



KERAGAMAN SERBUK SARI PADA TUMBUHAN LEGUM DI KAMPUS IPB, DRAMAGA, BOGOR

POLLEN DIVERSITY IN LEGUMES AT THE CAMPUS OF IPB, DRAMAGA, BOGOR

Tiarana Brilyanita, Nunik Sri Ariyanti, Nina Ratna Djuita*

Departemen Biologi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Jl. Agatis, Kampus Dramaga, 16620, Bogor

*Corresponding author: ninadj@apps.ipb.ac.id

Naskah Diterima: 22 Desember 2022; Direvisi: 27 Juli 2023; Disetujui: 19 September 2023

Abstrak

Morfologi serbuk sari dapat dipakai untuk identifikasi tumbuhan, sumber bukti taksonomi, dan diterapkan dalam banyak disiplin ilmu. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan ciri morfologi serbuk sari yang berasal dari tumbuhan legum. Sampel serbuk sari diperoleh dari bunga yang dikoleksi di area kampus. Koleksi bunga dilakukan dengan metode jelajah di kawasan kampus IPB, Dramaga. Sampel serbuk sari yang akan diamati dibuat dengan metode asetolisis. Pengukuran morfologi polen dihitung berdasarkan sumbu polar dan ekuatorial dalam skala mikrometer. Ciri morfologi serbuk sari yang diteliti meliputi bentuk, unit serbuk sari, tipe *aperture*, ukuran, indeks P/E, dan ornamentasi eksin. Serbuk sari diamati dengan mikroskop majemuk Olympus (CX-33) yang dilengkapi kamera indomikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk serbuk sari pada legum ada dua macam yaitu *circular* dan *circular oval*. Ukuran serbuk sari beragam dari sangat kecil sampai sangat besar. Serbuk sari memiliki indeks P/E > 1,00. Tipe *aperture* meliputi *monoporate*, *triporate*, *tetraporate*, *tricolpate*, dan *tricolporate*. Ornamentasi eksin yang dijumpai berupa *scabrate*, *reticulate*, dan *psilate*. Serbuk sari yang diamati pada penelitian ini menggambarkan morfologi yang khas sehingga dapat dijadikan karakter tambahan dalam mengidentifikasi tumbuhan legum.

Kata Kunci: *Aperture*; Asetolisis; Bentuk serbuk sari; Legum; Ukuran serbuk sari

Abstract

Pollen morphology can be useful for plant identification, sources of taxonomic evidence, and apply in many disciplines. This study aimed to describe the morphological characteristics of pollen from legume plants. Pollen samples were obtained from flowers collected in the campus area. The collection of flowers was carried out using the roaming method in the area of the IPB campus, Dramaga. The pollen sample to be observed was made by the acetolysis method. Pollen morphology measurements were calculated based on the polar and equatorial axes on the micrometer scale. The morphological characteristics of the pollen studied included pollen shape, pollen unit, aperture type, size, P/E index, and exine ornamentation. Pollen grains were observed with an Olympus compound microscope (CX-33) equipped with an indomicro camera. The results showed that there are two forms of pollen grains, namely *circular* and *circular oval*. Pollen sizes vary from very small to very large. Pollen has a P/E index > 1.00. The aperture types include *monoporate*, *triporate*, *tetraporate*, *tricolpate*, and *tricolporate*. The exine ornamentation found is *scabrate*, *reticulate*, and *psilate*. The pollen observed in this study shows a distinctive morphology so that it can be used as an additional character in identifying legume plant.

Keywords: *Acetolysis*; *Aperture*; *Legume*; *Pollen form*; *Pollen size*

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v17i2.29846>

PENDAHULUAN

Tumbuhan legum merupakan salah satu famili tumbuhan berbunga terbesar ketiga di dunia, setelah *Orchidaceae* dan *Asteraceae* yang terdiri dari 730 genera dan lebih dari 19.400 spesies (Alege et al., 2014). Tumbuhan ini tersebar secara kosmopolitan, terutama di kawasan tropis dan subtropis. Dengan jumlah anggota yang sangat besar, ada beragam karakter yang dimiliki oleh anggota famili ini, termasuk polen. Deskripsi tentang morfologi polen dapat membantu dalam mengidentifikasi tumbuhan sehingga dapat dijadikan sebagai data dasar yang bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Tumbuhan legum dikenal sebagai tumbuhan polong-polongan yang termasuk ke dalam famili *Fabaceae* berperawakan herba, semak, liana, atau pohon. Kedudukan daun berseling atau berhadapan dengan tipe daun majemuk, *unifoliolate* atau *bifoliolate*. Bunganya memiliki tipe biseksual, uniseksual, simetris aktinomorfik atau zigomorfik, *hypogynous* atau *perigynous*. Famili *Fabaceae* memiliki tipe buah berupa polong, bersayap (*samara*), atau buah *drupe* (Simpson, 2010). Famili ini dibagi menjadi tiga subfamili yaitu *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae*, dan *Papilionoideae*. *Mimosoideae* dan *Papilionoideae* termasuk dalam kelompok *monophyletic*, sedangkan *Caesalpinioideae* termasuk kelompok *paraphyletic* (Redden et al., 2010). Sebagian besar anggota *Fabaceae* memiliki nilai ekonomi yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan, pakan ternak, pupuk hijau, obat-obatan, dan pewarna alami (Ahmad et al., 2016). Selain itu, tumbuhan ini dapat meningkatkan kesuburan tanah dan sebagai tumbuhan penutup tanah

Tumbuhan berbunga memiliki karakter morfologi serbuk sari yang berbeda-beda. Struktur serbuk sari yang beragam menunjukkan karakter yang dapat digunakan untuk identifikasi, penelitian genetika, interpretasi filogenetik hingga sebagai sumber bukti taksonomi (Fitri et al., 2016). Karakter morfologi serbuk sari dapat digunakan untuk identifikasi tumbuhan yang meliputi bentuk, ukuran, *aperture*, polaritas, simetri, dan ornamentasi eksin (Halbritter et al., 2018)

Dinding serbuk sari terdiri atas dua lapisan, yaitu intin dan eksin. Lapisan intin merupakan bagian dalam serbuk sari yang bersifat tipis dan lunak, lapisan ini akan hilang apabila serbuk sari mati. Lapisan intin tersusun dari selulosa dan pektin yang mempunyai struktur mirip dengan dinding sel tumbuhan dan berfungsi sebagai pelindung sel dalam serbuk sari (Halbritter et al., 2018). Lapisan eksin merupakan bagian luar serbuk sari yang tersusun atas sporopolenin, yaitu senyawa biopolimer yang sangat stabil dan resisten terhadap berbagai pengaruh lingkungan (Kim & Douglas, 2013). Lapisan ini berfungsi melindungi seluruh isi butir serbuk sari.

