

KERAGAAN STOMATA DAN ANALISIS FENETIK GENOTIPE JAHE MERAH (*Zingiber officinale* Rosc. var. *kunti* *Valeton*, *Zingiberaceae*) [*Stomata Performance and Phenetic Analysis of Red Ginger Genotypes* (*Zingiber officinale* Rosc. var. *kunti* *Valeton*, *Zingiberaceae*)]

Yuliana Galih Dyan Anggraheni^{1✉*}, Yasper Michael Mambrasar^{2*}, Enung Sri Mulyaningsih¹, Ambar Yuswi Perdani¹, Yashanti Berlinda Paradisa¹, Yuli Sulistyowati¹, Fiqolbi Nuro³, Sri Indrayani¹, Nana Burhana⁴, Tatang Sudarna⁴ dan Oti Rostiana⁵

¹Pusat Riset Rekayasa Genetika, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, BRIN, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

²Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Jl. Raya Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

³Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, BRIN, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

⁴Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Jl. Raya Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

⁵Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, BRIN, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

email: yulianagalih@yahoo.com

ABSTRACT

Ginger is a herb with potential value as an immunomodulator to boost human immune system. Gingerol compounds were reported to have immunomodulatory and immunosuppressant activities. The information of stomata diversity in red ginger genotype Balitro experimental garden collections are needed to complete the genotype description of red ginger plants as the primary data for red ginger plant breeding activities. Leaf morphological observation was carried out by observing the number, length, width, index, and density of stomata and the number of chloroplasts as well. The data obtained were analyzed using IBM SPSS version 25 software. The result showed that the mean length of stomata, the width of stomata, and the number of chloroplasts were significantly different. Meanwhile, the average number of stomata was not considerably different among other red ginger genotypes. Further analysis using the DMRT method showed that the stomata length of Ziof-115 (51,8µm) was significantly different from Ziof-68 (60,9 µm) genotype. In the character of stomatal width, Ziof-13 (24,3 µm) statistically different from Ziof-68 (31,6 µm) and Ziof-70 (30,6 µm), and the similar thing happened to the stomatal size character where Ziof-13 (1069,4 µm) was significantly different from Ziof-68 and Ziof-70 (1519,0 µm; 1422,4 µm). The number of chloroplast character Ziof-72 was significantly different from Ziof-13 with the average 37,5. Similarity dendrogram and principal component analysis divided 11 red ginger genotypes into two groups. The main components 1 and 2 have an eigenvalue >1, and explained the total diversity of red ginger by 68,67%.

Key words: *Dendogram, Principal Component Analysis, Red ginger, and Stomata*

ABSTRAK

Jahe merupakan tanaman rempah-rempah yang berpotensi sebagai imunomodulator untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh manusia. Senyawa gingerol dilaporkan memiliki aktivitas imunomodulator dan immunosupresan. Informasi mengenai keragaman stomata genotype jahe merah koleksi kebun percobaan Balitro diperlukan untuk melengkapi deskripsi genotype jahe merah yang digunakan sebagai dasar kegiatan pemuliaan tanaman jahe merah. Observasi morfologi daun dilakukan dengan mengamati jumlah, panjang, lebar, ukuran, indeks, dan kerapatan stomata, serta jumlah kloroplas. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan peranti lunak IBM SPSS versi 25. Hasil penelitian menunjukkan rerata panjang stomata, lebar stomata, ukuran stomata dan jumlah kloroplas berbeda nyata secara statistik. Sementara karakter rerata jumlah stomata, indeks stomata dan kerapatan stomata tidak berbeda nyata antar genotype. Analisis lanjut dilakukan dengan metode DMRT, terlihat bahwa panjang stomata pada genotype Ziof-115 (51,8 µm) berbeda nyata dengan Ziof-68 (60,9 µm). Pada karakter lebar stomata secara statistik Ziof-13 (24,3 µm) berbeda nyata dengan Ziof-68 (31,6 µm) dan Ziof-70 (30,6 µm), dan hal yang sama terjadi pada karakter ukuran stomata dimana Ziof-13 (1069,4µm) berbeda nyata dengan Ziof-68 dan Ziof-70 (1519,0 µm; 1422,4 µm). Karakter jumlah kloroplas Ziof-72 berbeda nyata dengan Ziof-13 dengan rerata sebesar 37,5 buah. Dendrogram keserupaan dan analisis komponen utama membagi 11 genotype jahe merah menjadi 2 kelompok. Komponen utama 1 dan 2 memiliki nilai eigenvalue > 1 dan dapat menjelaskan keragaman total jahe merah sebesar 68,67%.

