



## Anatomi Keragaman Batang *Gyrinops versteegii* (Thymelaeaceae) di Pulau Sumbawa

### *Stem Diversity of Gyrinops versteegii (Thymelaeaceae) in Sumbawa Island*

Zainul Muttaqin Sany<sup>1</sup>, Tri Mulyaningsih<sup>1\*</sup>, Aida Muspiah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, 83125

\*Email: trimulya@unram.ac.id

#### HASIL PENELITIAN

DOI: 10.22146/jik.v16i1.1801

#### RIWAYAT NASKAH :

Diajukan (submitted): 4 Mei 2021

Diperbaiki (revised): 17 Oktober 2021

Diterima (accepted): 25 Januari 2022

#### KEYWORD

agarwood, gaharu, *Gyrinops versteegii*, stem anatomy, Sumbawa

#### ABSTRACT

The aim of this research is to determine the comparative anatomy of the stem of *Gyrinops versteegii* (Thymelaeaceae) in Sumbawa Island. Stem samples of *G. versteegii* were used from collections of the Agarwood Center Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Science, University of Mataram that were taken from Sumbawa Island. This research used permanent slides with freehand section and maceration methods. Observation data consisted of cortex tissues, xylem, pith, and Ca-Oxalate crystals. The results showed that there were four provenances of *G. versteegii* on Sumbawa Island, namely provenance Pantai, Hajumee, Kayuk Pisak, and new provenance (Tartar provenance). Comparison of anatomy between the stems of *G. versteegii* provenance Pantai with other provenances had differences in periderm thickness, the pattern of tissue sclerenchyma, interxylary phloem thickness, cortical parenchyma diameter, number of rows of wood parenchyma tissue, tracheid diameter, pith cell diameter, Ca-oxalate shape. Provenance Hajumee with Tartar and Kayuk pisak differed in trachea length, trachea diameter, and the length of the tracheids, while between the provenances of Tartar and Kayuk pisak differed in the frequency of the trachea, the length of the fiber tracheids, the arrangement of the pith radius, and the location of the pith.

#### INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui anatomi komparatif batang pada *Gyrinops versteegii* (Thymelaeaceae) di Pulau Sumbawa. Sampel batang pohon gaharu *G. versteegii* yang digunakan merupakan koleksi dari Laboratorium Pusat Kajian Gaharu FMIPA Universitas Mataram yang diambil dari Pulau Sumbawa. Pembuatan preparat menggunakan metode permanen dengan pengirisan menggunakan *free hand section*, dan metode maserasi. Data yang diamati meliputi jaringan korteks, xilem, empulur, dan kerystal Ca-Oksalat. Hasil penelitian diketahui bahwa ditemukan empat provenan *Gyrinops versteegii* di Pulau Sumbawa yakni provenan Pantai, Hajumee, Kayuk pisak dan provenan baru (provenan Tartar). Komparasi anatomi antara batang *G. versteegii* provenan Pantai dengan provenan lainnya memiliki perbedaan pada tebal periderm, bentuk jaringan sklerenkim, tebal interxylary *phloem*, diameter parenkim korteks, jumlah barisan jaringan parenkim kayu, diameter trakeida, diameter sel empulur, bentuk Ca-oxalat. Provenan Hajumee dengan Tartar dan Kayuk pisak berbeda pada panjang trakea, diameter trakea, dan panjang trakeida, sedangkan provenan Tartar dan Kayuk pisak berbeda pada frekuensi trakea, panjang trakeid serabut, susunan jari-jari empulur, dan letak empulur

#### KATA KUNCI

anatomi batang, gaharu, *Gyrinops versteegii*, Sumbawa

## Pendahuluan

*Gyrinops* sp. merupakan salah satu anggota suku Thymelaeaceae yang merupakan pohon penghasil gaharu berkualitas yang prospektif karena memiliki nilai komersial yang sangat tinggi (Mulyaningsih et al. 2017a). Gaharu merupakan kayu berharga yang sangat harum, telah digunakan untuk keperluan berbagai hal selama lebih dari dua ribu tahun, terutama sebagai bahan dasar pembuatan dupa, untuk upacara tradisional Buddha, Hindu dan Islam, serta sebagai komponen penting dalam pengobatan tradisional Ayurveda, Tibet dan Timur Jauh serta parfum timur Tengah (Gratzfeld & Tan 2008). Gubal gaharu berkualitas dan minyaknya di sejumlah negara di dunia dan menjadikan gaharu salah satu produk yang sangat berharga. Pada tahun 2009, survey pasar internasional di Arab menunjukkan nilai ritel global yang sangat besar diperkirakan antara USD 666-2300 juta, dan gaharu dari Laos menyumbang 2%, yaitu USD 33 juta (Atikah et al. 2015; Jensen 2009). Hal ini yang ditandai dengan harga gubal gaharu dapat mencapai 45.000 USD/kg atau setara dengan Rp645.030.000/kg (*Sustainable Asset Management* 2018). Masyarakat lokal menggunakan gaharu sebagai bahan wangi-wangian dan memiliki aroma khas yang dapat digunakan sebagai bahan ritual keagamaan, pewangi ruangan, bahan terapi relaksasi maupun obat-obatan (Mulyaningsih et al. 2017).

*G. versteegii* di Pulau Lombok, berdasarkan karakter sitologi, morfologi, anatomi kayu dan fitokimia, dibedakan menjadi 5 grup/provenan yaitu provenan Beringin, provenan Buaya, provenan Pantai, provenan Soyun, dan provenan Madu (Iswantari et al. 2017; Mulyaningsih et al. 2014; Mulyaningsih et al. 2017a). Sebelum tahun 2000, tanaman gaharu di hutan alami Lombok sangatlah melimpah, hal ini ditandai dengan hasil gubal gaharu alami yang berasal dari hutan alam Lombok masih melimpah, untuk mendapatkan satu ton gubal gaharu campuran dalam

satu tahun itu sangatlah mudah, sehingga pengusaha gaharu dari Lombok dapat langsung ekspor gaharunya ke negara Timur Tengah seperti Arab Saudi. Setelah tahun 2010, produksi gubal gaharu alam beransur-ansur menurun; hal ini ditandai dengan adanya pengumpul dan pedagang gaharu serta produsen minyak gaharu banyak yang tutup dan beralih profesi. Kondisi ini menandakan bahwa populasi gaharu di hutan alam Lombok menurun (Mulyaningsih et al. 2015), bahkan terdapat satu provenan yang terancam punah yaitu provenan Soyun akibat dari adanya penebangan pohon gaharu secara ilegal dan sangat intensif di hutan alam Lombok (Mulyaningsih et al. 2017d).

Penelitian keragaman anatomi batang ini dapat membantu melengkapi data identifikasi jenis *G. versteegii* yang terdapat di Pulau Sumbawa melalui karakteristik struktur dalam batang. Struktur anatomi batang pohon penghasil gaharu ini memiliki fungsi ganda selain untuk menunjang taksonomi tumbuhan khususnya klasifikasi tanaman penghasil gaharu hingga tingkat genus (Andianto 2010). Pada klasifikasi tanaman sistem filogenetik diperlukan karakter morfologi yang konsisten seperti pada organ reproduksi. Karakter anatomi organ tanaman juga merupakan karakter yang konsisten dan dapat digunakan untuk identifikasi dan klasifikasi tanaman pada tingkat suku (Schweingruber & Börner, 2008), tingkat marga (Lens et al. 2003), pada tingkat jenis, untuk beberapa tanaman penghasil gaharu (Mandang 2005), beberapa jenis marga *Ricotia* L., (Selvi & Paksoy 2013).

Anatomi batang dapat juga digunakan untuk tujuan taksonomi tumbuhan berkayu khususnya dalam mengidentifikasi pohon berkayu hingga tingkat spesies antara lain dengan mengetahui karakter jari-jari empulur, seperti tipenya *iniseriate* atau *multiseriate*; ukuran panjang jari-jari empulur yang uni atau *multiseriate* dan lebar dari lapisan

jaringan jari-jari empulur (Maiti et al. 2016). Fungsi kedua anatomi batang pohon penghasil gaharu dapat digunakan untuk mengidentifikasi gubal gaharu, berasal dari jenis atau marga tanaman penghasil gaharu. Anatomi *G. versteegii* memiliki karakter yang spesifik dengan adanya *interxylary phloem* bertipe *foraminate* yang berada berdekatan dengan sel seludang parenkim. *Interxylary phloem* di dalam batang pohon *G. versteegii* tersebar di dalam jaringan xilem, salah satu fungsinya sebagai penyalur sari-sari makanan ke seluruh jaringan kayu ke arah vertikal (Liu et al. 2019; Luo et al. 2020). Identifikasi jenis kayu penghasil gaharu dapat dilakukan berdasarkan ciri anatominya sehingga dapat dilihat karakter pembeda untuk menentukan hubungan kekerabatan (Andianto 2010).

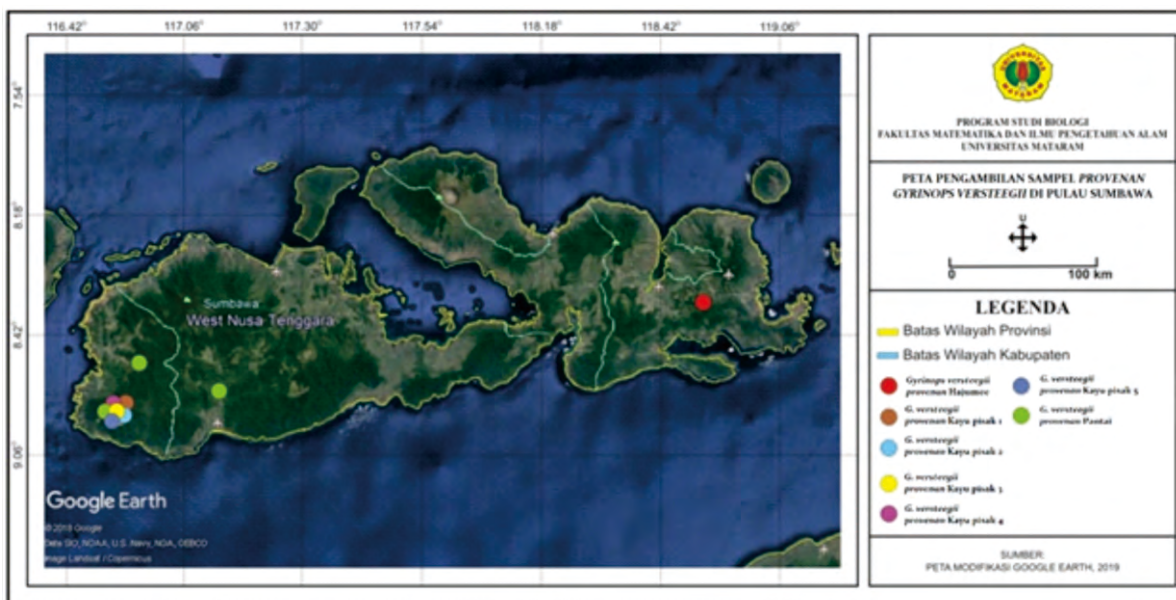
Struktur anatomi batang, sangat berkaitan dengan tempat terbentuknya gubal gaharu pada jaringan kayu pohon penghasil gaharu sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi gubal gaharu di lapangan. Selain itu struktur anatomi batang pohon penghasil gaharu dapat digunakan untuk

mengidentifikasi hingga jenis atau bahkan infraspesifik. Oleh karena itu, penelitian karakteristik anatomi keragaman batang *G. versteegii* di Pulau Sumbawa penting untuk dilakukan penelitian guna mendapatkan karakter anatomi batang yang dapat dijadikan sebagai kunci untuk mengidentifikasi baik gubal gaharu maupun pohon penghasil gaharu hingga ke tingkat infraspecific. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komparasi struktur anatomi batang yaitu jaringan korteks, jaringan xilem, jaringan empulur dan kerystal Ca-Oksalat pada provenan *G. versteegii* (Thymelaeaceae) di Pulau Sumbawa.