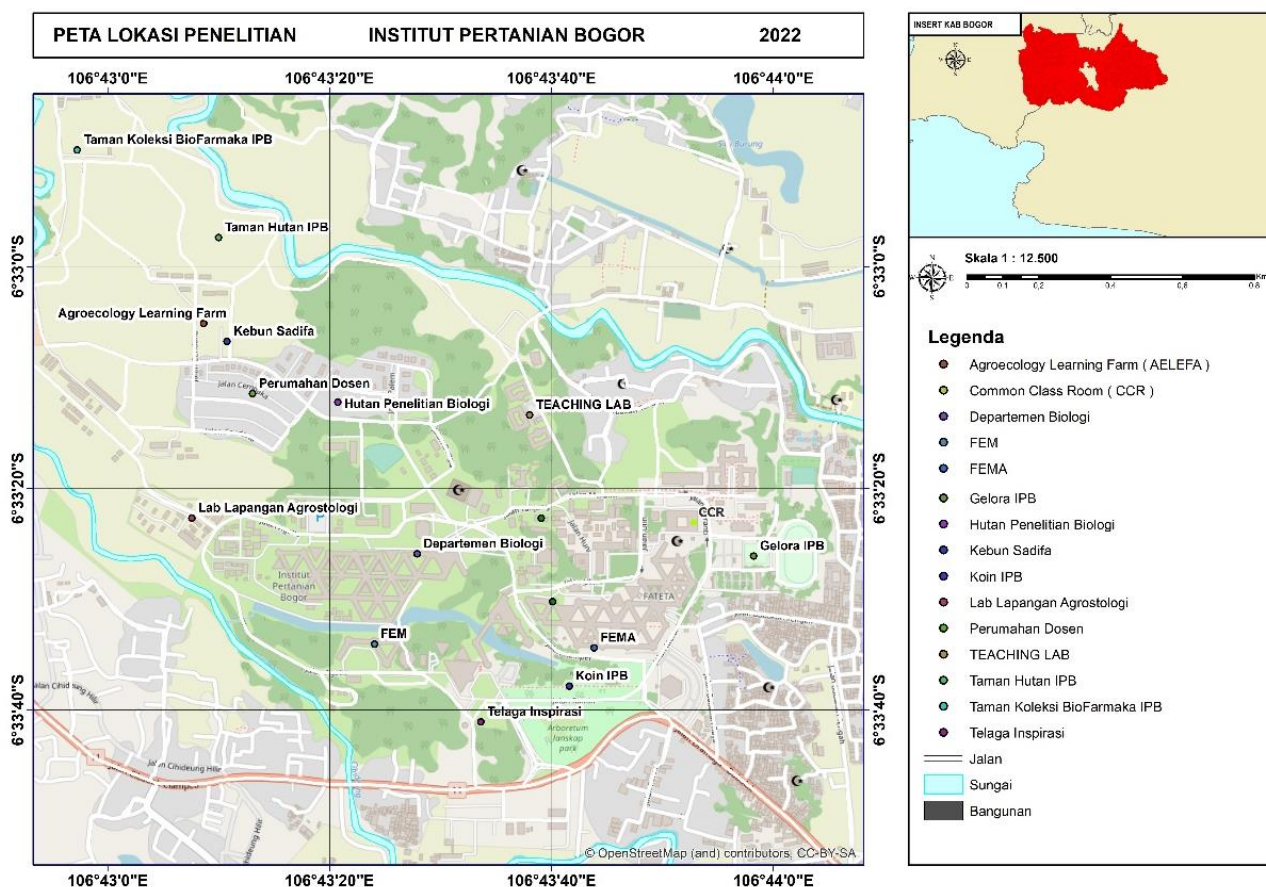
Kampus IPB Dramaga memiliki area seluas 267 ha. Kampus ini juga memiliki potensi keanekaragaman hayati yang tinggi seperti keragaman flora dan fauna (Mustari, 2020), termasuk tumbuhan legum. Penelitian morfologi pada anggota legum di kampus IPB, Dramaga belum pernah dilakukan. Informasi mengenai karakter morfologi serbuk sari diperlukan untuk bukti taksonomi dan mendukung penelitian biologi lainnya seperti menganalisis sumber pakan lebah (Raffiudin et al., 2022) serta mengidentifikasi asal serbuk sari di udara (Ghosh & Mandal, 2016). Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan karakter morfologi serbuk sari yang berasal dari tumbuhan legum di kampus IPB, Dramaga.

MATERIAL DAN METODE

Pengambilan dan Pengoleksian Sampel di Lapangan

Pengambilan dan pengoleksian sampel dilakukan dengan metode jelajah (Rugayah et al., 2004) di wilayah kampus IPB, Dramaga. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui nama spesiesnya. Identifikasi nama spesies tumbuhan dilakukan dengan menggunakan website <https://identify.plantnet.org/>. dan bertanya kepada ahli tumbuhan. Pengambilan sampel bunga dilakukan di beberapa wilayah kampus IPB Dramaga yaitu di *Agroecology Learning Farm*, *Common Class Room*, Departemen Biologi, Fakultas Ekologi Manusia, Fakultas Ekologi Manusia, Lapangan Gelora, Hutan Penelitian Biologi, Kebun Sadifa, Koin IPB, Laboratorium Lapang Agrostologi, Perumahan Dosen, Taman Hutan IPB, Taman Koleksi Biofarmaka IPB, *Teaching Lab*, dan Telaga Inspirasi (Gambar 1).

Bunga yang diambil untuk dijadikan sampel adalah bunga yang telah mekar dan masih segar. Bunga yang berukuran besar atau kecil terlebih dahulu dibuang bagian tangkai, kelopak, dan mahkota sehingga hanya bagian anter dan polen yang dimasukkan ke dalam botol sampel. Sampel dimasukkan ke dalam botol yang berisi alkohol 70%, kemudian tiap botol diberi label nama spesies tumbuhan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan koleksi sampel polen legum di kampus IPB, Dramaga

Metode Asetolisis

Pembuatan preparat polen menggunakan metode asetolisis (Erdtman, 1954). Sampel polen selanjutnya dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 80 °C selama 5 menit, kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3.500 rpm selama 10 menit. Supernatan yang terbentuk dibuang dan polen yang tertinggal dalam tabung ditambahkan akuades sebanyak 1 mL. Sampel disentrifugasi kembali pada kecepatan 3.500 rpm selama 10 menit. Penambahan akuades dilakukan 2–3 kali hingga larutan terlihat jernih. Larutan yang berisi polen diteteskan ke gelas objek dan ditutup dengan gelas penutup. Kuteks bening dioleskan pada setiap sisi gelas penutup yang berfungsi sebagai perekat.

Pengamatan Bentuk dan Ukuran Polen

Preparat polen diamati menggunakan mikroskop majemuk (CX-33) dengan kamera indomikro yang terhubung pada komputer. Serbuk sari yang sudah diamati kemudian difoto dan diberi skala. Pengukuran morfologi serbuk sari dihitung berdasarkan sumbu polar dan ekuatorial dalam skala mikrometer masing-masing lima serbuk sari dari lima bidang pandang yang berbeda. Sumbu polar diukur dari titik ujung proksimal hingga titik pangkal distal. Sumbu ekuatorial diukur dari diameter ekuator serbuk sari. Rata-rata panjang sumbu polar (P), panjang sumbu ekuatorial (E), dan indeks P/E diolah menggunakan Microsoft Excel.

Bentuk butir serbuk sari dapat dideskripsikan berdasarkan penampakan pada pandangan polar dan ekuatorial. Penentuan pandangan polar dan ekuatorial menggunakan *Aspect of Palynology* (Tschudy & Scott, 1969). Pengelompokan serbuk sari dilakukan menurut Erdtman (1952).