Kata kunci: *Analisis Komponen Utama, Dendogram, Jahe merah, Stomata*

PENDAHULUAN

Jahe merah (*Zingiber officinale* Rosc. var. *kunti* *Valeton*) merupakan tanaman terna tahunan yang dapat tumbuh hingga 1 meter tingginya. Seperti anggota suku *Zingiberaceae* lainnya, Jahe merah dimanfaatkan sebagai rempah-rempahan yang banyak digunakan sebagai suplemen herbal oleh

masyarakat Indonesia (Hargono *et al.*, 2013; Supu *et al.*, 2019). Kandungan senyawa aktif yang terkandung dalam jahe merah seperti shogaol, gingerol dan zingerine banyak digunakan sebagai bahan baku industri farmasi (Syafitri *et al.*, 2018), senyawa aktif tersebut bermanfaat sebagai antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dan

*Kontributor Utama

*Diterima: 18 Februari 2021 - Diperbaiki: 6 Juli 2022- Disetujui: 6 Juli 2022

antikanker (Jayanudin. *et al.*, 2019). Tanaman jahe merah memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku alami dan berkelanjutan industri farmasi di Indonesia.

Z. officinale var. *kunti* pertama kali dipertelakan sebagai varietas oleh (Valeton, 1918). Valeton memisahkan Jahe putih sebagai *Z. officinale* var. *officinale* dengan karakter staminodia melonjong dengan bagian basal tumpul dan Jahe merah sebagai *Z. officinale* var. *kunti* dengan staminodia membulat telur dan bagian basal membulat. Status taksonomi *Z. officinale* var. *kunti* diperkuat juga oleh (Rugayah, 1994) melalui pengamatan morfologi perbungaan, bunga, serbuk sari, anatomi daun, dan pengamatan kromosom. (Valeton, 1981), menyebutkan bahwa sebaran *Z. officinale* var. *kunti* diketahui hanya di Jawa, Maluku dan mungkin juga di Singapura.

Z. officinale var. *kunti* atau Jahe merah potensial digunakan sebagai imunomodulator untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh manusia. Sistem imun merupakan suatu rangkaian kompleks mekanisme yang melibatkan beberapa sel, protein, maupun sinyal kimia sebagai respon tubuh untuk melawan zat asing yang masuk ke dalam tubuh (Hidayah *et al.*, 2020). Senyawa gingerol diketahui memiliki aktivitas imunomodulator (Schoenknecht *et al.*, 2016) dan aktivitas imunopresan (Grzanna *et al.*, 2005). Kedua jenis aktivitas ini dipengaruhi oleh jumlah dosis yang diberikan (Hidayah *et al.*, 2020).

Permasalahan pengembangan budidaya dan produktivitas jahe adalah terbatasnya bibit unggul dan minimnya informasi varietas yang dilepas. Sejauh ini Indonesia telah melepas 2 varietas jahe merah dengan nama Jahira 1 dan Jahira 2 (Supriadi *et al.*, 2011). Kurangnya informasi tersebut menyebabkan petani seringkali menggunakan bibit dari pertanaman sebelumnya dengan tingkat produktivitas yang belum memberikan keuntungan besar (Aryanti *et al.*, 2015). Jahe merupakan tanaman monokotil, namun jarang berbunga apalagi membentuk buah dan biji, oleh karena itu jahe diperbanyak dengan vegetatif melalui rimpang. Sistem perbanyakan vegetatif menyebabkan keragaman genetik rendah (Supriadi *et al.*, 2011). Keberhasilan program pemuliaan tanaman sangat ditentukan oleh keragaman plasma nutfah. Tanaman beragam pada umumnya akan mewariskan sifat (gen) tertentu yang bersifat unggul untuk kemudian dikumpulkan pada saat merakit varietas unggul baru.