## Bahan dan Metode

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-April 2019, di Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Mataram, Mataram Nusa Tenggara Barat (NTB).



**Gambar 1.** Peta pengambilan sampel *G. versteegii* provenan Hajumee di Wawo, Bima, *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1, 2, 3, 4 dan 5 di Sekongkang, Sumbawa Barat dan *G. versteegii* provenan Pantai di Lunyuk Sumbawa Besar, Brang Rea dan Sekongkang Sumbawa Barat, di Pulau Sumbawa.

**Figure 1.** Sampling map of *G. versteegii* provenance Hajumee from Wawo, Bima, *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 1, 2, 3, 4, and 5 from Sekongkang West Sumbawa and *G. versteegii* provenance Pantai from Sekongkang and Brang Rea West Sumbawa and Lunyuk Sumbawa Besar, on Sumbawa Island.

## Penyiapan Bahan

Sampel berupa bagian pucuk pada ruas batang (*internodus*) ke 8-10 dari ujung, diameter *internodus* antara 0,5-0,8 cm, diambil pada pohon yang umur 10 tahun. Batang berasal dari tiga provenan *G. versteegii* yang berasal dari Pulau Sumbawa yaitu provenan Hajumee dari Desa Maria, Kecamatan Wawo, Kabupaten Bima; provenan Kayuk pisak 1, 2, 3, 4 dan 5, diambil dari Desa Tartar, Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, provenan 1-5 memiliki perbedaan morfologi babagan, daun, perbungaan dan bentuk buahnya; provenan Pantai (provenan introduksi dari Pulau Lombok) diambil dari Kecamatan Brang Rea, Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, dan dari Kecamatan Lunyuk, Kabupaten Sumbawa Besar (Gambar 1).

## Prosedur Pembuatan Preparat

### *Pembuatan preparat irisan melintang batang*

Persiapan pembuatan preparat batang sampel yang dikoleksi merupakan pucuk batang pada ruas 8-10, dipotong sepanjang 0,8 cm kemudian difiksasi ke dalam larutan alkohol 70%. Pembuatan preparat penampang melintang organ batang pohon gaharu menggunakan metode preparat permanen dengan pengirisan menggunakan standar *free hand section* (Lux et al. 2005; Berden 2020). Sampel batang disayat melintang menggunakan silet yang tajam (baru), sehingga menghasilkan sayatan yang sangat tipis. Sayatan diletakkan di atas gelas benda yang telah ditetesi dengan air. Air pada gelas benda diserap menggunakan kertas *tissue* hingga kaca benda bersih.

Pembuatan preparat permanen menggunakan sayatan spesimen yang telah dipersiapkan di atas. Sayatan diwarnai dengan pewarnaan ganda mengikuti Lou et al. (2020) dan Lou et al. (2018). Pewarna yang digunakan yaitu Safranin O 1% dalam alkohol 50% dan Fast green 0,5% dalam alkohol 90%.

Pertama sayatan diwarnai menggunakan Safranin O 1% dalam alkohol 50%, selanjutnya dicuci dengan alkohol 50%, hingga kaca benda bersih/jernih dan sayatan berwarna merah terang, diganti dengan alkohol 70%, didiamkan selama satu menit, diteruskan dengan pewarna kontras (Fast green 0,5% dalam alkohol 90%), dengan cara meneteskan pewarna tersebut pada sayatan dan dibiarkan 10 menit. Sayatan selanjutnya dicuci dengan alkohol 90% hingga kaca benda jernih dan sayatan pewarnaannya tampak terang. Pembuatan preparat untuk masing-masing provenan dilakukan dengan tiga kali ulangan.

Penjernihan (*clearing*) sayatan yang telah diwarnai menggunakan metode Lou et al. (2020), yaitu menggunakan larutan alkohol 100%: n-butanol 100%: xylol 100% dengan perbandingan 1 : 0 : 0, 1 : 1 : 0, 0 : 1 : 0, 0 : 1 : 1, 0 : 0 : 1. Pertama sayatan spesimen yang telah diwarnai ditetesi menggunakan alkohol 100%, didiamkan selama satu menit; selanjutnya diganti dengan larutan alkohol + n-butanol = 1 : 1, didiamkan selama satu menit; lalu diganti dengan larutan n-butanol 100% + xylol 100% = 1 : 1, didiamkan selama satu menit; dan terakhir sayatan dijernihkan menggunakan xylol 100%. Xylol pada gelas benda diserap menggunakan kertas *tissue* hingga gelas benda bersih.

Penutupan sayatan (*mounting*) digunakan media perekat "Entelan" (Lou et al. 2020). Sayatan yang telah jernih ditetesi dengan Entelan, selanjutnya sayatan ditutup menggunakan gelas penutup secara perlahan.

### *Pembuatan preparat serat batang*

Pembuatan preparat serat kayu menggunakan metode maserasi, bagian batang yang diambil hanya bagian xilem saja. Spesimen dikerok halus pada bagian kayunya dan ditampung dalam gelas pinisilin. Kerokan halus kayu tersebut selanjutnya direndam

dalam larutan Asam Kromat : Peroksida dengan perbandingan 1 : 1 (Jorge et al. 2000). Perendaman dilakukan selama 24 jam, dilanjutkan dengan pemanasan botol pinisilin yang berisi spesimen dan larutan maseratif dalam *water bath* pada suhu 90°C, selama satu jam. Serat yang telah terlepas dari jaringan, lalu dicuci dengan air mengalir selama 20 menit. Serat yang telah bersih dan memisah, ditampung didalam botol pinisilin yang berisi alcohol 70%. Serat diambil dan diletakkan pada gelas benda yang telah ditetesi air. Air pada gelas benda diserap dengan kertas *tissue* hingga gelas benda bersih.

Pewarnaan serat digunakan larutan Safranin O 1% dalam alcohol 50% (Mahesh et al. 2015). Serat pada gelas benda ditetesi dengan Safranin O 1% dalam alcohol 50%, didiamkan selama 10 menit, dilanjutkan dengan mencuci serat menggunakan alcohol 50% hingga gelas benda jernih dan serat tampak merah terang.

Dehidrasi serat, dimulai dengan penetesan serat menggunakan alcohol 70%, didiamkan selama satu menit, lalu diganti dengan alcohol 90%, dibiarkan selama satu menit. Alcohol 90% diserap dengan kertas *tissue* hingga bersih. Penjernihan dan penutupan serat prosedurnya sama dengan pada penjernihan dan penutupan preparat irisan melintang batang. Dalam pembuatan preparat serat ini untuk setiap spesimen provenan diulang tiga kali.

### Pengamatan Struktur Anatomi

Data yang dianalisis meliputi korteks (periderm, sklereid, parenkim korteks, skelerenkim), jaringan xilem (trakea, trakeida, serabut trakeid, *interxylary phloem*, parenkim kayu, jari-jari empulur), jaringan empulur (letak empulur, sel empulur), kristal Ca-Oksalat dan serat pada batang muda *G. versteegii* di Pulau Sumbawa. Pengamatan preparat pada tiga preparat sebagai ulangan, dengan dilakukan

menggunakan Mikroskop Binokuler Zeiss tipe *Primo star*, menggunakan perbesaran 10 x 10 dan 10 x 40. Pengukuran ketebalan, panjang, dan diameter menggunakan mikrometer dengan metode Leitão (2016).

### Analisis Data

Data hasil pengamatan struktur anatomi batang dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif khususnya untuk menganalisis hubungan kekerabatan, dengan menggunakan aplikasi *software Biodiversity Professional Version 2*.

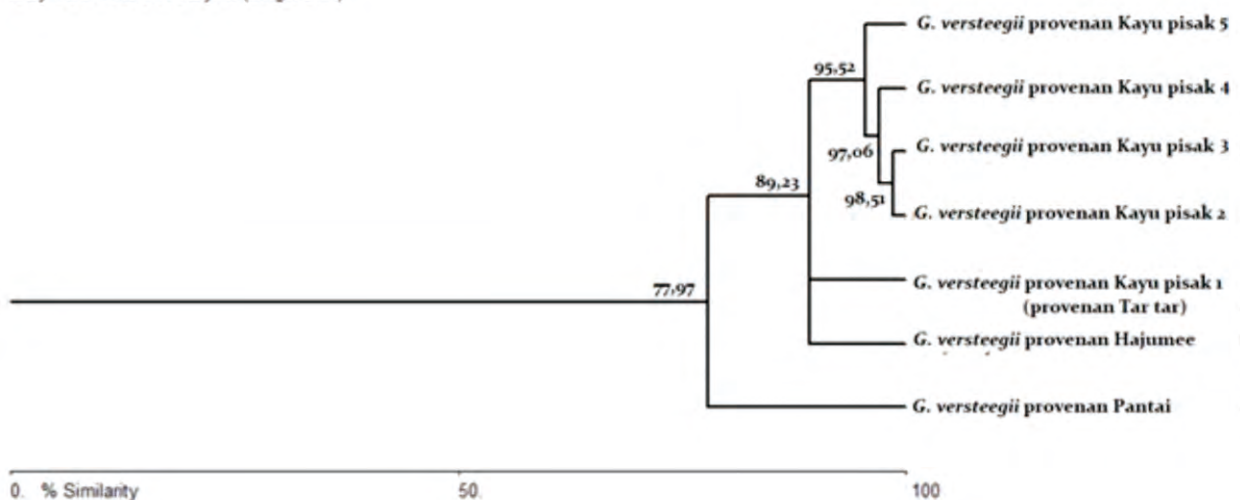
## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan struktur anatomi pada berbagai *provenan* yang berbeda terutama pada persentase ketebalan jaringan korteks, xilem, empulur, periderm, dan ketebalan *interxylary phloem*, diameter sklereid, sel parenkim korteks, trakea, dan diameter trakeida; panjang trakea, trakeida, dan panjang trakeid serabut; frekuensi *interxylary phloem* dan trakea; bentuk jaringan sklerenkim dan kristal Ca-Oksalat; susunan jari-jari empulur dan parenkim kayu; serta posisi empulur.