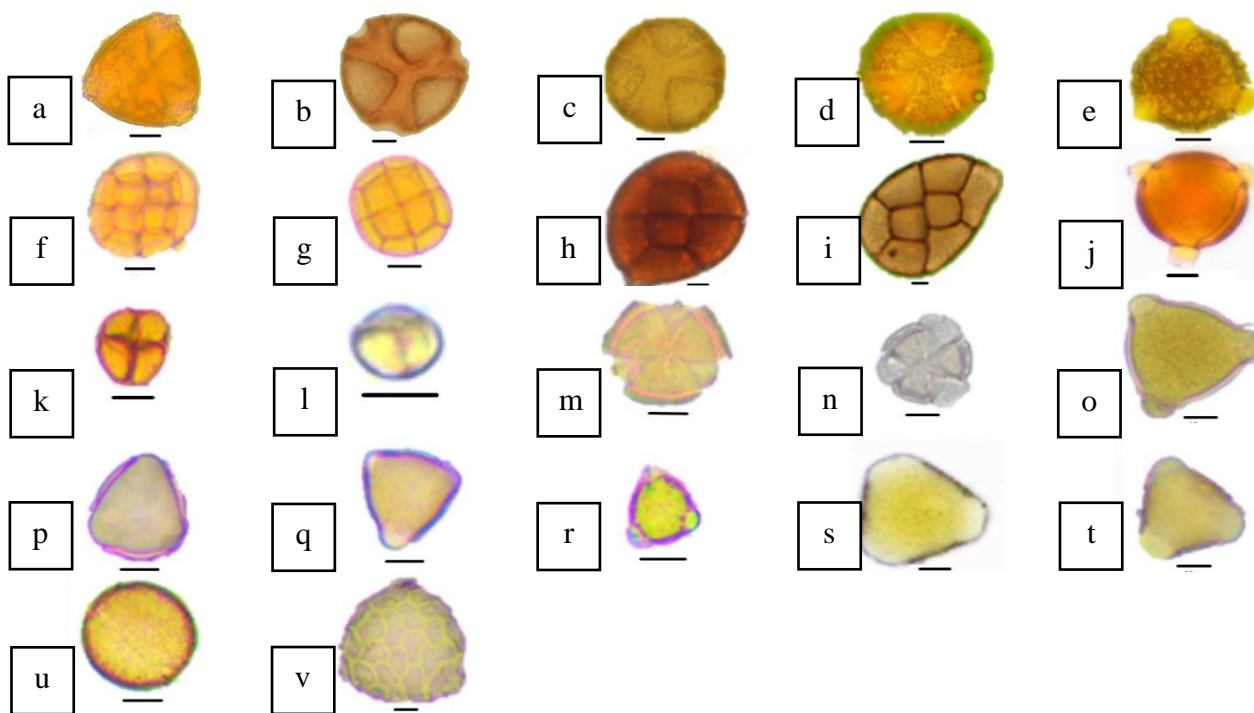
Pengukuran serbuk sari berdasarkan indeks perbandingan antara panjang aksis polar (P) dan diameter ekuatorial (E) atau indeks P/E digolongkan sesuai dengan Kapp (1969).

Tipe Aperture dan Ornamentasi Eksin Serbuk sari

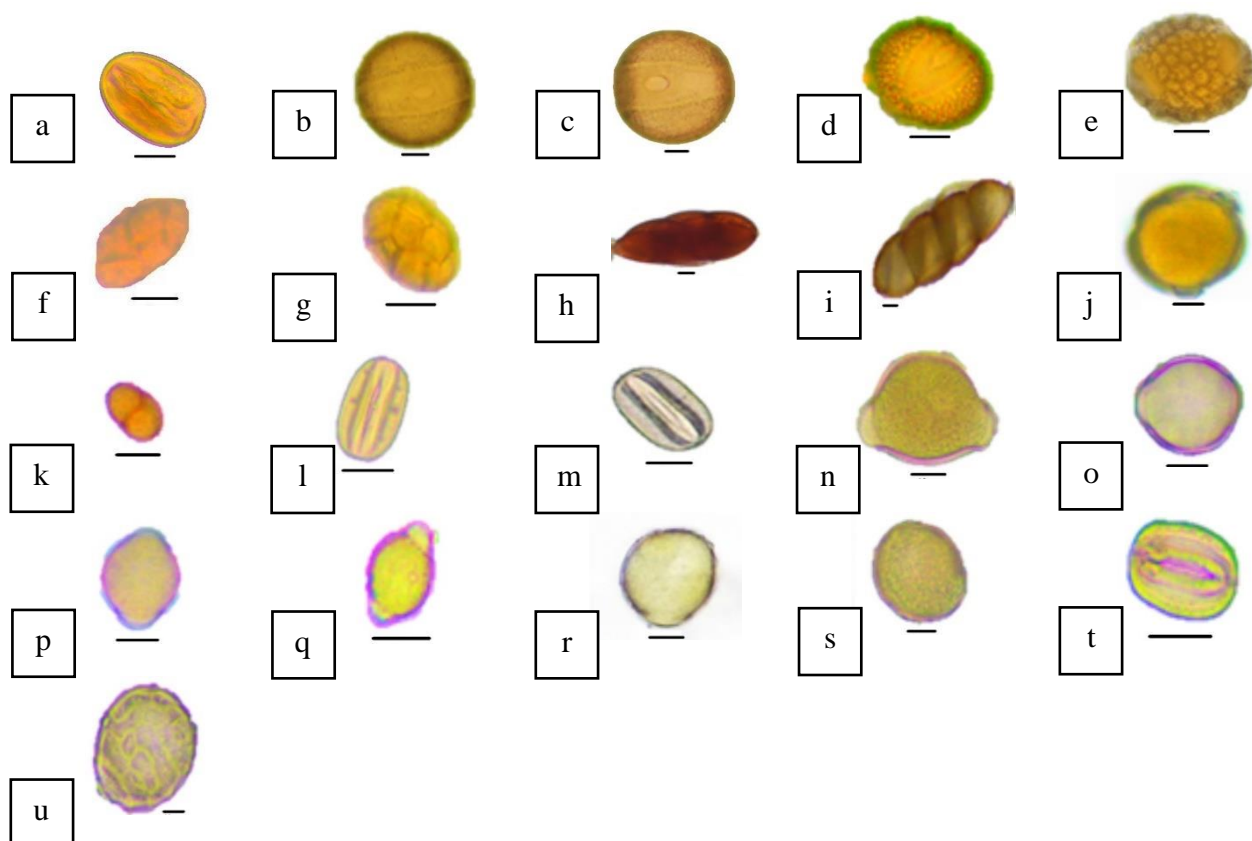
Hasil pengamatan serbuk sari yang telah diukur dan dihitung kemudian dikarakterisasi tipe *aperture* dan ornamentasi eksinnya. Tipe *aperture* serbuk sari dikelompokkan berdasarkan Kapp (1969). Ornamentasi eksin dikelompokkan berdasarkan Faegri dan Iversen (1989).

HASIL

Serbuk sari yang diamati berasal dari 20 spesies tumbuhan legum yang meliputi *Bauhinia purpurea*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Caesalpinia sappan*, dan *Delonix regia* dari subfamili *Caesalpinioideae*; *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Calliandra calothyrsus*, *Calliandra haematocephala*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa pigra*, dan *Mimosa pudica* dari subfamili *Mimosoideae*; *Arachis hypogaea*, *Arachis pintoi*, *Clitoria ternatea*, *Gliricidia sepium*, *Indigofera zollingeriana*, *Ormocarpum orientale*, *Sesbania grandiflora*, *Stylosanthes scabra*, dan *Vigna unguiculata* dari subfamili *Papilionoideae*. Keanekaragaman morfologi serbuk sari tumbuhan legum menunjukkan hasil yang bervariasi berdasarkan sisi polar (Gambar 2) dan sisi ekuatorial (Gambar 3). Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan karakter yang meliputi unit serbuk sari, ukuran serbuk sari, bentuk serbuk sari dari sisi polar dan sisi ekuatorial, bentuk serbuk sari berdasarkan indeks P/E, *aperture*, serta ornamentasi eksin (Tabel 1).