Informasi mengenai keragaman suatu tanaman akan semakin memudahkan pemulia menentukan kekerabatan antar genotipe yang dapat dijadikan

sebagai dasar seleksi tanaman. Studi keragaman tanaman dapat dilakukan melalui pengayaan data fenotipik dan genotipik. (Setyawan, 2001), telah melakukan studi anatomi anggota famili *Zingiberaceae* yang digunakan untuk karakterisi taksonomi. Hal yang sama dilakukan (Liu *et al.*, 2020) yang mempelajari anatomi morfologi pada bagian akar *Zingiber officinale*. Salah satu bagian anatomi tanaman yang dapat diamati ialah stomata. Pada dasarnya stomata tersebar pada hampir semua bagian tanaman terutama daun. Daun merupakan organ penting pendukung kehidupan tanaman karena sebagai tempat fotosintesis. Proses fotosintesis sangat ditentukan oleh membuka dan menutupnya stomata sel penjaga. Stomata berperan sebagai pengatur penguapan, penyerapan CO₂ dari udara dan keluarnya O₂ ke udara selama proses fotosintesis dan arah sebaliknya pada saat respirasi (Mashud, 2018). Informasi hal-hal yang terkait keberadaan stomata daun dari genotipe jahe merah koleksi yang diamati dapat menjadi pembeda satu dengan lainnya. Studi keragaman yang terkait stomata telah dilakukan pada empat anggota famili *Zingiberaceae* yaitu *Zingiber officinale* Rosc, *Curcuma domestica* Val, *Alpinia galanga* L., dan *Etilingeraelator* L. menunjukkan bahwa semua spesies memiliki struktur stomata yang sama pada kedua sisi permukaan daunnya namun berbeda pada tingkat kerapatan pada kedua sisinya (Zahara, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik anatomi stomata dari 11 genotipe jahe merah koleksi kebun percobaan Balitro. Data yang diperoleh dapat melengkapi deskripsi genotipe yang ada dan dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan tanaman jahe merah pada khususnya.

BAHAN DAN CARA KERJA

Waktu dan tempat pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan mulai Januari-Juli 2020, dilakukan di laboratorium Agronomi untuk Evaluasi Produk Bioteknologi. Kelompok Penelitian Bioteknologi Tanaman Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI Cibinong.

Material genetik

Material genetik menggunakan 11 genotipe jahe merah koleksi Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) yang berasal dari daerah Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Kalimantan Selatan. Yang ditanam di kebun percobaan Sukamulya, Kabupaten Sukabumi Jawa Barat (Tabel 1).

Tabel 1. Genotipe yang digunakan dalam penelitian ini (*Genotype used in this research*)

No	Genotipe (<i>Genotype</i>)	Asal koleksi (<i>Origin of collection</i>)	No	Genotipe (<i>Genotype</i>)	Asal koleksi (<i>Origin of collection</i>)
1	Ziof-13	Jawa Barat	7	Ziof-80	Kalimantan Selatan
2	Ziof-68	Kalimantan Selatan	8	Ziof-112	Jawa Tengah
3	Ziof-69	Kalimantan Selatan	9	Ziof-115	Jawa Barat
4	Ziof-70	Kalimantan Selatan	10	Ziof-116	Jawa Barat
5	Ziof-72	Kalimantan Selatan	11	Ziof-117	Jawa Barat
6	Ziof-73	Kalimantan Selatan			

Metode

a) Analisis stomata

Analisis dilakukan menggunakan preparat non permanen menggunakan metode (Haryanti, 2010) yang dimodifikasi. Daun jahe merah diambil pada daun ketiga dari pucuk dan telah membuka sempurna. Daun diambil pagi hari dan ditempatkan dalam wadah berisi air untuk mencegah daun kering serta menjaga kelembaban daun. Daun kemudian dibersihkan dengan alkhohol 70% dengan cara diusapkan pada bagian daun yang akan diambil sampelnya. Larutan kuteks warna putih bening dioleskan tipis merata di bagian bawah daun (abaksial) dan didiamkan hingga mengering sekitar 10 menit. Lapisan kuteks diangkat menggunakan perekat transparan dan ditempelkan pada kaca preparat. Pengamatan jumlah stomata dilakukan dengan menggunakan mikroskop *Nikon Eclipse E 100*, perbesaran 100X dengan bidang pandang 2 mm².