Hasil analisis dendrogram (Gambar 2) menunjukkan bahwa *G. versteegii* provenan Pantai merupakan *sister group* dari provenan yang berasal dari pulau Sumbawa dan membentuk satu klaster monofiletik. Besarnya indeks similiaritas didapat adalah 77,97%, dan delapan karakter yang membedakan dengan provenan dari pulau Sumbawa, yaitu tebal periderm  $32,25 \pm 1,14 \mu\text{m}$ , paling tipis, bentuk jaringan sklerenkim kerucut, tebal *interxylary phloem*  $45 \pm 12,8 \mu\text{m}$ , tertipis, diameter parenkim korteks  $16,25 \pm 1,57 \mu\text{m}$ , terlebar, jumlah barisan jaringan parenkim kayu 3-6 baris (*layer*) tersedikit, diameter trakeida

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)



**Gambar 2.** Dendrogram hubungan kekerabatan provenan *G. versteegii* berdasarkan 19 karakter anatomi batang di Pulau Sumbawa.

**Figure 2.** Dendrogram of phylogenetic of *G. versteegii* provenance based on 19 anatomical characters stem on Sumbawa Island.

**Tabel 1.** Pengkodean karakter anatomi batang provenan *G. versteegii* di Pulau Sumbawa

**Table 1.** Stem anatomical characters coding of *G. versteegii* provenances in Sumbawa island

No	Karakter	Kode Keadaan karakter ( <i>character state</i> )		
		1	2	3
1	Korteks (%)	33-44%	>44-53%	
2	Ketebalan Periderm ( $\mu\text{m}$ )	0-35	>35-70	
3	Diameter sklereid ( $\mu\text{m}$ )	Tidak ada	Ada	
4	Bentuk jaringan sklerenkim	Kerucut	Trapesium	Membulat
5	Diameter sel sklerenkim ( $\mu\text{m}$ )	0-6	>6-12	
6	Frekuensi interxylary <i>phloem</i> perbatang	0-10	>10	
7	Ketebalan <i>interxylary phloem</i> ( $\mu\text{m}$ )	0-50	>50-100	
8	Diameter parenkim korteks ( $\mu\text{m}$ )	0-12	>12-24	
9	Susunan parenkim kayu (baris)	2- 6 baris	2- 7 baris	2- 8 baris
10	Panjang trakea ( $\mu\text{m}$ )	0-40	>40-80	
11	Diameter trakea ( $\mu\text{m}$ )	0-30	>30-60	
12	Frekuensi trakea per $\text{mm}^2$	0-10	>15-30	
13	Diameter trakeida ( $\mu\text{m}$ )	0-15	>15-30	
14	Panjang trakeida ( $\mu\text{m}$ )	0-100	>100	
15	Panjang trakeid serabut ( $\mu\text{m}$ )	0-250	>250-500	
16	Susunan jari-jari empulur	Uniseriat & biseriat	Uniseria, biseriat, dan triseriat	
17	Diameter sel empulur ( $\mu\text{m}$ )	0-30	>30-60	
18	Letak empulur	Central	Semi-perifer	Perifer
19	Bentuk Ca-oksalat	Prisma, Batang	Prisma, memanjang	Prisma

13,12  $\pm$  2,41  $\mu\text{m}$  tersempit, diameter sel empulur 27,5  $\pm$  3,53  $\mu\text{m}$ , tersempit, bentuk sel Ca-oxalat, batang (*styloid*) dan prisma (Tabel 1). Kondisi ini selaras dengan perbedaan geografi asal provenan, *G. versteegii* provenan Pantai merupakan provenan introduksi dari pulau Lombok dan provenan lainnya asli dari pulau Sumbawa. Perbedaan klad dan index similaritas salah satunya dipengaruhi oleh perbedaan

sumber genetik yang berasal dari letak geografi yang berbeda. Hal ini tergambar dari hasil analisis kluster yang didasarkan pada koefisien kesamaan genetik, yang menunjukkan adanya pemisahan empat kelompok kluster dan mengindikasikan sumber genetik yang diekspresikan dengan bentuk buah dan letak geografi pada tanaman apricot (*Armeniaca mandshurica*) yang berbeda (XU et al. 2019).

**Tabel 2.** Karakter anatomi batang *Gyrinops versteegii* di Pulau Sumbawa  
**Table 2.** The stem anatomy character of *Gyrinops versteegii* on Sumbawa Island.

Karakter	Ciri karakter <i>Gyrinops versteegii</i> provenan						
	Pantai	Hajumee	Kayu pisak 1	Kayu pisak 2	Kayu pisak 3	Kayu pisak 4	Kayu pisak 5
Rasio Korteks: Xilem: Empulur (%)	33:44: 23	53: 34: 23	50:30:20	40: 27: 23	37: 37: 26	43: 31: 26	37: 38: 25
Ketebalan Periderm (µm)	32,25±1,14	47,5±2,21	37,25±2,3	38,75±1,5	47,5±3,14	50±3,43	52,5±5,2
Diameter Sklereid	-	31,25±0,83	21,25±1,37	41,25±2,56	38,75±2,6	35±3,59	32,5±2,43
Bentuk Jaringan Sklerenkim	Kerucut	Trapesium	Trapesium	Membulat	Membulat	Membulat	Trapesium
Diameter Sel Sklerenkim (µm)	8,75±0,32	5,62±1,15	8,75±0,7	6,25±1,78	7,5±1,34	8±0, 55	8,75±0,43
Frekuensi Interxylary <i>Phloem</i> per Batang	9±1,14	10±1,34	12±1	15±1,26	10±2	10±0,07	9±1,09
Ketebalan <i>Interxylary Phloem</i> (µm)	45±12,8	97,5±23,39	87,5±36,21	70±13,93	80±15,32	76,25±12,55	77,5±20,31
Diameter Parenkim Korteks (µm)	16,25±1,57	11,25±0,45	11,25±0,75	11,87±1,65	11,75±0,34	11,875±0,45	11,75±0,5
Susunan/Komposisi Parenkim Kayu	3-6 baris	2-8 baris	2-7 baris <sub>3</sub>	2-8 baris	2-8 baris	2-7 baris	2-8 baris
Panjang Trakea (µm)	87,5±27,8	75±31,55	8,5±12,24	35±15,76	39,25±13,90	34,5±10,65	38±12,1
Diameter Trakea (µm)	38,75±6,56	26,25±3,56	33,12±4,77	33,75±5,67	38,75±3,38	31,62±2,62	38,125±4,1
Frekuensi Trakea per mm <sup>2</sup>	7,1±5,11	10,43±2,5	5,5±4,25	14,74±1,75	14,73±2,15	14,90±1,83	14,43±2
Diameter Trakeida (µm)	13,12±2,41	17,5±4,41	37,4±3,57	25±4,67	23,5±1,31	23,25±4,77	22,5±1,9
Panjang Trakeida (µm)	89,5±24,45	135±35,60	72,5±18,95	82,5±21,33	92,4±31,46	62,5±24,30	88,3±34,22
Panjang Trakeid Serabut (µm)	307,5±50,45	191±35,9	462,5± 4,85	162±50,45	195±21,7	182,5±45,55	170±35,68
Susunan Jari-jari empulur	Uniseriat, biseriat, dan triseriat	Uniseriat, biseriat, dan triseriat	Uniseriat, biseriat, dan triseriat	Uniseriat & biseriat	Uniseriat & biseriat	Uniseriat & biseriat	Uniseriat & biseriat
Diameter Sel Empulur (µm)	27,5±3,53	38,5±9,19	38,25±1,76	36,25±1,76	35±3,53	8,75±8,83	36,25±5,3
Letak Empulur	<i>Semi-perifer</i>	<i>Central</i>	<i>Semi-perifer</i>	<i>Semi-perifer</i>	<i>Perifer</i>	<i>Perifer</i>	<i>Perifer</i>
Bentuk Ca-Oksalat	Prisma, Batang ( <i>styloid</i> )	Prisma, Memanjang ( <i>elongated</i> )	Prisma, Memanjang ( <i>elongated</i> )	Prisma, Memanjang ( <i>elongated</i> )	Prisma, Memanjang ( <i>elongated</i> )	Prisma	Prisma
Lokasi Ca-Oksalat	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur	Parenkim korteks, <i>interxylary phloem</i> dan empulur

Klaster monofiletik provenan Sumbawa memiliki indek similaritas 89,23%, kedudukan provenan Hajumee, Kayuk pisak 1 dan Kayuk pisak 2 adalah parafiletik, dimana provenan Kayuk pisak 1 memisah dengan Kayuk pisak 2 yang dibedakan oleh 5 karakter, yaitu (1) prosentasi tebal jaringan korteks terhadap xylem dan empulur adalah 49,95%, sehingga (2) empulur dapat dikatakan terletak di tengah (*central*) batang; (3) frekuensi trakea 5,5±4,25 per mm<sup>2</sup>, yang berarti jumlah trakea paling sedikit, (Tabel 1), dan menurut Mandang dan Wiyono provenan yang berasal dari Lombok dan Flores memiliki frekuensi trakea jauh lebih banyak yaitu 18; (4) panjang trakeid serabutnya rata-rata 462,5±64,85 µm, terpanjang diantara provenan yang lain; (5) Susunan jari-jari empulurnya memiliki tiga tipe, yakni uniseriat,