Gambar 2. Keanekaragaman morfologi serbuk sari tumbuhan legum diamati pada sisi polar, yaitu *Bauhinia purpurea* (a), *Caesalpinia pulcherrima* (merah) (b), *Caesalpinia pulcherrima* (kuning) (c), *Caesalpinia sappan* (d), *Delonix regia* (e), *Acacia auriculiformis* (f), *Acacia mangium* (g), *Calliandra calothyrsus* (h), *Calliandra haematocephala* (i), *Leucaena leucocephala* (j), *Mimosa pigra* (k), *Mimosa pudica* (l), *Arachis hypogaea* (m), *Arachis pintoi* (n), *Clitoria ternatea* (o), *Gliricidia sepium* (p), *Indigofera zollingeriana* (q), *Ormocarpum orientale* (r), *Sesbania grandiflora* (merah) (s), *Sesbania grandiflora* (putih) (t), *Stylosanthes scabra* (u), dan *Vigna unguiculata* (v). Skala=10 μ m



Gambar 3. Keanekaragaman morfologi serbuk sari tumbuhan legum diamati pada sisi ekuatorial, yaitu *Bauhinia purpurea* (a), *Caesalpinia pulcherrima* (merah) (b), *Caesalpinia pulcherrima* (kuning) (c), *Caesalpinia sappan* (d), *Delonix regia* (e), *Acacia auriculiformis* (f), *Acacia mangium* (g), *Calliandra calothyrsus* (h), *Calliandra haematocephala* (i), *Leucaena leucocephala* (j), *Mimosa pigra* (k), *Arachis hypogaea* (l), *Arachis pintoi* (m), *Clitoria ternatea* (n), *Gliricidia sepium* (o), *Indigofera zollingeriana* (p), *Ormocarpum orientale* (q), *Sesbania grandiflora* (merah) (r), *Sesbania grandiflora* (putih) (s), *Stylosanthes scabra* (t), *Vigna unguiculata* (u). Skala= 10 μ m

Pengukuran serbuk sari pada seluruh spesies legum diamati berdasarkan panjang aksis polar dan diameter ekuatorial. Pengukuran panjang aksis polar dan diameter ekuatorial menghasilkan rata-rata panjang aksis polar berkisar 9,90–185,50 μ m, sedangkan rata-rata diameter ekuatorial berkisar 14,65–89,80 μ m (Tabel 1). Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata panjang aksis polar lebih besar daripada diameter ekuatorial. Bentuk serbuk sari berdasarkan pengukurannya dapat dilihat pada pandangan polar dan ekuatorial. Bentuk serbuk sari juga dapat ditentukan dari indeks P/E yang menunjukkan bahwa seluruh spesies memiliki nilai $>1,00$ dan tergolong dalam serbuk sari *prolate*, *prolate-spheroidal*, *subprolate*, dan *perprolate*.

Tabel 1. Karakteristik serbuk sari 20 spesies tumbuhan legum

No.	Subfamili/spesies	Unit	Rata-rata \pm SD (kisaran min-max)		Indeks P/E	Bentuk berdasarkan indeks P/E	Bentuk diamati pada		Aperture	Ornamentasi eksin	Kategori ukuran
			Panjang P* (μ m)	Panjang E* (μ m)			Sisi P	Sisi E			
<i>Caesalpinioideae</i>											
1.	<i>Bauhinia purpurea</i>	Monad	67,88 \pm 13,85 (51,80–89,11)	61,17 \pm 11,71 (46,98–76,66)	1,11	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Semi-angular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolpate</i>	<i>Psilate</i>	Besar
2.	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (merah)	Monad	70,12 \pm 8,68 (55,69–79,25)	68,17 \pm 6,44 (59,53–76,92)	1,03	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Scabrate</i>	Besar
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (kuning)	Monad	76,76 \pm 6,81 (71,41–88,67)	73,53 \pm 5,50 (70,01–83,17)	1,04	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Scabrate</i>	Besar
3.	<i>Caesalpinia sappan</i>	Monad	51,32 \pm 2,03 (47,84–53,01)	44,86 \pm 3,30 (40,43–49,63)	1,14	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Scabrate</i>	Besar
4.	<i>Delonix regia</i>	Monad	54,44 \pm 1,93 (51,61–56,30)	51,34 \pm 3,40 (47,35–54,87)	1,06	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Reticulate</i>	Besar
<i>Mimosoideae</i>											
1.	<i>Acacia auriculiformis</i>	Polyad	40,10 \pm 6,02 (34,09–49,87)	22,13 \pm 5,26 (13,64–27,23)	1,81	<i>Prolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	-	<i>Psilate</i>	Sedang
2.	<i>Acacia mangium</i>	Polyad	35,59 \pm 1,46 (33,78–37,10)	20,40 \pm 1,41 (18,49–22,05)	1,74	<i>Prolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	-	<i>Psilate</i>	Sedang
3.	<i>Calliandra calothyrsus</i>	Polyad	185,50 \pm 6,20 (175,58–191,50)	89,80 \pm 12,36 (74,20–106,55)	2,07	<i>Perprolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Monoporate</i>	<i>Psilate</i>	Sangat besar
4.	<i>Calliandra haematocephala</i>	Polyad	127,97 \pm 9,56 (115,83–140,3)	44,37 \pm 3,58 (39,32–47,91)	2,88	<i>Perprolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Monoporate</i>	<i>Psilate</i>	Sangat besar
5.	<i>Leucaena leucocephala</i>	Monad	51,55 \pm 4,20 (49,12–58,37)	43,80 \pm 2,39 (41,07–46,98)	1,18	<i>Subprolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Psilate</i>	Besar
6.	<i>Mimosa pigra</i>	Tetrad	25,04 \pm 1,80 (23,04–27,52)	14,65 \pm 1,39 (13,32–16,72)	1,71	<i>Prolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tetraporate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
7.	<i>Mimosa pudica</i>	Tetrad	9,90 \pm 0,44 (9,23–10,43)	-	-	-	<i>Circular</i>	-	-	<i>Psilate</i>	Sangat kecil

Keterangan: *n= 5; (-) tidak ditemukan; P= polar; E= ekuatorial

Tabel 1. Karakteristik serbuk sari 20 spesies tumbuhan legum (*lanjutan*)

No.	Subfamili/spesies	Unit	Rata-rata \pm SD (kisaran min-max)		Indeks P/E	Bentuk berdasarkan indeks P/E	Bentuk diamati pada		<i>Aperture</i>	Ornamentasi eksin	Kategori ukuran
			Panjang P* (μ m)	Panjang E* (μ m)			Sisi P	Sisi E			
	<i>Papilionoideae</i>										
1.	<i>Arachis hypogaea</i>	Monad	39,12 \pm 1,01 (38,25–40,80)	21,57 \pm 1,76 (19,57–23,93)	1,81	<i>Prolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolpate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
2.	<i>Arachis pintoi</i>	Monad	31,10 \pm 1,69 (28,20–32,40)	16,10 \pm 0,87 (15,17–17,24)	1,93	<i>Prolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolpate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
3.	<i>Clitoria ternatea</i>	Monad	75,06 \pm 11,19 (62,13–90,22)	53,59 \pm 11,41 (40,39–70,22)	1,40	<i>Prolate</i>	<i>Triangular</i>	<i>Apiculate</i>	<i>Triporate</i>	<i>Psilate</i>	Besar
4.	<i>Gliricidia sepium</i>	Monad	33,44 \pm 1,11 (31,56–34,25)	26,40 \pm 1,10 (25,43–28,20)	1,27	<i>Subprolate</i>	<i>Triangular</i>	<i>Apiculate</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
5.	<i>Indigofera zollingeriana</i>	Monad	35,87 \pm 4,85 (31,19–43,55)	23,70 \pm 2,38 (20,86–26,58)	1,51	<i>Prolate</i>	<i>Triangular</i>	<i>Apiculate</i>	<i>Triporate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
6.	<i>Ormocarpum orientale</i>	Monad	19,33 \pm 1,68 (17,79–22,19)	16,77 \pm 1,02 (15,45–17,95)	1,15	<i>Subprolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Apiculate</i>	<i>Triporate</i>	<i>Psilate</i>	Kecil
7.	<i>Sesbania grandiflora</i> (merah)	Monad	41,93 \pm 5,00 (37,16–50,13)	35,98 \pm 3,86 (32,53–42,54)	1,16	<i>Subprolate</i>	<i>Triangular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
	<i>Sesbania grandiflora</i> (putih)	Monad	44,73 \pm 2,02 (41,32–46,71)	40,42 \pm 1,64 (38,19–42,66)	1,11	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Triangular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Tricolporate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
8.	<i>Stylosanthes scabra</i>	Monad	29,81 \pm 1,85 (26,96–31,51)	18,20 \pm 1,33 (16,92–20,04)	1,64	<i>Prolate</i>	<i>Circular</i>	<i>Depressed oval</i>	<i>Tricolpate</i>	<i>Psilate</i>	Sedang
9.	<i>Vigna unguiculata</i>	Monad	74,51 \pm 9,78 (63,08–84,93)	72,06 \pm 11,40 (58,22–83,96)	1,03	<i>Prolate-spheroidal</i>	<i>Circular</i>	<i>Circular oval</i>	<i>Triporate</i>	<i>Reticulate</i>	Besar

