Xia NH 2011. Pollen Morphology of Chinese *Curcuma* L. and *Boesenbergia* Kuntz (Zingiberaceae): Taxonomic Implications. *Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(5), pp.458–467.
- Droop, A.J. & M.F Newman. 2014. A Revision of *Amomum* (Zingiberaceae) in Sumatra. *Edinburgh Journal of Botany*, 71(2), pp.193-258.
- Elcordy, A., and Faried A. 2017. Pollen Morphology and Numerical Analysis of *Tamarix* L. (Tamaricaceae) in Egypt and its Systematic Implication. *Bangladesh J. Plant Taxon*, 24(1), pp.91-105.

- Erdtman G. 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiospermae (An Introduction to Palynology, I)*. Almqvista & Wiksell, Stockholm.
- Faegri, K., and Iversen, J. 1989. *Textbook of Pollen Analysis (4th ed.)*. Wiley.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the Bootstrap. *Evolution*, 39(4), pp.783–791.
- GBIF Secretariat: GBIF Backbone Taxonomy. <https://doi.org/10.15468/39omei> Accessed via <https://www.gbif.org/species/5284517> [07 March 2026]
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M., & Frosch-Radivo, A. 2018. *Pollen Morphology and Ultrastructure*. In: Illustrated Pollen Terminology. Springer, Cham.
- Hesse M, H Halbritter, R Zetter, M Weber, R Bucher, A Frosch-Radivo and S Ulrich. 2009. *Pollen Terminology, An Illustrated handbook*. Springer, Cham.
- Hillis, D. M., and Bull, J. J. 1993. An Empirical Test of Bootstrapping as a Method for Assessing Confidence in Phylogenetic Analysis. *Systematic Biology*, 42(2), pp.182–192.
- Holttum, R. E. 1950. *The Zingiberaceae of the Malay Peninsula. The Gardens' Bulletin, Singapore*, 13(1), pp.1–249.
- Huang, X., Wu, R., Xiong, Z., and Ma, Z. 2023. Pollen Morphology of *Clorodendrum* L. (Lamiaceae) From China and its Systematic Implications. *PhytoKeys*, 235, pp.53-68.
- Julius, A., Suleiman, M., and Takano, A. 2008, Preliminary molecular phylogeny of Bornean *Plagiostachys* (Zingiberaceae) based on DNA sequence data of internal transcribed spacer (ITS). *Journal of Tropical Biology and Conservation*, 4(1). pp.67-80.
- Kaewsri W and Y Paisooksantivatana. 2007. Morphology and Palynology of *Amomum* Roxb. In Thailand. *Gardens' Bulletin Singapore*, 59 (1&2), pp.105-112.
- Kajornjit, Pornpun., Saensouk, Surapon., and Saensouk, Piyaporn. 2018. Pollen Morphology and Leaf Anatomy of Genus *Globba* in Thailand. *ScienceAsia*, 44, pp.146-161.
- Kloss, C. B. 1926. *Spolia Mentawiensia*. Bulletin of Miscellaneous Information, Royal Botanic Gardens, Kew 1926: 56–94. ISSN: 0366-3670.
- Kress, W.J., Prince, L.M., and Williams K.J. 2002. The Phylogeny and A New Classification of The Gingers (Zingiberaceae): Evidence from Molecular Data. *American Journal of Botany*, 89(11), pp.1682-1696
- Kress W.J., Liu, A. Newman, M., and Li, Qing-Jun. 2005. The Molecular Phylogeny of *Alpinia* (Zingiberaceae): a Complex and Polyphyletic Genus of Gingers. *American Journal of Botany*, 92(1), pp.167-178.
- Lamb A., Gobilik J., Ardiyani M., Poulsen A.D. 2013. *A Guide to Gingers of Borneo*. Natural History Publications (Borneo), pp.1-144.
- Maulidah, R., S.E. Fitri and D. Arbain. 2019. Two new records of *Alpinia* Roxb.(Zingiberaceae) in Sumatra, Indonesia and phylogenetic relationship to their allied species. *Check List*, 15(1): pp.1-9.
- Mohamad, S., Meekiong, K., and Sedek, A. S. 2023. Preliminary Study of the Pollen Morphology of Malaysian Zingiberaceae (tribe Alpinieae) and the Taxonomic relationship. *Reinwardtia* 22(2), pp.91–102
- Newman M, A Lhuillier and AD Poulsen. 2004. Checklist of the Zingiberaceae of Malesia. *Blumea Supplement*, pp.1-166.
- Nurainas, Syamsuardi and A. Arbain. 2011. Morfologi Polen Marga *Hornstedia* Retz. (Zingiberaceae). *Berita biologi*, 10(5), pp.649–654.
- Nurainas & D. Arbain. 2017. A new species and a new record of Zingiberaceae from Sumatra, Indonesia. *Taiwania*, 6(3), pp.294-298.
- Nurainas., Fitri, S.E., and Arbain D. 2019. *Pollen Morphology of Alpinia (Zingiberaceae) from West Sumatera, Indonesia and Its Systematic Implication*. In: Asian Zingiberales: Resume & Prospects, Prof. M. Sabu Commemoration Volume. Prabhukumar, K. M., Thomas, V. P. Hareesh, V. S., and Mathew Dan (Eds.). Bishen Singh Mahendra Pal Singh, New Delhi.

- Nurainas, N., Zulaspita, W., Febriamansyah, T. A., Syamsuardi, S., & Poulsen, A. D. 2024. A recircumscription of *Geocharis* (Zingiberaceae) as a result of the discovery of a new species in Sumatra, Indonesia. *PhytoKeys*, 244, pp.15-22.
- POWO. 2024. Plants of the World Online. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:328396-2>. Accessed on: 20 Desember 2024.
- POWO. 2026. Plants of the World Online. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:328396-2>. Accessed on: 07 March 2026.
- Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S., and Le Thomas. A. 2007. Glossary of Pollen and Spore Terminology. *Review of Paleobotany and Palinology*, 143(1-2), pp.1-81.
- Rahmi, N., Nurainas, & Syamsuardi. 2023. Diversity, distribution of the ginger family (Zingiberaceae) in West Sumatra based on herbarium specimens and its potency for genetic resources essential oil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1255(1), p.012030.
- Rinaldi, A.Z.S., Nurainas., and Syamsuardi. 2024. Morphology and Palynology of The Genus *Kaempferia* L. (Kencur) From West Sumatera. *Floribunda*. 7(5), pp.202-210.
- Rohlf, F. J. 1990. Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*.21(1), pp.299–316.
- Saensouk, P., P Chantaranothai and P Theerakulpisut. 2009. Pollen Morphology of the Genus *Cornukaempferia* (Zingiberaceae) in Thailand. *Journal of Systematic and Evolution*. 47(2), pp.139-143.
- Smith RM. 1985. A review of Bornean Zingiberaceae: 1 (Alpinieae). *Notes from the Royal Botanical Garden Edinburgh*, 42, pp.295-314.
- Stuessy TF. 1994. *Case Studies in Plant Taxonomy*. Exercise in Applied Pattern Recognition. Columbia University Press. New York.
- Takano, A., Julius, A., and Mohamed, M. 2009. First report of flexistyly in *Plagiostachys* (Zingiberaceae). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*, 60(1), pp.56–59.
- Theilade I, ML Maersk-Moller, J Theilade and K Larsen. 1993. Pollen Morphology and Structure of *Zingiber* (Zingiberaceae). *Grana* 32, pp.338-342.
- Zou, Pu., Newman, M., and Liao J.P. 2022. Systematics of Zingiberaceae. *Grana*, 61(6), pp.448–470.