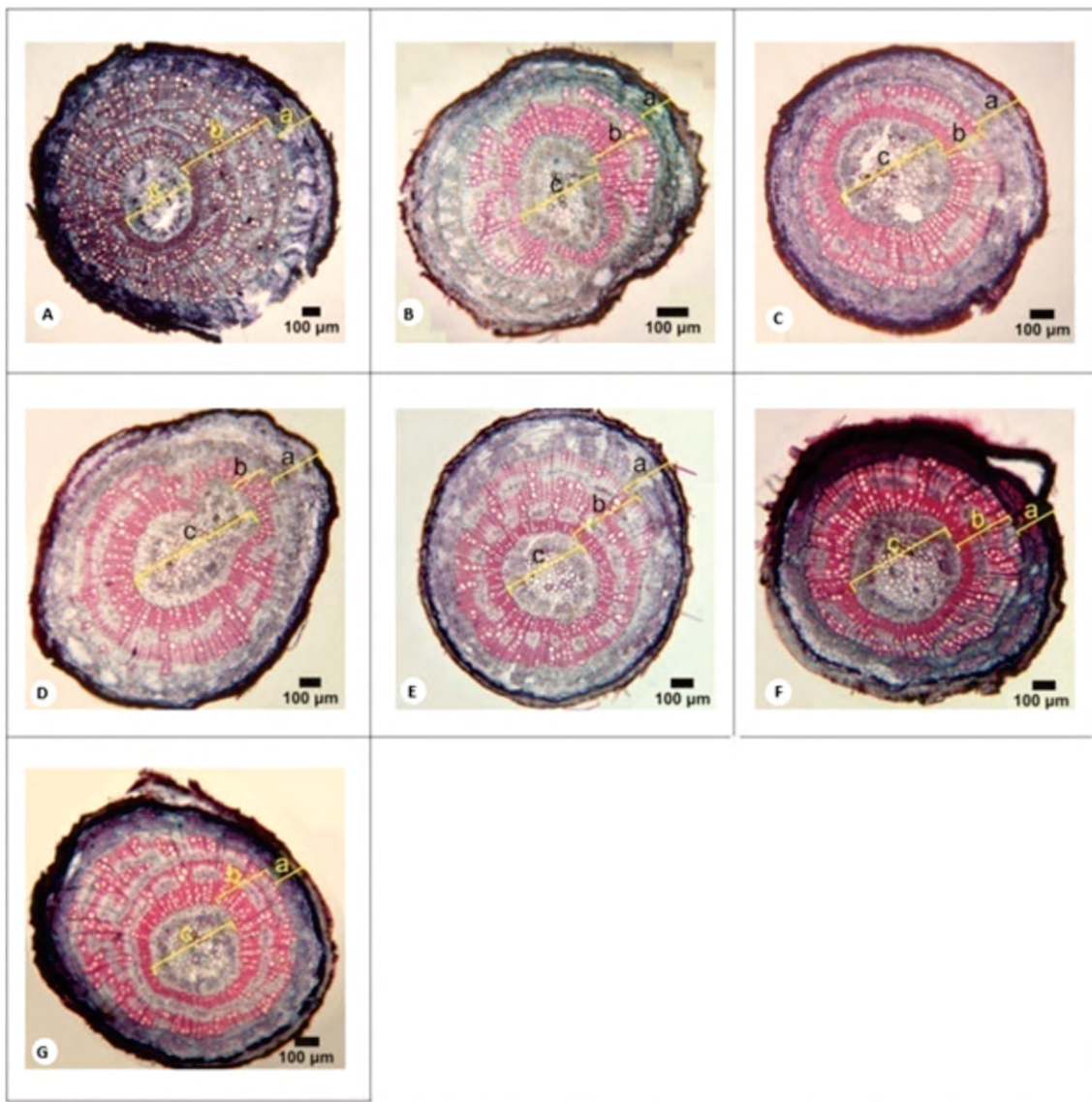
biseriat, dan triseriat. Hal ini mengindikasikan bahwa provenan Kayuk pisak 1 adalah provenan baru di pulau Sumbawa. Mandang dan Wiyono (2002) menyatakan bahwa karakter seperti frekuensi trakea, panjang trakeid serabut, susunan jari-jari empulur dapat menjadi karakter pembeda pada tingkat marga pada suku *Thymelaeaceae*, dan Andianto (2010) menggunakannya sebagai karakter anatomi batang untuk idendifikasi batang pada tumbuhan penghasil gaharu pada tingkat jenis.

*G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1 dan Kayuk pisak 2, selain dibedakan oleh 5 karakter anatomi batang juga dibedakan oleh bentuk morfologi buah. *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1 memiliki bentuk buah seperti jantung (*cordate*), sedangkan buah provenan Kayuk pisak 2 berbentuk oval. Perbedaan

buah ini bisa terjadi pada tumbuhan karena adanya perbedaan penyusun jaringan buah yang dapat digunakan karakter pembeda pada tingkat spesies atau infraspecies. Bone et al. (2011) menyatakan adanya perbedaan mikrohabitat, seperti yang terjadi pada tanaman Mauritius (*Lilaeopsis*). Populasi *Lilaeopsis brasiliensis* memiliki habitat tepi sungai, parit, daerah rembesan, dan rawa, buahnya selalu memiliki jaringan sepon (sponge), sedangkan *L. mauritiana* habitatnya adalah di sepanjang aliran air

yang cukup jernih, buahnya tidak pernah memiliki jaringan sepon.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dari batang *G. versteegii*, jaringan korteks yang diamati memiliki variasi pada ketebalan periderm, jaringan periderm yang diamati memiliki kisaran ketebalan mulai dari 32,25 µm hingga 52,5 µm. Ketebalan periderm yang paling tinggi berada pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak



**Gambar 3.** Penampang melintang batang *Gyrynops versteegii* di Pulau Sumbawa. Keterangan: (A) *G. versteegii* provenan Pantai, (B) *G. versteegii* provenan Hajumee, (C) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1, (D) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 2, (E) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 3, (F) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4, (G) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 5, (a) Jaringan korteks, (b) Jaringan xylem, (c) Jaringan empulur.

**Figure 3.** Cross section of *Gyrynops versteegii* stems on Sumbawa Island. Notes: (A) *G. versteegii* provenance Pantai, (B) *G. versteegii* provenance Hajumee, (C) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 1, (D) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 2, (E) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 3, (F) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 4, (G) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 5, (a) Cortical tissue, (b) Xylem tissue, (c) Pith tissue.



5 dengan ketebalan sebesar  $52,5 \pm 5,2 \mu\text{m}$ , sedangkan yang paling rendah terdapat pada *G. versteegii* provenan Pantai dengan ketebalan periderm sebesar  $32,25 \pm 1,14 \mu\text{m}$  (Tabel 1, Gambar 3).

Angyalossy et al. (2016), menyatakan bahwa ketebalan periderm berkisar dari  $25 \mu\text{m}$  hingga  $100 \mu\text{m}$  pada Angiospermae. Hal ini diperkuat lagi oleh Mandang (2005) yang menyatakan bahwa ketebalan periderm dapat mencapai  $100 \mu\text{m}$  pada *Alstonia scholaris*. Variasi jaringan parenkim korteks pada provenan *G. versteegii* adalah sebagai berikut: parenkim korteks dengan diameter terbesar ( $16,25 \pm 1,57 \mu\text{m}$ ) dimiliki oleh *G. versteegii* provenan Pantai dan diameter terkecil ( $11,25 \pm 0,75 \mu\text{m}$ ) terdapat pada *G. versteegii* provenan Hajumee dan Kayuk pisak 1 (Tabel 1, Gambar 3). Asdar (2006) menyebutkan bahwa diameter parenkim korteks pada *G. versteegii* di Gorontalo sekitar  $23 \mu\text{m}$ . Hasil penelitian menunjukkan hasil yang berbeda dimana diameter parenkim korteks *G. versteegii* yang ada di Pulau Sumbawa memiliki diameter yang hampir 2 kali lebih kecil. Hal ini menandakan adanya pengaruh geografis yang menyebabkan struktur anatomi pada diameter parenkim korteks menjadi berbeda-beda.

Sklereid adalah jaringan penguat yang fungsinya sebagai penguat atau memberi kerangka pada jaringan lunak. Bentuk dan ukurannya bervariasi, memiliki dinding sekunder yang tebal, sering polilamela, berlignifikasi dengan banyak lubang (Schweingruber dan Börner 2018; Angyalossy et al. 2016) yang biasanya terdapat pada jaringan yang lemah seperti parenkim udara (aerenkim) pada daun tumbuhan air (Buvat 1989), pada jaringan kortek batang tumbuhan Malpiginaceae dan Rosaceae, buah, kulit biji kacang (Schweingruber dan Börner, 2018; Angyalossy, et al. 2016); Tipe sel sklereida bermacam-macam, dibedakan menurut bentuknya, diantaranya brachysclereids (sel batu), sclereids kolumnar, osteosclereids (seperti tulang), astrosclereids (seperti

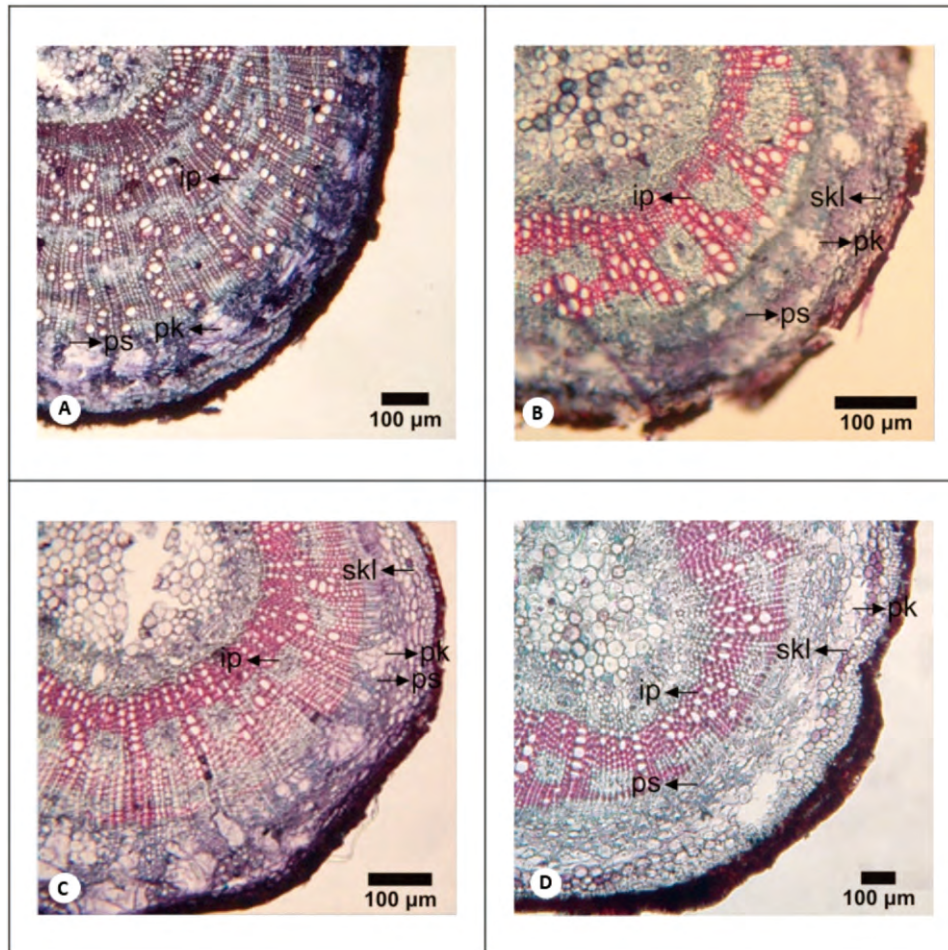
bintang), sklereid filiformis (seperti benang) (Evert, 2006). Tipe sklereid di kulit kayu (korteks) didominasi oleh tipe brachysclereid atau sel batu. Sel sklereid pada korteks batang *G. versteegii* bertipe brachysclereid (sel batu),