Keterangan: *n= 5; P= polar; E= ekuatorial

PEMBAHASAN

Karakter Morfologi Serbuk Sari pada Subfamili dari *Fabaceae*

Serbuk sari dari tiga subfamili anggota *Fabaceae* memiliki karakteristik yang bervariasi. Serbuk sari tumbuhan anggota *Caesalpinioideae* dibebaskan dari *anther* dalam unit monad, bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, dan indeks P/E *prolate-spheroidal*, *aperture tricolporate*, kecuali serbuk sari *B. purpurea* memiliki bentuk polar *semiangular* dan *aperture tricolpate*. Serbuk sari *Caesalpinioideae* termasuk dalam kategori besar, namun demikian serbuk sari *C. sappan* relatif lebih kecil daripada tiga spesies lainnya. Ornamentasi eksin yang ditemukan pada *Caesalpinioideae* meliputi *tricolporate*, *psilate*, *reticulate*, dan *scabrate*. Menurut Taia dan Zayed (2021), serbuk sari *Caesalpinioideae* berukuran kecil sampai besar, *aperture tricolporate*, serta ornamentasi eksin berupa *reticulate*, *striate*, dan *reticulate-rugulate*.

Serbuk sari pada tumbuhan anggota *Mimosoideae* dibebaskan dari *anther* dalam unit monad, polyad, dan tetrad. Serbuk sari *Mimosoideae* memiliki bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, bentuk indeks P/E *prolate*, dan ornamentasi eksin *psilate*. Tipe *aperture* dijumpai pada *Mimosoideae* meliputi *monoporate*, *tetraporate*, dan *tricolporate*. Hasil penelitian Bahadur et al. (2022) menemukan bahwa serbuk sari *Mimosoideae* memiliki *aperture* dan ornamentasi eksin yang bervariasi. *Aperture* yang dijumpai meliputi *inaperture*, *tricolporate*, *tricolpate*, dan *tetracolporate*, sedangkan ornamentasi eksin yang dijumpai meliputi *aerolate*, *heterobrochate*, *psilate*, *perforate*, *psilate-foveolate*, *psilate-rugulate*, *megareticulate*, *scabrate*, dan *verrucate*.

Subfamili *Papilionoideae* menghasilkan serbuk sari yang dibebaskan dalam unit monad. Serbuk sari dari anggota subfamili ini memiliki ukuran yang beragam yaitu berukuran kecil sampai besar. Bentuk polar, bentuk ekuatorial, dan indeks P/E yang dijumpai ialah berturut-turut *circular*, *triangular*, *circular oval*, dan *prolate*. Tipe *aperture* yang ditemukan meliputi *tricolpate*, *tricolporate*, dan *triporate*. Ornamentasi eksin pada subfamili ini ialah *psilate* dan *reticulate*. Ghosh dan Mandal (2016) melaporkan bahwa serbuk sari *Papilionoideae* memiliki *aperture tricolporate*, ornamentasi eksin *psilate* dan *reticulate*.

Karakter Morfologi Serbuk Sari pada Spesies Anggota Famili *Fabaceae*

Serbuk sari *A. auriculiformis* dan *A. mangium* yang diamati memiliki unit serbuk sari polyad. Unit polyad yaitu serbuk sari yang memiliki jumlah lebih dari empat butir serbuk sari. Serbuk sari *A. auriculiformis* dan *A. mangium* menunjukkan kesamaan pada bentuk polar *circular* dan bentuk ekuatorial *circular oval*. Kedua serbuk sari ini berukuran sedang dengan nilai indeks P/E 1,81 dan 1,74 (tipe *prolate*). Serbuk sari *A. auriculiformis* dan *A. mangium* memiliki ornamentasi eksin *psilate*. Devi et al. (2013) melaporkan *A. auriculiformis* memiliki *aperture 3-4 porate*, sedangkan *A. mangium* memiliki *aperture 4-porate*. Ornamentasi eksin pada kedua spesies ini bertipe *foveolate*. Ornamentasi eksin *psilate*, *megareticulate*, *heterobrochate*, dan *scabrate* juga ditemukan pada genus *Acacia* (Bahadur et al., 2022).

A. hypogaea dan *A. pintoii* yang diamati memiliki bentuk *circular* dan bentuk ekuatorial *circular oval*. Serbuk sari *A. hypogaea* berukuran sedang dengan panjang polar $39,12 \pm 1,01 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $21,57 \pm 1,76 \mu\text{m}$, sedangkan serbuk sari *A. pintoii* berukuran sedang dengan panjang aksis polar $31,10 \pm 1,69 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $16,10 \pm 0,87 \mu\text{m}$. Nilai indeks P/E menunjukkan bahwa *A. hypogaea* termasuk dalam serbuk sari *prolate* dengan indeks 1,81, sedangkan *A. pintoii* termasuk dalam serbuk sari *prolate* dengan indeks 1,93. Kedua serbuk sari ini menampilkan *aperture tricolpate* dan ornamentasi eksin *psilate*. Karakteristik serbuk sari *A. hypogaea* dilaporkan oleh Khan et al. (2019) memiliki bentuk polar *triangular*, bentuk ekuatorial *ellips*, *aperture tricolporate*, dan ornamentasi eksin *microreticulate*. Serbuk sari ini berukuran sedang dengan panjang aksis polar $31,61 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $25,88 \mu\text{m}$ sehingga nilai indeks P/E 1,22 (*subprolate*). Hasil penelitian Lavia et al. (2011) menemukan bahwa serbuk sari *A. pintoii* memiliki *aperture tricolpate* dan ornamentasi eksin *reticulate*.

Serbuk sari *B. purpurea* memiliki bentuk polar *semi-angular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, *aperture tricolpate*, ornamentasi eksin *psilate*, dan dibebaskan dari *anther* dalam unit monad. Serbuk sari *B. purpurea* berukuran besar dengan panjang aksis polar $67,88 \pm 13,85 \mu\text{m}$ dan

diameter ekuatorial $61,17 \pm 11,71 \mu\text{m}$ sehingga diperoleh nilai indeks P/E 1,11 (*prolate spheroidal*). Berdasarkan penelitian Kailas et al. (2014), serbuk sari *B. purpurea* memiliki bentuk polar *triangular*, berukuran besar dengan rentang panjang aksis polar 70–74 μm , *aperture tricolporate*, dan ornamentasi eksin *striate*. Menurut Raj dan Reddy (2019), serbuk sari *B. purpurea* memiliki panjang aksis polar 56,65 μm , diameter ekuatorial 52,69 μm , serta ornamentasi *striate-reticulate*.

Hasil pengamatan serbuk sari *C. pulcherrima* dan *C. sappan* menunjukkan kesamaan pada bentuk polar *circular*, ekuatorial *circular oval*, berukuran besar, *aperture tricolporate*, dan ornamentasi eksin *scabrate*. Ornamentasi eksin bertipe *scabrate*, yaitu serbuk sari yang memiliki pola ornamentasi seperti bintang dengan ukuran $<1 \mu\text{m}$ (Faegri & Iversen, 1989). Hasil penelitian ini sedikit berbeda dengan Domingues et al. (2018) yang menunjukkan bahwa *C. pulcherrima* menampilkan dua tipe *aperture tricolporate* dan *brevicolporate*, serta dua tipe ornamentasi eksin *psilate* dan *reticulate*. Menurut Aye dan Lin (2020), serbuk sari *C. sappan* digolongkan berukuran sedang, *aperture tricolporate* serta ornamentasi eksin *reticulate* dan *heterobrochate*.