Dokumentasi foto yang dihasilkan oleh perangkat lunak *DinoCapture 2.0* yang tersambung dengan mikroskop diatur dengan magnifikasi 1.0X dan dianalisis lanjut dengan menggunakan aplikasi *ImageJ 1.53e* (Schneider *et al.*, 2012). Pengukuran panjang dan lebar stomata merupakan rerata dari 5 stomata. Panjang stomata diukur dari sel penjaga secara vertikal, sedangkan lebar stomata diukur dari sel penjaga stomata secara horizontal. Pengukuran karakter ukuran stomata, kerapatan stomata, dan indeks stomata dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

Ukuran stomata dihitung dengan konstanta Franco (Franco, 1939; Abba *et al.*, 2018) :

$$Ukuran\ stomata = Panjang \times Lebar \times Konstanta\ Franco\ (0,7854)$$

Kerapatan stomata dihitung dengan formula (Lestari, 2006) :

$$Kerapatan\ stomata = \frac{Jumlah\ stomata}{Luas\ bidang\ pandang\ stomata}$$

Adapun luas bidang pandang diukur berdasarkan (Marantika *et al.*, 2021) :

$$Luas\ bidang\ pandang = Panjang \times Lebar$$

$$\begin{aligned} Luas\ bidang\ pandang &= Panjang \times Lebar \\ &= 400\ \mu m \times 300\ \mu m \\ &= 0,4\ mm \times 0,3\ mm \\ &= 0,12\ mm^2 \end{aligned}$$

Indeks stomata dihitung berdasarkan (Paul *et al.*, 2017)

$$Indeks\ stomata\ (\%) = \frac{\sum\ Stomata\ per\ unit\ area}{\sum\ Epidermis\ per\ unit\ area + \sum\ Stomata\ per\ unit\ area} \times 100$$

b) Analisis kloroplas

Daun jahe merah yang digunakan adalah kedua dari pucuk. Permukaan bawah daun disayat tipis menggunakan silet. Hasil sayatan direndam dalam larutan AgNO₃ 2% selama 5 menit. Kemudian sayatan diletakkan diatas kaca preparat lalu ditutup dengan gelas objek. Preparat diamati dibawah mikroskop *Nikon Eclipse E 100*, pembesaran 400X. Perhitungan jumlah kloroplas dilakukan dengan menghitung rerata dari 10 stomata setiap sampel genotipe jahe merah yang digunakan. Hasil pengamatan didokumentasi menggunakan perangkat lunak *DinoCapture 2.0*.

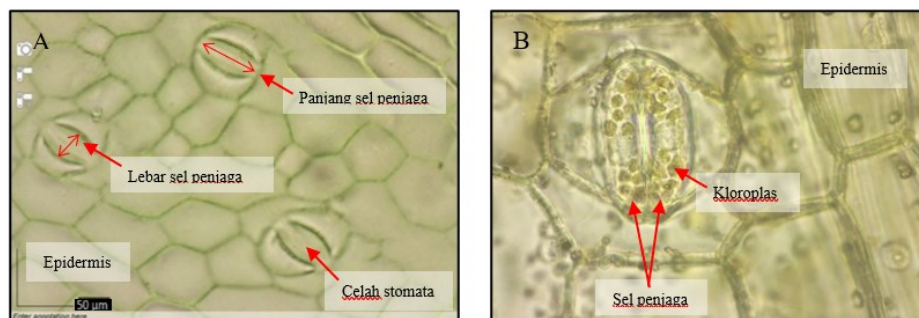
c) Analisis data

Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) dan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Dendogram hasil analisis keserupaan dilakukan dengan metode *Hierarchical Cluster Analysis Between Group Linkage* dengan teknik *Pearson Correlation*, sedangkan analisis komponen utama menggunakan *Correlation Matrix*. Analisis data-data tersebut dilakukan dengan perangkat lunak *IBM SPSS versi 25* (IBM, 2017).