Jaringan sklereid pada korteks batang beberapa provenan *G. versteegii* terletak disebelah dalam jaringan periderm. Diameter sel sklereid yang paling besar ( $41,25 \pm 2,56 \mu\text{m}$ ) dimiliki *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 2, sedangkan yang terkecil ( $21,25 \pm 1,37 \mu\text{m}$ ) didapatkan pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1. Angyalossy et al. (2016) menyatakan bahwa diameter sklereid berkisar antara  $30-50 \mu\text{m}$  dengan susunan membentuk deretan tangensial pada *Gossypium anomalum* (Malvaceae). Namun, pada *G. versteegii* provenan Pantai tidak ditemukannya adanya jaringan sklereid. Hal ini sesuai dengan penelitian Mulyaningsih et al. (2007) yang menyatakan bahwa *G. versteegii* yang terdapat di Pulau Lombok tidak memiliki sklereid.

Jaringan korteks yang diamati memiliki variasi pada bentuk pola jaringan sklerenkim. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa jaringan sklerenkim pada *G. versteegii* provenan Hajumee, provenan Kayuk pisak 5 dan provenan Pantai memiliki bentuk kerucut (Gambar 4 dan 5); sedangkan jaringan sklerenkim pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 2, dan provenan Kayuk pisak 3 memiliki bentuk trapesium. Berbeda halnya dengan *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4 dan provenan Kayuk pisak 1 yang memiliki jaringan sklerenkim membulat dimana seluruh jaringan sklerenkim membentuk seperti lingkaran mengelilingi jaringan korteks (Gambar 4). Menurut Mulyaningsih et al. (2007) menyatakan bahwa bentuk jaringan sklerenkim pada *G. versteegii* adalah membentuk pola bangunan kerucut. Namun, pada hasil pengamatan ditemukan dua bentuk yang lain yaitu bentuk trapesium dan membulat. Hal ini dapat diketahui

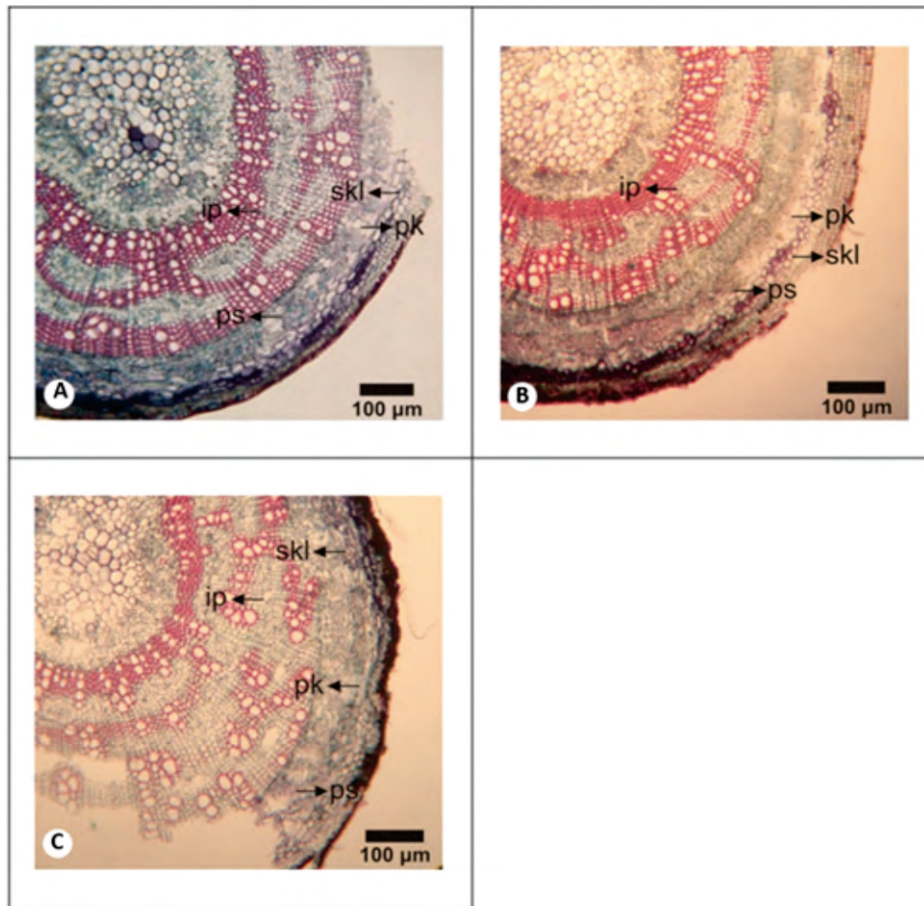
bahwa faktor geografis memegang peranan penting dalam mengindikasikan adanya perbedaan struktur anatomi pada bagian jaringan sklerenkim sehingga dapat menurunkan indeks similaritas antar *G. versteegii*.

Perbandingan persentase ketebalan korteks, xilem dan empulur pada masing-masing provenan memiliki variasi, dengan persentase ketebalan korteks tertinggi yaitu pada *G. versteegii* provenan Hajumee yakni 52,65% dengan perbandingan



**Gambar 4.** Penampang melintang batang *Gyrops versteegii* di Pulau Sumbawa. Keterangan: (A) *G. versteegii* provenan Pantai, pola jaringan sklerenkim korteks (ps) membentuk bangunan kerucut yang mengelilingi korteks, jaringannya langsung ke arah perifer menyentuh periderm, interxylary phloem (ip) berbentuk melonjong, elips, dan linear; (B) *G. versteegii* provenan Hajumee, terdapat sklereid (skl) menempel pada periderm, pola jaringan sklerenkim korteks (ps) membentuk trapesium mengelilingi korteks, interxylary phloem (ip) berbentuk melonjong dan elips; (C) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1, terdapat sklereid (skl) yang menumpuk, mendesak parenkim korteks (pk), pola jaringan sklerenkim korteks (ps) membentuk bangunan trapesium yang mengelilingi korteks, jaringannya langsung ke arah perifer menyentuh sklereid, interxylary phloem (ip) berbentuk melonjong. (D) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 2, terdapat sklereid (skl) yang menumpuk, mendesak parenkim korteks (pk), pola jaringan sklerenkim korteks (ps) membentuk trapesium mengelilingi korteks, jaringannya langsung ke arah perifer menyentuh sklereid, interxylary phloem (ip) berbentuk melonjong.

**Figure 4.** Cross section of *Gyrops versteegii* stem in Sumbawa Island. Notes: (A) *G. versteegii* provenance Pantai, the cortical sclerenchyma tissue pattern (ps) forms a conical structure that surrounds the cortex, the tissues are directed towards and touching the periphery; interxylary phloem (ip) is oval, elliptical and linear; (B) *G. versteegii* provenance Hajumee, sclereids (skl) attached to periderm, the cortical sclerenchyma tissues pattern (ps) forms a trapezoid around the cortex, interxylary phloem (ip) is oval and elliptical. (C) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 1, sclereids (skl) that accumulate, pushing the cortical parenchyma (pk), cortical sclerenchyma (ps) forms a trapezoidal structure that surrounds the cortex, the tissues are directly peripheral to touch the sclereid; oval interxylary phloem (ip); (D) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 2, sclereids (skl) that accumulate, cortical parenchyma (pk), the cortical sclerenchyma (ps) these tissues form a trapezoid around the cortex, the tissue directly reaches the periphery to touch the sclereid; oval interxylary phloem (ip)



**Gambar 5.** Penampang melintang anatomi batang *Gyrops versteegii* di Pulau Sumbawa. Keterangan: (A) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 3, sklereid (skl) melingkar mengelilingi jaringan sklerenkim korteks, pola jaringan sklerenkim korteks (ps) trapesium, jaringannya langsung ke arah perifer menyentuh sklereid, interxylary phloem (ip) melonjong dan elips. (B) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4, sklereid (skl) menempel pada periderm, pola jaringan sklerenkim korteks (ps) membulat, jaringannya langsung ke arah perifer menyentuh sklereid, interxylary phloem (ip) melonjong; (C) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 5, sklereid (skl) menempel pada periderm, pola jaringan sklerenkim korteks (ps) membentuk bangunan trapesium, jaringannya langsung ke arah perifer menyentuh sklereid, interxylary phloem (ip) melonjong dan elips.