Serbuk sari *C. calothyrsus* dan *C. haematocephala* memiliki unit polyad, bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, digolongkan berukuran besar, dan berturut-turut memiliki nilai indeks P/E 2,07 dan 2,88 (*perprolate*). Kedua serbuk sari ini memiliki *aperture monoporate*, yaitu serbuk sari yang memiliki satu sisi celah tipis yang berbentuk bulat. Ornamentasi eksin pada kedua serbuk sari ini bertipe *psilate*. Menurut Jumah (1996), genus *Calliandra* secara umum memiliki bentuk polar *circular* dan ornamentasi eksin *psilate*. Serbuk sari *C. haematocephala* memiliki bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *elips*, dan ornamentasi eksin *rugulate-fossulate* (Tantawy et al., 2005).

Clitoria ternatea yang diamati menampilkan unit monad, bentuk serbuk sari dari sisi polar *triangular* dan sisi ekuatorial *apiculate*. Serbuk sari *C. ternatea* memiliki ukuran besar dengan indeks P/E 1,40 (tipe *prolate*). Tipe *aperture C. ternatea* berupa *triporate* dan ornamentasi eksin berupa *psilate*. Ghosh dan Mandal (2016) menyatakan *C. ternatea* memiliki permukaan serbuk sari yang halus sampai tidak rata (*psilate*), bentuk polar *triangular-obtuse-convex*, bentuk ekuatorial *elips*, dan *aperture tricolporate*.

Serbuk sari *D. regia* memiliki bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, ornamentasi eksin *reticulate*, dan berukuran besar dengan panjang aksis polar $54,44 \pm 1,93 \mu\text{m}$. Nilai indeks P/E menunjukkan bahwa *D. regia* termasuk dalam tipe serbuk sari *prolate-spheroidal* dengan indeks 1,06. Ciri serbuk sari *D. regia* menampilkan *aperture* bertipe *tricolporate*, yaitu memiliki tiga sisi celah tipis pada dinding luar serbuk sari yang berbentuk gabungan kolpus dan porus (Moore & Webb, 1978). Menurut Taia dan Zayed (2021), serbuk sari *D. regia* berukuran sedang dengan panjang aksis polar 21 μm dan diameter ekuatorial 16,8 μm sehingga diperoleh indeks P/E 1,25 (*subprolate*), bentuk polar *triangular*, *aperture tricolporate*, serta ornamentasi eksin *reticulate-rugulate*.

Hasil pengamatan *G. sepium* berukuran sedang dengan panjang aksis polar $33,44 \pm 1,11 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $26,40 \pm 1,10 \mu\text{m}$. Nilai indeks P/E menunjukkan bahwa *G. sepium* termasuk dalam tipe serbuk sari *subprolate* dengan indeks 1,27. Serbuk sari ini dapat dibebaskan dari anther dalam unit monad, bentuk polar *triangular*, bentuk ekuatorial *apiculate*, tipe *aperture tricolporate*, dan ornamentasi eksin *psilate*. Menurut Raj dan Reddy (2019), serbuk sari *G. sepium* memiliki panjang aksis polar 25,34 μm dan diameter ekuatorial 14,37 μm sehingga indeks P/E yang diperoleh sebesar 1,76 (*prolate*), *aperture trizonocolporate*, dan ornamentasi eksin *psilate*.

Serbuk sari yang diamati pada *I. zollingeriana* menunjukkan bentuk polar *triangular* dan bentuk ekuatorial *apiculate*. Serbuk sari *I. zollingeriana* berukuran sedang dengan indeks P/E 1,51 (*prolate*), *aperture triporate*, dan ornamentasi eksin *psilate*. Wu dan Huang (1995) melaporkan serbuk sari *I. zollingeriana* memiliki bentuk polar *circular* dan *subangular*. Ornamentasi eksin yang ditemukan bervariasi yaitu *psilate*, *perforate*, *rugulate*, dan *verrucate*.

Salah satu spesies dari genus *Leucaena* yang diamati ialah *L. leucocephala*. Serbuk sari *L. leucocephala* berukuran besar dengan panjang aksis polar $51,55 \pm 4,20 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $43,80 \pm 2,39 \mu\text{m}$. Nilai indeks P/E menunjukkan bahwa *L. leucocephala* termasuk dalam bentuk *subprolate* dengan nilai indeks 1,18. Serbuk sari ini memiliki bentuk polar *circular*, bentuk

ekuatorial *circular oval*, *aperture tricolporate*, dan ornamentasi eksin *psilate*. Menurut Jumah (1996), serbuk sari *L. leucocephala* memiliki panjang aksis polar $57,07 \pm 4,281 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $49,87 \pm 5,01 \mu\text{m}$, bentuk indeks P/E *prolate-spheroidal*, serta bentuk polar *circular* dan *triangular*. Tipe *aperture* yang ditemukan berupa *3–4 colporate* atau *3–4 porate*. Ornamentasi eksin yang dijumpai meliputi *scabrate*, *rugulate*, dan *perforate* (Bahadur et al., 2022).

M pigra dan *M. pudica* memiliki perbedaan karakter morfologi serbuk sari. Serbuk sari *M. pigra* berukuran besar dengan panjang aksis polar $25,04 \pm 1,80 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $14,65 \pm 1,39 \mu\text{m}$ sehingga nilai indeks P/E diperoleh sebesar 1,71 (tipe *prolate*), sedangkan serbuk sari *M. pudica* berukuran sangat kecil dengan panjang aksis polar $9,90 \pm 0,44 \mu\text{m}$. Kedua spesies ini memiliki unit serbuk sari berupa tetrad, yaitu memiliki empat butir serbuk sari. Serbuk sari *M. pigra* dan *M. pudica* memiliki bentuk polar *circular*, sedangkan bentuk ekuatorial *circular oval* hanya ditemukan pada serbuk sari *M. pigra*. Pada serbuk sari *M. pudica* tidak ditemukan tipe *aperture*, sedangkan serbuk sari *M. pigra* memiliki *aperture tetraporate*. Tipe *tetraporate* yaitu serbuk sari yang memiliki empat *aperture* berbentuk porus (Moore & Webb, 1978). Ornamentasi eksin yang dijumpai ialah *psilate*. Hasil penelitian Sopaladawan et al. (2019) menemukan bahwa serbuk sari *M. pigra* berukuran sedang dengan panjang aksis polar $20,69 \pm 0,89 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $16,30 \pm 0,88 \mu\text{m}$, indeks P/E 1,27 (*subprolate*), serta *aperture* bertipe *pericolporate*. Serbuk sari *M. pudica* berukuran sedang dengan panjang aksis polar $43,65 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $42,32 \mu\text{m}$, indeks P/E 1,03 (*prolate-spheroidal*), serta ornamentasi eksin bertipe *verrucate* (Raj & Reddy 2019).

Ormocarpum orientale memiliki unit serbuk sari monad, yaitu serbuk sari berbentuk tunggal. Serbuk sari ini memiliki bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *apiculate*, digolongkan berukuran kecil dengan indeks P/E 1,15 dan dikategorikan dalam tipe *subprolate*. Tipe *aperture* dan ornamentasi eksin yang dijumpai pada serbuk sari ini ialah *triporate* dan *psilate*. Hasil ini sesuai dengan Gosling et al. (2013) bahwa genus *Ormocarpum* memiliki *aperture* bertipe *triporate* dan ornamentasi eksin berupa *psilate*. Ornamentasi eksin bertipe *psilate* dicirikan seluruh permukaan serbuk sari halus, rata, dan licin (Faegri & Iversen, 1989).