HASIL

Pengamatan stomata dan kloroplas pada 11 genotipe jahe merah dilakukan pada bagian abaksial (Gambar 1). Analisis kuantitatif stomata dan kloroplas pada karakter jumlah, panjang, lebar, ukuran, indeks, dan kerapatan stomata serta jumlah kloroplas dianalisis secara statistik. Hasil analisis anova (Tabel 2) pada tujuh karakter pengamatan anatomi menunjukkan bahwa rerata panjang stomata, rerata lebar stomata, dan rerata ukuran stomata berbeda nyata, begitu pula pada karakter jumlah kloroplas. Pada tiga karakter pengamatan lainnya, seperti rerata jumlah stomata, rerata indeks stomata, dan rerata kerapatan stomata tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Analisis lanjut dilakukan dengan metode DMRT (Tabel 3), terlihat bahwa panjang stomata pada genotipe Ziof-115 berbeda nyata dengan Ziof-68 dengan kisaran panjang stomata sebesar 51,8 μm – 60,9 μm . Pada karakter lebar stomata secara statistik

Ziof-13 (24,3 μm) berbeda nyata dengan Ziof-68 (31,6 μm) dan Ziof-70 (30,6 μm). Hal serupa didapatkan pada karakter ukuran stomata, dimana ukuran terkecil didapatkan pada genotipe Ziof-13 (1069,4 μm), dan terbesar pada genotipe Ziof-68 (1519,0 μm). Pada karakter jumlah stomata, indeks stomata, dan kerapatan stomata yang tidak berbeda secara signifikan memberikan hasil rerata sebesar 154,9 μm , 6,2 dan 32,1 mm^2 . Sedangkan pada karakter jumlah kloroplas Ziof-72 berbeda nyata dengan Ziof-13 dan Ziof-115. Jumlah kloroplas berkisar antara 30,0 – 45,5 buah kloroplas, dengan rerata sebesar 37,5 buah kloroplas dalam sel penjaga stomata. Rerata ukuran stomata 11 genotipe jahe merah dalam penelitian ini sebesar 1216,6 μm dengan kerapatan 32,1 mm^2 . Dimana ukuran stomata terkecil dengan kerapatan stomata tertinggi diperoleh dari Ziof-13 (1069,4 μm ; 38,9 mm^2). Pada penelitian ini, kisaran indeks stomata pada 11 genotipe jahe merah bernilai 5,6% – 7,8%.



Gambar 1. Struktur bagian abaksial genotipe jahe merah, A) Stomata dan B) Kloroplas. (*Abaxial structure of red ginger genotype. A) Stomata and B) Chloroplast*).

Tabel 2. Hasil uji anova pada karakter stomata dan kloroplas 11 genotipe jahe merah. (*The anova test results on the stomata and chloroplast characters of 11 genotypes of red ginger*).

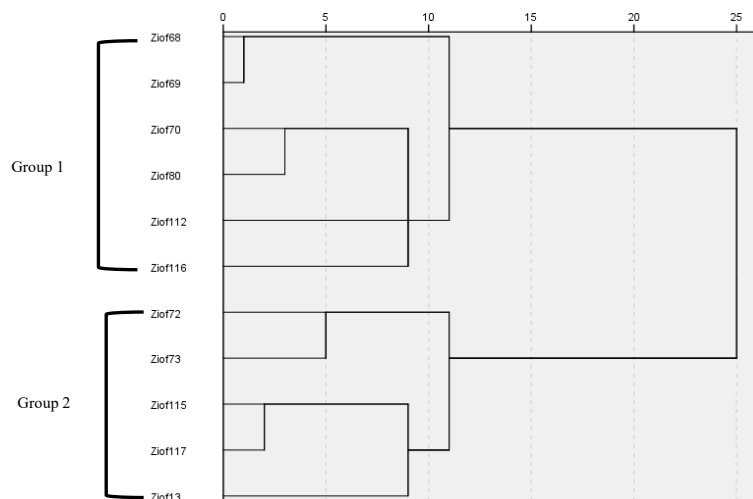
Karakter pengamatan (Characters observation)	Anova				
	Jumlah kuadrat (Sum of square)	db (df)	Rerata kuadrat (Mean of square)	Nilai F (F value)	Signifikansi (Significance)
Rerata jumlah stomata	10963,71	10	1096,37	1,69	0,12
Rerata panjang stomata	381,10	10	38,11	6,70	0,00
Rerata lebar stomata	216,85	10	21,69	9,69	0,00
Rerata ukuran stomata	987285,04	10	98728,50	14,44	0,00
Rerata indeks stomata	10,18	10	1,02	0,91	0,55
Rerata kerapatan stomata	433,64	10	43,36	1,15	0,38
Rerata jumlah kloroplas	2089,64	10	208,99	10,62	0,00

Tabel 3. Rerata hasil pengamatan pada karakter stomata dan kloroplas 11 genotipe jahe merah. (*Observation average results on the stomata and chloroplast characters of 11 genotypes of red ginger*).