**Figure 5.** Cross section of *Gyrops versteegii* stem on Sumbawa Island. Notes: (A) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 3, sclereids (skl) around the cortical sclerenchyma tissues, the trapezoidal pattern of cortical sclerenchyma (ps) the tissue directly to the periphery touches the sclereids, interxylary phloem (ip) is oblong and elliptical; (B) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 4, sclereids (skl) attaches to the periderm, cortical sclerenchyma (ps) this pattern is rounded, the tissues are directed towards the periphery touching the sclereids, interxylary phloem (ip) is oblong; (C) *G. Versteegii* provenance Kayuk pisak 5, sclereids (skl) attaches to the periderm, the trapezoidal pattern of cortical sclerenchyma (ps) directly touches the sclereid, oblong and elliptical interxylary phloem (ip).

ketebalan pada korteks : xilem : empulur (52,65% : 34,05% : 23,29%), sedangkan untuk ketebalan korteks terendah terdapat pada *G. verteegii* yaitu sebesar 33,04% dengan perbandingan korteks : xilem : empulur (33,04% : 44,44% : 22,50%) (Tabel 1). Untuk persentase ketebalan xilem tertinggi terdapat pada *G. versteegii* yaitu sebesar 44,44% dengan perbandingan korteks: xilem: empulur (33,04% : 44,44% : 22,50%). Untuk provenan dengan persentase ketebalan xilem yang terendah terdapat pada *G. versteegii* provenan

Kayuk pisak 2 sebesar 26,49% dengan persentase perbandingan ketebalan korteks : xilem : empulur (40,14% : 26,49% : 23,36%) (Tabel 1).

Berdasarkan hasil penelitian pada jaringan xilem menunjukkan adanya variasi pada frekuensi interxylary phloem. Frekuensi interxylary phloem per batang yang paling banyak didapatkan pada *G. Versteegii* provenan Kayuk pisak 2 dengan 15±1,26 frekuensi per batang, sedangkan yang paling sedikit didapatkan pada provenan Kayuk pisak 5 dan

provenan Pantai dengan  $9 \pm 1,14$  frekuensi per batang (Tabel 1, Gambar 4 dan 5); sedangkan untuk bentuk *interxylary phloem* ditemukan terdiri dari 3 bentuk yaitu bentuk melonjong (provenan Pantai, provenan Hajumee, provenan Kayuk pisak 2, provenan Kayuk pisak 3, provenan Kayuk pisak 4, provenan Kayuk pisak 5, dan provenan Kayuk pisak 1), bentuk linear (*G. versteegii* provenan Pantai) dan bentuk *elips* (*G. versteegii* provenan Pantai, provenan Kayuk pisak 5).

Batang beberapa provenan *G. versteegii* yang berasal dari pulau Sumbawa memiliki *interxylary phloem* dengan ketebalan yang bervariasi, *interxylary phloem tertipis* ( $45 \pm 12,8 \mu\text{m}$ ) dimiliki oleh *G. versteegii* provenan Pantai, dan yang tertebal ( $97,5 \pm 23,39 \mu\text{m}$ ) terdapat pada *G. versteegii* provenan Hajumee; sedangkan, tebal *interxylary phloem* batang *G. versteegii* yang diambil dari pulau Lombok antara  $32-139 \mu\text{m}$  (Moya et al. 2017; Luo et al. 2020). Hal ini didukung oleh penelitian Andianto (2010) pada *A. malaccensis* untuk ketebalan *interxylary phloem* yakni hingga  $169 \mu\text{m}$ . Panjang *Interxylary phloem* pada *G. versteegii* provenan Pantai dan Hajumee mempunyai ukuran terpanjang ( $386,57 \mu\text{m}$ ), sedangkan yang paling pendek ( $133,27 \mu\text{m}$ ) terdapat pada *G. versteegii* provenan Pantai.

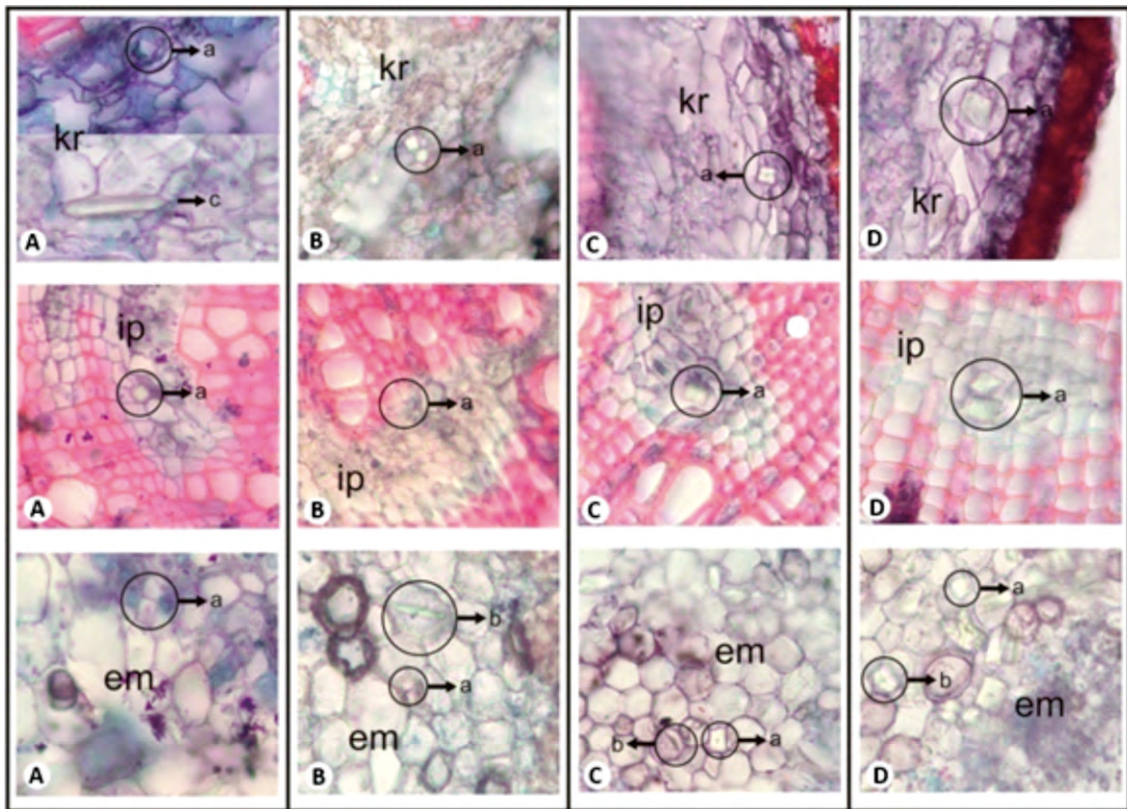
Susunan parenkim kayu dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada *G. versteegii* provenan Hajumee, Kayuk pisak 2, Kayuk pisak 3 dan Kayuk pisak 5 memiliki susunan atau komposisi parenkim kayu terbanyak (2-8 baris); sedangkan pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1 dan provenan Kayuk pisak 4 memiliki susunan parenkim kayu 2-7 baris; sedangkan yang paling sedikit (3-6 baris) terdapat pada *G. versteegii* provenan Pantai (Tabel 1). Jaringan parenkim kayu dan trakeida *G. versteegii* tersusun berderet-deret paralel dengan sel jari-jari hingga delapan seri (Mulyaningsih et al. 2007), dan 4 untai (Andianto 2010).

Diameter trakea yang paling besar terdapat pada

*G. versteegii* provenan Pantai sebesar  $38,75 \pm 6,56 \mu\text{m}$  dan yang terkecil terdapat pada provenan Hajumee sebesar  $26,25 \pm 3,56 \mu\text{m}$  (Tabel 1, Gambar 6 dan 7). Menurut IAWA Committe (1989) bahwa diameter trakea kayu berkisar antara  $50 \mu\text{m}$  hingga  $100 \mu\text{m}$  pada *Agonandra brasiliensis*. Hal ini didukung oleh Asdar (2006) bahwa diameter trakea *G. versteegii* di Gorontalo sebesar rata-rata  $90 \mu\text{m}$ . Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan angka yang berbeda dimana besaran diameter yang didapatkan tidak mencapai angka  $90 \mu\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa batang *G. versteegii* yang berada di Pulau Sumbawa lebih solid dibandingkan dengan batang *G. versteegii* di Gorontalo.

Trakea yang paling panjang ( $87,5 \pm 27,8 \mu\text{m}$ ) didapatkan pada *G. versteegii* provenan Pantai dan terpendek ( $34,5 \pm 10,65 \mu\text{m}$ ) terdapat pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4 (Tabel 1, Gambar 6 dan 7). Hal tersebut sangat berbeda dengan penelitian Asdar (2006) yang menyatakan bahwa rata-rata p dari trakea *G. versteegii* provenan Pantai adalah  $257 \pm 116 \mu\text{m}$  dan rata-rata p trakea *G. versteegii* dari Lombok  $314 \pm 29 \mu\text{m}$  (Andianto 2010), Hal ini menunjukkan bahwa lokasi geografi *G. versteegii* berasal dapat menyebabkan terbentuknya p trakea yang berbeda. Sedyasa (1998) menyatakan bahwa trakea pada *Alstonia* lebih dipengaruhi oleh habit dari pada habitat (faktor tanah yang tergenang air versus tanah yang dikeringkan dengan baik). Panjang trakea pada tumbuhan marga *Alstonia* cenderung lebih panjang pada pohon yang mempunyai batang besar dari pada trakea pada pohon yang memiliki batang kecil, tetapi perbedaannya tidak signifikan. Pada beberapa kasus, panjang elemen trakea tidak disebabkan dengan jelas terkait dengan kebiasaan atau habit (Carlquist & Hoekman 1985).

Frekuensi trakea per  $\text{mm}^2$  yang paling banyak ( $14,90 \pm 1,83$  per  $\text{mm}^2$ ) didapatkan pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4 dan frekuensi terkecil



**Gambar 6.** Variasi bentuk kristal Ca-Oksalat *Gyrinops versteegii* di Pulau Sumbawa. Keterangan: (A) *G. versteegii* provenan Pantai, (B) *G. versteegii* provenan Hajumee, (C) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1, (D) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 2. (a) Kristal Ca-Oksalat bentuk prisma, (b) Kristal Ca-Oksalat bentuk memanjang, (c) Kristal Ca-Oksalat bentuk batang, (kr) Jaringan korteks, (ip) *Interxylary phloem*, (em) Jaringan empulur.

**Figure 6.** Variations in the form of Ca-oxalate crystals *Gyrinops versteegii* on Sumbawa Island. Notes: (A) *G. versteegii* provenance Pantai, (B) *G. versteegii* provenance Hajumee, (C) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 1, (D) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 2, (a) Ca-Oxalate crystal in prism form, (b) Ca-Oxalate crystal in elongated form, (c) Ca-Oxalate crystal in styloid form, (kr) cortical tissue, (ip) *Interxylary phloem*, (em) pith tissue.