Serbuk sari dari bunga *S. grandiflora* berwarna merah dan putih memiliki bentuk polar *triangular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, dan berukuran sedang. Serbuk sari dari bunga *S. grandiflora* berwarna merah memiliki panjang aksis polar $41,93 \pm 5,00 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $35,98 \pm 3,86 \mu\text{m}$, sedangkan serbuk sari dari bunga *S. grandiflora* berwarna putih memiliki panjang aksis polar $44,73 \pm 2,02 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $40,42 \pm 1,64 \mu\text{m}$. Nilai indeks P/E menunjukkan bahwa serbuk sari dari bunga *S. grandiflora* berwarna merah termasuk dalam serbuk sari *subprolate* dengan indeks 1,16, sedangkan serbuk sari dari bunga *S. grandiflora* berwarna putih termasuk dalam serbuk sari *prolate-spheroidal* dengan indeks 1,11. Berdasarkan laporan Sopaladawan (2020), serbuk sari *S. grandiflora* memiliki *aperture periporate*, berukuran kecil dengan panjang aksis polar $19,62 \pm 0,73 \mu\text{m}$ dan diameter ekuatorial $18,99 \pm 0,86 \mu\text{m}$, serta indeks P/E 1,03 (*prolate-spheroidal*).

Serbuk sari *S. scabra* memiliki bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *depressed oval*, unit monad, dan berukuran sedang dengan indeks P/E 1,64 (*prolate*). Serbuk sari ini memiliki *aperture tricolpate*, yaitu serbuk sari memiliki tiga *aperture* berbentuk celah memanjang (Kapp, 1969). Ornamentasi eksin yang dijumpai pada serbuk sari ini ialah *psilate*. Hasil penelitian Buri et al. (2011) menyatakan bahwa serbuk sari *S. scabra* memiliki bentuk polar *circular*, *aperture tricolpate*, dan ornamentasi eksin *microreticulate*.

Serbuk sari *V. unguiculata* berukuran besar dengan nilai indeks P/E 1,03 (*prolate-spheroidal*). Serbuk sari *V. unguiculata* memiliki bentuk polar *circular*, bentuk ekuatorial *circular oval*, dan *aperture triporate*. Tipe *aperture* ini memiliki tiga sisi celah tipis pada dinding luar serbuk sari berbentuk bulat. Ornamentasi eksin pada *V. unguiculata* bertipe *reticulate*, dicirikan dengan seluruh permukaan serbuk sari membentuk pola seperti jala (Faegri & Iversen, 1989). Menurut Umdale et al. (2017), serbuk sari *V. unguiculata* digolongkan berukuran besar, bentuk ekuatorial *ellips*, *aperture triporate*, serta ornamentasi eksin *reticulate-heterobrochate*.

Manfaat Data Morfologi Serbuk sari

Studi morfologi serbuk sari dapat memberikan manfaat dalam berbagai disiplin ilmu. Serbuk sari memiliki fungsi penting dalam bidang palinologi dan taksonomi. Bukti palinologi dapat digunakan untuk menggambarkan keragaman tumbuhan yang saat ini masih hidup, seperti menganalisis kandungan serbuk sari pada madu. Keanekaragaman serbuk sari yang terkandung dalam madu dapat memberikan gambaran sumber tumbuhan yang dikunjungi oleh lebah polinator (Jayadi & Susandarini, 2020). Bukti palinologi juga dapat menggambarkan tumbuhan yang hidup di masa lampau, misalnya analisis fosil serbuk sari yang terakumulasi dalam batuan sedimen dapat digunakan untuk memprediksikan umur batuan dan kondisi lingkungan serta vegetasinya di masa lampau (Erdtman, 1952).

Pada bidang taksonomi, karakter serbuk sari dapat menjadi bukti taksonomi untuk menunjukkan hubungan kekerabatan antara tumbuhan yang satu dengan tumbuhan lainnya dalam suatu takson (Erdtman, 1969). Morfologi serbuk sari pada suatu spesies tumbuhan memiliki karakter yang tetap dan khas; sehingga karakter serbuk sari dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu tingkatan takson tumbuhan, seperti famili, genus, hingga spesies (Faegri & Iversen 1989). Serbuk sari *Mimosoideae* dapat dibebaskan lebih dari satu unit serbuk sari. Unit polyad dan tetrad hanya ditemukan pada subfamili *Mimosoideae* yang membedakan dengan subfamili lainnya. Unit polyad ditemukan pada *A. auriculiformis* dan *A. mangium* yang tersusun atas 12 butir serbuk sari, *C. calothyrsus* dan *C. haematocephala* tersusun atas 8 butir serbuk sari. Serbuk sari *M. pigra* dapat dibebaskan dalam unit tetrad rhomboidal, sedangkan serbuk sari *M. pudica* dibebaskan dalam unit tetrad tetrahedral.

Di bidang kriminologi, serbuk sari yang bersifat mudah melekat pada berbagai benda membantu dalam penyelidikan kasus kriminal (Kumari et al., 2017). Butir serbuk sari yang berada di udara dapat bersifat alergen pada sebagian orang. Keberadaan serbuk sari di udara dipelajari dalam bidang aeropalnologi (Ajipe & Adebayo, 2018). Pencegahan alergen serbuk sari dapat dilakukan dengan ramalan serbuk sari. Ramalan butir serbuk sari dapat memprediksikan musim serbuk sari yang berpotensi menimbulkan alergi (Bastl et al., 2017). Serbuk sari yang berasal dari koprolit (feses menjadi fosil) dapat menggambarkan jenis makanan yang dikonsumsi oleh manusia prasejarah (Jones & Jones, 2001).

SIMPULAN

Variasi morfologi serbuk sari dijumpai pada karakter unit serbuk sari, ukuran serbuk sari, bentuk serbuk sari dari sisi polar dan ekuatorial, indeks P/E, tipe *aperture*, serta ornamentasi eksin. Spesies tumbuhan legum yang diamati memiliki unit serbuk sari yang beragam meliputi monad, tetrad, dan polyad. Dua tipe serbuk sari terakhir hanya dijumpai pada spesies dari subfamili *Mimosoideae*. Bentuk serbuk sari dari sisi polar yang dijumpai berupa *circular*, *semi-angular*, dan *triangular*, sedangkan sisi ekuatorial berupa *apiculate*, *circular oval*, dan *depressed oval*. Variasi ukuran serbuk sari yang ditemukan yaitu berukuran sangat kecil hingga sangat besar. Nilai indeks P/E pada seluruh spesies memiliki hasil >1,00 dengan bentuk serbuk sari *prolate-spheroidal*, *prolate*, *subprolate*, dan *perprolate*. *Aperture* serbuk sari yang dijumpai pada spesies legum yang diamati yaitu *monoporate*, *tetraporate*, *tricolpate*, *triporate*, dan *tricolporate*. Ornamentasi eksin yang ditemukan berupa *psilate*, *reticulate*, dan *scabrate*.

REFERENSI

- Ahmad, F., Anwar, F., & Hira, S. (2016). Review on medicinal importance of Fabaceae family. *Pharmacology online*, 3, 151-156.
- Ajipe, J. O., & Adebayo, M. B. (2018). The significance of palynology in socio-economic development in Nigeria. *Aims Research Journal*, 4(1), 51-58.
- Alege, G. O., Abu, N. E., & Sunday, C. E. (2014). Seed protein electrophoresis of some members of the family Fabaceae. *African Journal of Biotechnology*, 13(36), 3730-3735. doi: 10.5897/AJB2014.13715.
- Aye, T. T., & Lin, S. S. (2020). Taxonomy and pollen morphology of nine species in Fabaceae. *Journal of the Myanmar Academy of Arts and Science*, 18(4), 301-313.