Genotipe (Genotype)	Stomata (Stomata)					Kloroplas (Chloplast)	
	Jumlah (Number) (mm ²)	Panjang (Length) (µm)	Lebar (Width) (µm)	Ukuran (Size) (µm)	Indeks (Index) (%)	Kerapatan (Density) (mm ²)	Jumlah (Number) (buah)
Ziof-13	150,0±17,2 a	55,8±3,2 bcd	24,3±1,4 a	1069,4±76,3 a	7,8±0,9 a	38,9±4,8 a	45,5±6,3 f
Ziof-68	127,4±35,3 a	60,9±3,0 e	31,6±2,1 d	1519,0±98,2 d	6,3±0,9 a	27,8±4,8 a	36,4±4,3 bc
Ziof-69	140,8±15,3 a	54,7±2,1 abc	27,0±0,8 bc	1168,8±51,7 abc	5,8±0,9 a	27,8±4,8 a	32,9±3,8 ab
Ziof-70	179,6±37,7 a	58,9±3,1 de	30,6±2,1 d	1422,4±133,2 d	6,0±0,4 a	30,5±4,8 a	38,4±3,8 cd
Ziof-72	152,6±15,5 a	54,2±3,0 abc	27,4±1,2 bc	1174,5±106,6 abc	6,3±0,7 a	36,1±4,8 a	30,0±2,8 a
Ziof-73	142,8±25,0 a	53,7±1,4 ab	26,9±1,5 bc	1140,9±45,8 abc	6,4±0,8 a	36,1±4,8 a	34,6±4,9 bc
Ziof-80	170,8±18,9 a	55,1±2,3 abc	28,5±0,9 c	1241,0±79,3 c	5,7±1,1 a	30,5±4,8 a	34,6±4,1 bc
Ziof-112	166,4±25,0 a	57,2±1,6 cd	27,6±1,3 bc	1249,5±55,1 c	6,0±1,2 a	33,3±8,3 a	38,6±3,3 cde
Ziof-115	154,8±17,7 a	51,8±1,8 a	26,5±1,3 bc	1086,9±75,8 a	6,2±1,2 a	30,5±4,8 a	42,7±5,7 ef
Ziof-116	156,0±14,6 a	58,8±1,9 de	26,1±2,1 ab	1210,9±85,9 bc	5,6±1,9 a	27,8±9,6 a	37,0±3,3 bc
Ziof-117	163,0±39,9 a	53,4±2,0 ab	26,1±0,8 ab	1099,7±58,4 ab	6,3±0,9 a	33,3±8,3 a	42,0±5,1 def
Rerata	154,9±27,1	55,9±3,4	27,5±2,4	1216,6±154,4	6,2±1,0	32,1±6,3	37,5±6,1

Dendogram (Gambar 2) hasil analisis keserupaan menggunakan *pearson correlation*, pada 11 genotipe jahe merah berdasarkan pada tujuh karakter anatomi terlihat bahwa seluruh genotipe terbagi dalam dua kelompok, kelompok pertama terdiri dari enam genotipe jahe merah dan kelompok kedua terdiri dari lima genotipe jahe merah. Pada kelompok pertama sebanyak empat