( $5,5 \pm 4,25$  per  $\text{mm}^2$ ) didapatkan pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1 (Tabel 1). Adanya variasi frekuensi trakea *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4 memiliki tingkat porositas paling tinggi dibandingkan dengan *G. versteegii* provenan Hajumee, provenan Kayuk pisak 1, provenan Pantai, provenan Kayuk pisak 2, provenan Kayuk pisak 3, dan provenan Kayuk pisak 5. Asdar (2006) menyatakan bahwa frekuensi trakea *G. versteegii* Gorontalo sekitar 14 per  $\text{mm}^2$ . Hal ini didukung oleh IAWA Committee (1989) yang menyatakan bahwa frekuensi trakea berkisar antara 5-20% pada *Agonandra brasiliensis*.

Diameter trakeida yang terlebar ( $37,4 \pm 3,57 \mu\text{m}$ ) terdapat pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 1, sedangkan yang tersempit ( $13,12 \pm 2,41 \mu\text{m}$ ) terdapat pada provenan Pantai. Trakeida yang paling panjang

( $135 \mu\text{m}$ ) terdapat pada provenan Hajumee dan yang paling pendek ( $62,5 \mu\text{m}$ ) terdapat pada provenan Kayuk pisak 3. Trakeid serabut yang paling panjang ( $462,5 \mu\text{m}$ ) terdapat pada provenan Kayuk pisak 1 dan yang terpendek ( $162 \mu\text{m}$ ) terdapat pada provenan Kayuk pisak 2.

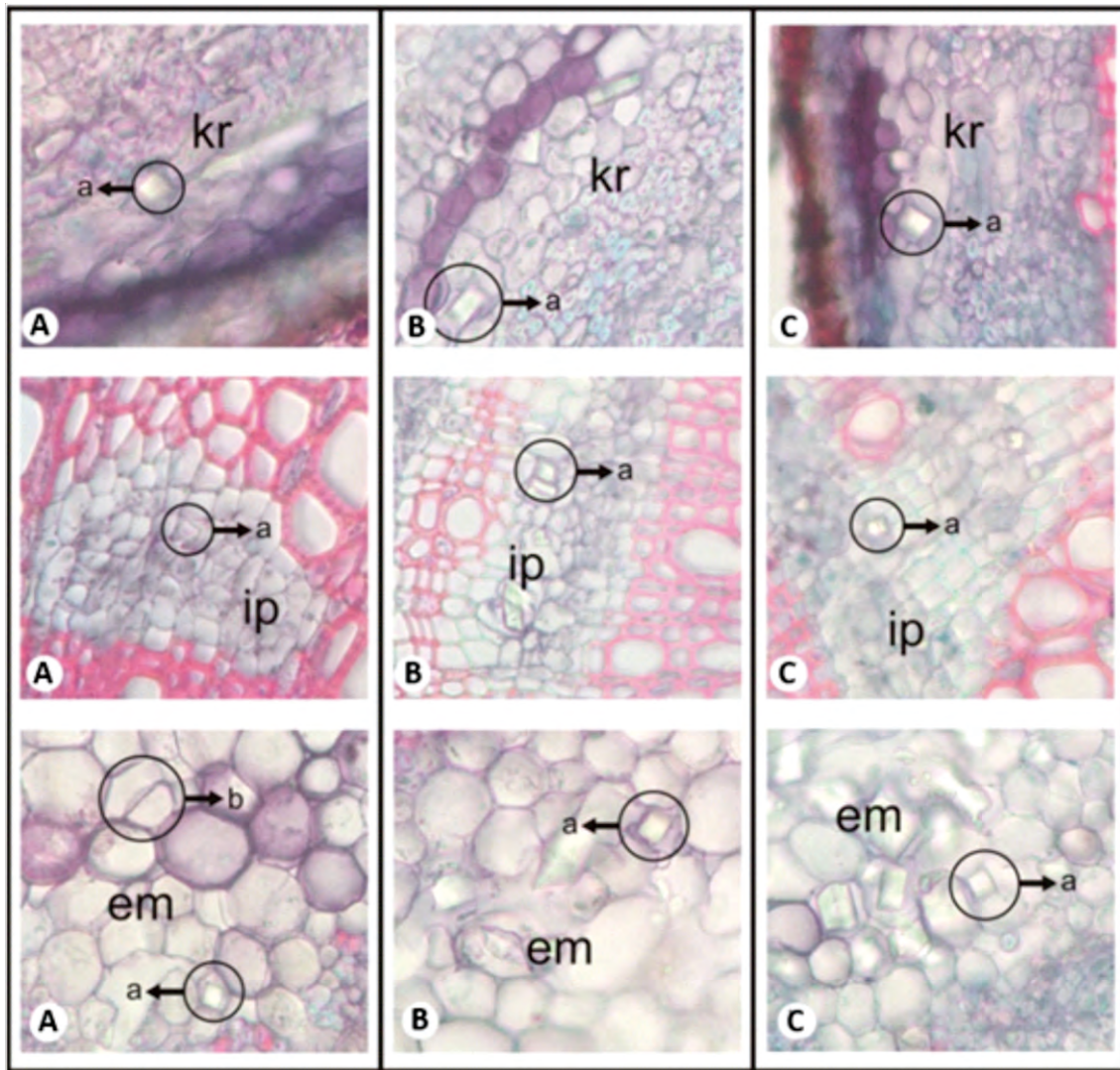
Susunan jari-jari empulur ditemukan beberapa variasi susunan diantaranya uniseriat, biseriat dan triseriat pada *G. versteegii* provenan Hajumee, Kayuk pisak 1, dan Pantai; sedang jari-jari empulur uniseriat dan biseriat terdapat pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 2, Kayuk pisak 3, Kayuk pisak 4, dan Kayuk pisak 5 (Gambar 3). Pada *G. versteegii*, susunan jari-jari empulur umumnya satu seri (uniseriat), namun ada juga yang biseriat, triseriat, dan tetraseriat (IAWA Committee 1989; Mulyaningsih and Sumarjan,

2002; Andianto 2010; Mandang and Wiyono 2002; Asdar 2006). Hal ini serupa dengan hasil penelitian bahwa bukan hanya diperoleh susunan uniseriat, namun beberapa provenan yang diteliti memiliki susunan jari-jari empulur hingga triseriat.

Letak empulur pada beberapa provenan *G. versteegii* berpengaruh terhadap ketebalan dan diameter empulurnya, dimana letak empulur pada provenan *G. versteegii* yang diteliti dibagi menjadi tiga yaitu di bagian *central*, *semi-perifer*, dan *perifer* (Tabel 1, Gambar 3). Pada *G. versteegii* provenan Hajumee dan Kayuk pisak 1 letak empulur berada di bagian *central*, sedangkan letak empulur pada provenan Pantai, dan Kayuk pisak 2 terletak di bagian *semi-perifer*, kemudian provenan Kayuk pisak 3, Kayuk pisak 4, dan Kayuk pisak 5 terletak di bagian *perifer*. Jaringan empulur tumbuhan pada umumnya terletak di pusat batang. Letak empulur dipengaruhi oleh arah cahaya, dan untuk pohon *G. versteegii* provenan Pantai empulur terletak eksentris (Mulyaningsih et al. 2007). Dengan letak empulur yang berbeda tersebut mempengaruhi ketebalan dan diameter dari empulur. Letak empulur di bagian *semi-perifer* pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 5 menyebabkan ketebalan empulur menjadi lebih besar dibandingkan dengan *G. versteegii* provenan lain yaitu 24%, sedangkan ketebalan empulur paling rendah yaitu pada provenan Kayuk pisak 1 yang memiliki letak empulur *central* yaitu sebesar 20,24%. Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh cahaya terhadap empulur sehingga dapat mempengaruhi letak dari empulur. Arah cahaya mempengaruhi letak empulur dimana semakin tinggi persaingan cahaya dengan tumbuhan lainnya (persaingan kanopi) maka semakin eksentris letak dari empulur. Hal ini didukung oleh Mulyaningsih et al. (2007) dimana jaringan empulur tidak dipengaruhi secara nyata oleh adanya perbedaan intensitas cahaya akan tetapi dipengaruhi oleh arah cahaya. Berdasarkan hasil pengamatan, diameter sel empulur

yang paling lebar ( $38,5 \pm 9,19 \mu\text{m}$ ) terdapat pada *G. versteegii* provenan Hajumee, sedangkan diameter sel empulur yang tersempit ( $27,5 \pm 3,53 \mu\text{m}$ ) terdapat pada provenan Pantai. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa diameter jaringan empulur yang terletak di *central* memiliki diameter yang paling lebar pada provenan Hajumee.

Kristal Ca-Oksalat dari *G. versteegii* yang telah diteliti terletak pada parenkim korteks, *interxylary phloem*, dan empulur, dengan tiga bentuk diantaranya yaitu bentuk prisma, memanjang (*elongated*), dan batang (*styloid*). Pada penelitian Mandang & Wiyono (2002) menunjukkan bahwa pada beberapa spesies batang penghasil gaharu seperti *A. malacensis* dan *G. versteegii* menghasilkan kristal Ca-Oksalat berbentuk prisma, pada *A. malacensis* Ca-Oksalat berbentuk prisma yang ditemukan dalam jari-jari empulur, dan pada *G. versteegii* provenan Pantai ditemukan di parenkim. Hasil penelitian didukung juga oleh Tabata et al. (2003) yang menyatakan bahwa ada banyak bentuk kristal Ca-Oksalat namun hanya dapat ditemukan pada parenkim korteks, *interxylary phloem*, dan empulur. Pada *G. versteegii* provenan Hajumee, Kayuk pisak 1, Kayuk pisak 2, Kayuk pisak 3 ditemukan Ca-Oksalat yang berbentuk prisma yang terletak di dalam sel parenkim korteks, sel *interxylary phloem*, dan sel parenkim empulur; sementara Ca-Oksalat bentuk memanjang hanya ditemukan di dalam sel parenkim empulur. Pada *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4 dan Kayuk pisak 5 hanya ditemukan Ca-Oksalat berbentuk prisma di sel parenkim korteks, sel *interxylary phloem*, dan sel parenkim empulur; sedangkan pada *G. versteegii* provenan Pantai ditemukan Ca-Oksalat bentuk prisma di sel parenkim korteks, sel *interxylary phloem*, dan sel parenkim empulur, dan Ca-Oksalat bentuk batang (*styloid*) hanya ditemukan di dalam sel parenkim korteks (Gambar 6 dan 7, Tabel 1).



**Gambar 7.** Variasi bentuk Ca-Oksalat *Gynerops versteegii* di Pulau Sumbawa. Keterangan: (A) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 3, (B) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 4, (C) *G. versteegii* provenan Kayuk pisak 5, (a) Kerystal Ca-Oksalat bentuk prisma, (b) Kerystal Ca-Oksalat bentuk memanjang, (kr) Jaringan korteks, (ip) *Interxylary phloem*, (em) Jaringan empulur.