- Bahadur, S., Taj, S., Long, W., & Hanif, U. (2022). Pollen morphological peculiarities of selected Mimosoideae taxa of Hainan Island and their taxonomic relevance. *Agronomy*, 12(5), 2-13. doi: 10.3390/agronomy12051122.
- Bastl, K., Berger, U., & Kmenta, M. (2017). Evaluation of pollen apps forecasts: The need for quality control in an ehealth service. *Journal of Medical Internet Research*, 19(5), 1-8. doi: 10.2196%2Fjmir.7426.
- Buril, M. T., Alves, M., & Santos, F. A. R. (2011). Tipifi cação polínica em Leguminosae de uma área prioritária para conservação da Caatinga: Caesalpinioideae e Papilionoideae. *Acta Botanica Brasilica*, 25(3), 699-712. doi: 10.1590/S0102-33062011000300023.
- Devi, R. K., Rajesh, N. V., & Kumari, R. G. (2013). Palynological studies on selected eight species of *Acacia* Willd in South India. *Romanian Journal of Biology*, 58(1), 69-77.
- Domingues, H. A., Correa, A. M. S., Queiroz, R. T., & Bitar N. A. B. (2018). Pollen morphology of some Fabaceae from Patos de Minas, Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea*, 45(1), 103-114. doi: 10.1590/2236-8906-54/2017.
- Erdtman, G. (1952). *Pollen morphology and plant taxonomy Angiospermae (an introduction to palinology I)*. Stockholm: Chronica Botanica.
- Erdtman, G. (1954). *An introduction to pollen analysis*. Waltham: Chronica Botanica.
- Erdtman, G. (1969). *Handbook of palynology, morphology, taxonomy, ecology. An introduction to study of pollen grains and spores*. New York: Hafner Publishing Co.
- Faegri, K., & Iversen, J. (1989). *Textbook of pollen analysis*. New York: Hafner Press.
- Fitri, R., Des, M., & Handayani, D. (2016). Morfologi serbuk sari pada beberapa variasi warna mahkota bunga *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Swartz. *Eksakta*, 2, 38-43.
- Ghosh, S., & Mandal, S. (2016). Pollen atlas of Santiniketan, West Bengal, with reference to aeropalynology. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(6), 983-1000. doi: 10.20546/ijcmas.2016.505.104.
- Gosling, W. D., Miller, C. S., & Livingstone, D. A. (2013). Atlas of the tropical West African pollen flora. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 199, 1-135. doi: 10.1016/j.revpalbo.2013.01.003.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grimsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., ... Frosch-Radivo, A. (2018). *Pollen morphology and ultrastructure*. Vienna: Springer.
- Jayadi, L. Z., & Susandarini, R. (2020). Melissopalynological analysis of honey produced by two species of stingless bees in Lombok Island, Indonesia. *Nusantara Bioscience*, 12(2), 97-108. doi: 10.13057/nusbiosci/n120203.
- Jones, G. D., & Jones, S. D. (2001). The uses of pollen and its implication for entomology. *Neotropical Entomology*, 30(3), 341-350. doi: 10.1590/S1519-566X2001000300001.
- Jumah, A. (1996). Studies on the morphology of pollen grains of the Leguminosae-the Mimosoideae. doi: 10.4314/gjs.v36i1.47978.
- Kailas, J. G., Ramakrishna, H., & Prabhakar, R. (2014). Palynodiversity of arborescent plants of Caesalpinioideae family of Karimnagar district, Telangana State, India. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(6), 349-353.
- Kapp, R. O. (1969). *How to know pollen and spores*. Dubuque (US): W.C. Brown Co. Publisher.
- Khan, I., Akhtar, N., & Khan, S. A. (2019). Palynological investigation of some selected species of family Fabaceae from Pakistan, using light and scanning electron microscopy techniques. *Microscopy Research and Technique*, 83(3), 1-9. doi: 10.1002/jemt.23563.
- Kim, S. S., & Douglas, C. J. (2013). Sporopollenin monomer biosynthesis in arabidopsis. *Journal of Plant Biology*, 56, 1-6. doi: 10.1007/s12374-012-0385-3.
- Kumari, M., Sankhla, M. S., Nandan, M., Sharma, K., & Kumar, R. (2017). Role of forensic palynology in crime investigation. *International Journal of Social Relevance and Concern*, 5(3), 1-13.
- Lavia, G. I., Ortiz, A. M., Robledo, G., Fernandez, A., & Seijo, G. (2011). Origin of triploid *Arachis pintoi* (Leguminosae) by autopolyploidy evidenced by fish and meiotic behavior. *Annals of Botany*, 108(1), 103-111. doi: 10.1093/aob/mcr108.

- Moore, P. D., & Webb, J. A. (1978). *An illustrated guide to pollen analysis*. London: John Wiley & Sons
- Mustari, A. H. (2020). *Biodiversitas di Kampus IPB University: mamalia, burung, amfibi, reptil, kupu-kupu, dan tumbuhan*. Bogor: IPB Press.
- Raffiudin, R., Ariyanti, N. S., Aprilianingrum, I., Anwar, H., Shullia, N.I., Bening, S., ... Purnobasuki, H. (2022). Flight activity and pollen resources of *Apis nigrocincta* and *Apis cerana* in Central Sulawesi, Indonesia. *Agriculture and Natural Resources*, 56, 463-472. doi: 10.34044/j.anres.2022.56.3.03.
- Raj, P. R., & Reddy, A. V. B. (2019). Pollen morphology study of Leguminosae family from Manchippa Reserve Forest, Nizamabad district, Telangana. *Journal of Tree Sciences*, 38(2), 1-18. doi: 10.5958/2455-7129.2019.00019.0.
- Redden, K. M., Herendeen, P. S., Kenneth, J., Wurdack, K. J., & Bruneau, A. (2010). Phylogenetic relationships of the Northeastern South American brownea clade of tribe Detarieae (Leguminosae: Caesalpinioideae) based on morphology and molecular data. *Systematic Botany*, 35(3), 524-533. doi: 10.1600/036364410792495863.
- Rugayah, A., Retnowati, F. I., Windadri, A., & Hidayat. (2004). Pengumpulan data taksonomi. In Rugayah, E. A. Widjaja, Praptiwi (Eds.). *Pedoman pengumpulan data keanekaragaman flora*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Simpson, M. G. (2010). *Diversity and classification of flowering plants: Eudicots*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Sopaladawan, P. N., Namwong, L., & Wongnaikod, S. (2019). Food plant species from pollen load of honey bee (*Apis mellifera*) in Nong Khai Province, Thailand. *International Journal of Sciences*, 16(1), 36-45.
- Sopaladawan, P. N. (2020). Pollen resources for the honey bee, *Apis mellifera* in Roi-Et Province, Thailand. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, 13(2), 10-16.
- Taia, W. K., & Zayed, A. A. H. (2021). Road tree pollen grain contents and effect on the immune system. *Quantum Journal of Medical and Health Sciences*, 1(4), 34-50.
- Tantawy, M. E., Khalifa, S. F., Hamed, K. A., & Elazab, H. M. (2005). Palynological study on some taxa of Mimosoideae (Leguminosae). *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(6), 858-868.
- Tschudy, R. H., & Scott, R. A. (1969). *Aspect of palynology*. New Jersey (US): John Willey.
- Umdale, S. D., Aitawade, M. M., Gaikwad, N. B., Madhavana, L., Yadav, S. R., Raos, S. R., & Bhati, K. V. (2017). Pollen morphology of Asian *Vigna* species (genus *Vigna*; subgenus *Ceratotropis*) from India and its taxonomic implications. *Turkish Journal of Botany*, 41, 75-81. doi: 10.3906/bot-1603-31.
- Wu, M. J., & Huang, T. C. (1995). A palynological study of the genus *Indigofera* (Leguminosae) in Taiwan. *Grana*, 34, 160-181. doi: 10.1080/00173139509429040.