**Figure 7.** Variations in the form of Ca-oxalate *G. versteegii* on Sumbawa Island. Notes : (A) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 3, (B) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 4, (C) *G. versteegii* provenance Kayuk pisak 5, (a) Ca-Oxalate crystal prism, (b) Ca-Oxalate crystal elongated form, (kr) Cortex tissue, (ip) *Interxylary phloem*, (em) pith tissue.

**Kunci Identifikasi struktur anatomi batang provenan *Gynerops versteegii* di pulau Sumbawa**

- 1a. Letak empulur di pusat batang, bentuk jaringan sklerenkim kortek berbentuk trapezium ..... 2
- b. Letak empulur semiperifer atau perifer batang ..... 3
- 2a. Sel trakea membentuk deretan sel kearah radial dengan jumlah 2-8, frekuensi trakea per mm<sup>2</sup> rata-rata 10,43±2,5 ..... **provenan Hajumee.**

- b. Sel trakea membentuk deretan sel kearah radial dengan jumlah 2-7, frekuensi trakea per mm<sup>2</sup> rata-rata lebih dari setengah jumlah pada provenan Hajumee yaitu 5,5±4,25 ..... **provenan Kayuk pisak 1 (provenan Tartar, Pr. Nov.).**
- 3a. Susunan atau komposisi jari-jari empulur uniseriat, biseriat dan triseriat, frekuensi trakea per mm<sup>2</sup> rata-rata 7,1±5,11 ..... **provenan Pantai.**
- b. Susunan atau komposisi jari-jari empulur

uniseriat dan biseriat, frekuensi trakea per mm<sup>2</sup> rata-rata dua kali lipat lebih dari provenan Pantai yaitu rata-rata (14,7) .....  
 ..... **provenan Kayuk pisak.**

Keterangan: Pr. provenan, Nov. Nova = baru.

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada areal/ lokasi geografis yang diteliti dapat disimpulkan bahwa ditemukan empat provenan *G. versteegii* di Pulau Sumbawa yang meliputi satu provenan dari Kabupaten Bima, yaitu *G. versteegii* provenan Hajumee, tiga provenan dari Kabupaten Sumbawa Barat, yaitu *G. versteegii* provenan Pantai, dan provenan Kayuk pisak serta satu provenan baru, yaitu provenan Tartar. Keempat provenan *G. versteegii* di pulau Sumbawa memiliki keragaman anatomi batang seperti ketebalan periderm, letak empulur, pola sklerenkim korteks, ketebalan *interxylary phloem*, susunan parenkim kayu, frekuensi trakea, susunan atau komposisi jari-jari empulur, dan bentuk Ca-Oksalat.

## Daftar Pustaka

- Andianto A. 2010. Ciri anatomi lima jenis kayu penghasil gaharu dan dua jenis kerabatnya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 28 (2): 169-183. <https://doi.org/10.20886/jphh.2010.28.2.169-183>.
- Angyalossy V, Pace MR, Evert RF, Marcatti CR, Oskolski AA, Terrazas T, Kotina TE, et al. 2016. IAWA List of microscopic bark features. *IAWA Journal* 37 (4): 517-615. <https://doi.org/10.1163/22941932-20160151>.
- Asdar M. 2006. Karakteristik anatomi kayu gaharu daun beringin (*Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke) dari Gorontalo. *Jurnal Parenial* 3 (1): 6-10.
- Berden R. 2020. The microscopic beauty of plants and trees. <https://www.canadiannaturephotographer.com/microscopicplants1.htm>. (diakses 16 Desember 2021).
- Bone TS, Downie SR, Affolter JM, and Spalik K. 2011. A phylogenetic and biogeographic study of the genus *Lilaeopsis* (Apiaceae Tribe Oenantheae). *Systematic Botany* 36(3):789-805. <https://doi.org/10.1600/036364411X583745>.
- Carlquist S, & Hoekman DA. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. *IAWA Bull. n.s.* 6: 319-347.
- Giang. 2021. July 15. Agarwood price update in 2021. Thien Moc Huong Agarwood Jewelry. <https://tmhagarwood.com/agarwood-prices-updated-in-2021/> (diakses 30 Oktober 2021).

- Gratzfeld J., and Tan B. 2008. Agarwood - saving a precious and threatened resource. *BG journal* 5(1), 4-7.
- IAWA Committee. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification: With an Appendix on non-anatomical information. *IAWA Bulletin n.s.* 10(3): 219-332.
- Iswantari W, Mulyaningsih T, and Muspiah A. 2017. Karyomorfologi dan jumlah kromosom empat grup *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke. di Lombok. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 11: 205-211. <https://doi.org/10.22146/jik.28284>.
- Jorge F, Quilhó T, and Pereira H. 2000. Variability of fiber length in wood and bark in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* 59(3):283-291. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000235>.
- Leitão CAE. 2016. An alternative stage micrometer for use at light microscope. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia* 8(2): 58-61.
- Liu P, Zhang X, Yang Y, Sui C, Xu Y, and Wei J. 2019. Interxylary phloem and xylem rays are the structural foundation of agarwood resin formation in the stems of *Aquilaria sinensis*. *Trees - Structure and function* 33(2):533-542. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1799-4>.
- López-Sampson A, and Page T. 2018. History of use and trade of agarwood. *Economic Botany* 72(1):107-129.
- Luo B, Imai T, Sugiyama J, Marsoem SN, Mulyaningsih T, and Itoh T. 2020. The occurrence and structure of radial sieve tubes in the secondary xylem of *Aquilaria* and *Gyrinops*. *IAWA Journal* 41(1): 109-124. <https://doi.org/10.1163/22941932-00002103>.
- Luo B, Ou Y, Pan B, Qiu J, and Itoh T. 2018. The structure and development of interxylary and external phloem in *Aquilaria sinensis*. *IAWA Journal* 39(1):3-17. <https://doi.org/10.1163/22941932-20170182>.
- Lux A, Morita S, Abe J, and Ito K. 2005. An improved method for clearing and staining free-hand sections and whole-mount samples. *Annals of Botany* 96: 989-996, doi:10.1093/aob/mci266.
- Mahesh S, Kumar P, and Ansari SA. 2015. A rapid and economical method for the maceration of wood fibers in *Boswellia serrata* Roxb. *Tropical Plant Research An International Journal* 2(2): 2349-9265.
- Mandang YI, and Wiyono B. 2002. Anatomi Kayu Gaharu Dan Beberapa Jenis Sekerabat. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 20(2):107-26.
- Mandang YI. 2005. Anatomi pepagan pulai dan beberapa jenis sekerabat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 22(4): 247-261. <https://doi.org/10.20886/jphh.2004.22.4.247-261>.
- Moya R, Gondaliya AD, and Rajput KS. 2017. Stem anatomy and development of interxylary phloem in *Strychnos bredemeyeri* (Loganiaceae). *Anales de Biología* 39: 75-87. <https://doi.org/10.6018/analesbio.39.08>.
- Mulyaningsih T, Sumarjan & Parman. 2007. Pengaruh intensitas cahaya proses sitologi pembentukan gubal, lingkaran tahun dan jaringan kayu yang baru di sekitar lubang inokulasi pada pohon gaharu *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke. (tidak dipublikasikan). Laporan Penelitian Fundamental. Mataram.
- Mulyaningsih T, and Sumarjan. 2002. Formation of interxylary phloem and aromatic resin in *Gyrinops*



- versteegii* (Thymelaeaceae)." In Abstracts 5 Th Pacific Regional Wood Anatomy Conference (Yogyakarta). IAWA Journal **23**(4):472-73.
- Mulyaningsih T, Marsono D, Sumardi, and Yamada I. 2014. Selection of Superior breeding infraspecies gaharu of *Gyrinops versteegii* (Gilg) Domke. Journal of Agricultural Science and Technology **B 4**: 485-92.
- Mulyaningsih T, Marsono D, Sumardi, and Yamada I. 2017a. Keragaman infraspesifik gaharu *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke di Pulau Lombok bagian barat. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam **14**(1):57-67. <https://doi.org/10.20886/jphka.2017.14.1.57-67>.
- Mulyaningsih T, Marsono D, Sumardi, and Yamada I. 2017b. The presence of eaglewood *Gyrinops versteegii* in the Natural Forest of west Lombok Island, Indonesia. Ecology Environment & Conservation **23**(2): 723-729. [http://envirobiotechjournals.com/issue\\_articles.php?iid=230&jid=3](http://envirobiotechjournals.com/issue_articles.php?iid=230&jid=3).
- Schweingruber FH, Börner A, Schweingruber FH, and Börner A. 2018. Stem anatomical structures of major taxonomic units. In *The Plant Stem*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73524-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73524-5_7).
- Sedyasa K, 1998. Taxonomy, phylogeny, and wood anatomy of *Alstonia* (Apocynaceae). Blumea. Supplement **11**(1): 1- 230.
- Shoyeido. 2021. Wood Chips. Shoyeido life with fragrance. Shoyeido USA, Inc. <https://www.shoyeido.com/category/incense-wood-chips/> (diakses 30 Oktober 2021).
- Tabata Y, Widjaja E, Mulyaningsih T, Parman, Wiriadinata H, and Mandang YI, 2003. Structural survey and artificial induction of aloeswood. Wood Research: Bulletin of the Wood Research Institute Kyoto University **90**:11-12. <http://hdl.handle.net/2433/53106>.
- TRAFFIC East Asia-Taipei and TRAFFIC Southeast Asia. 2005. The trade and use of agarwood in Taiwan, Province of China. TRAFFIC. <https://cites.org/sites/default/files/common/com/pc/15/X-PC15-07-Inf/> (diakses 30 Oktober 2021).
- WILDLIFE in Cosmetics and Perfumes. 2016. Cosmetics and perfume case study: Oud. [https://www.unodc.org/images/data-and-analysis/Wildlife/WLC16\\_Chapter\\_6/](https://www.unodc.org/images/data-and-analysis/Wildlife/WLC16_Chapter_6/) (diakses 30 Oktober 2021).
- Xu H, Liu M-G, Dong S-J, Wu Y-L, and Zhang H-K. 2019. Diversity and geographical variations of germplasm resources of *Armeniaca Mandshurica*. Chinese Journal of Plant Ecology **43**(7): 585-600. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2019.0060>.