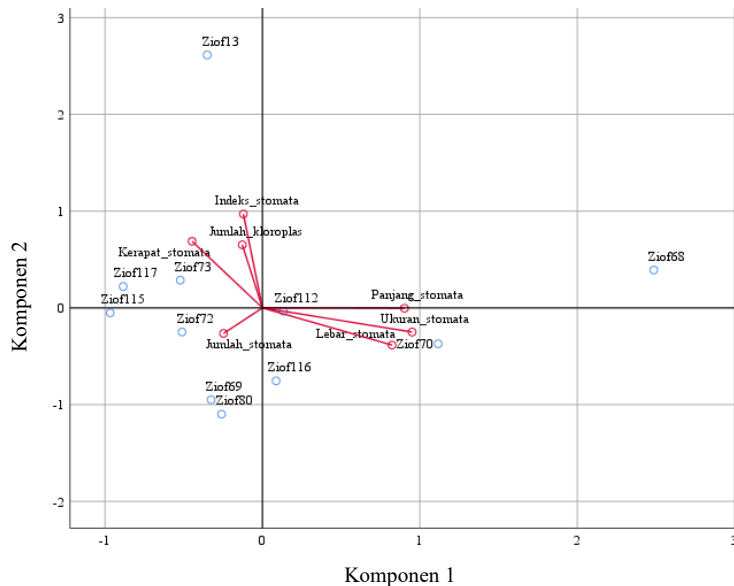
genotipe berasal dari Kalimantan Selatan (Ziof-68, Ziof-69, Ziof-70, dan Ziof-80), satu genotipe dari Jawa Tengah (Ziof-112), dan satu genotipe dari Jawa Barat (Ziof-116). Sedangkan genotipe yang masuk dalam kelompok kedua berasal dari Kalimantan Selatan sebanyak dua genotipe (Ziof-72, dan Ziof-73), dan tiga genotipe dari Jawa Barat (Ziof-115, Ziof-117, dan Ziof-13).



Gambar 2. Dendogram hasil analisis keserupaan dengan metode *Hierarchical Cluster Analysis Between Group Linkage* terhadap 11 genotipe jahe merah berdasarkan karakter anatomi (*Similarity analysis result dendogram using Hierarchical Cluster Analysis Between Group Linkage method of 11 genotypes of red ginger based on anatomic character*)

Analisis biplot (Gambar 3) menunjukkan posisi dari 11 genotipe jahe merah tersebar pada empat kuadran. Genotipe Ziof-13 dan Ziof-68 berada

paling jauh dari genotipe-genotipe lainnya. Sedangkan tujuh karakter anatomi tersebar dalam tiga kuadran yang berbeda.



Gambar 3. Biplot analisis sebaran karakter pengamatan dan genotipe berdasarkan analisis komponen utama (*Biplot of observed character distribution analysis and genotype base on principal component analysis*).

Hasil analisis komponen utama berdasarkan karakter pengamatan stomata dan kloroplas (Tabel 4) menunjukkan bahwa komponen utama 1 dan 2 memiliki nilai *eigenvalue* > 1 dan dapat menjelaskan keragaman total jahe merah sebesar 68,67%. Pada komponen utama 1, karakter yang berkontribusi nyata terhadap keragaman total ialah

panjang stomata, lebar stomata dan ukuran stomata dengan nilai KU sebesar 0,90; 0,82; dan 0,95. Pada komponen utama 2, karakter indeks stomata, kerapatan stomata, dan jumlah kloroplas berkontribusi terhadap keragaman dengan nilai KU sebesar 0,97; 0,69; dan 0,65.

Tabel 4. Analisis komponen utama 11 genotipe jahe merah (*Principal component analysis of 11 genotypes of red ginger*)

No	Karakter (Character)	KU1(Komponen utama 1) (Principal component 1)	KU2(Komponen utama 2) (Principal component 2)
1	Jumlah stomata	-0,25	-0,26
2	Panjang stomata	0,90*	-0,00
3	Lebar stomata	0,82*	-0,39
4	Ukuran stomata	0,95*	-0,25
5	Indeks stomata	-0,12	0,97*
6	Kerapatan stomata	-0,45	0,69*
7	Jumlah kloroplas	-0,13	0,65*
8	<i>Eigenvalue</i>	3,44	1,36
9	Variasi (%)	49,21	19,47
10	Total keragaman	49,20	68,67

*Berkontribusi nyata terhadap keragaman (*Has significant contribution to diversity*)

PEMBAHASAN

Ciri anatomi termasuk salah satu karakter yang mudah dievaluasi dalam analisis keberagaman suatu tumbuhan. Selain itu ciri anatomi dilaporkan berkaitan erat dengan keragaman genetik (Damayanti *et al.*, 2015). Karakter anatomi stomata dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kemiripan suatu varietas tanaman (Dewi *et al.*, 2015). Jumlah dan ukuran stomata per unit area berbeda antar spesies tanaman dan antar daun pada setiap spesies (Mashud, 2018). Beberapa penelitian mengenai perbedaan anatomi antar spesies dan genotipe telah dilakukan seperti dalam penelitian (Avci dan Aygün, 2014) melaporkan hazelnut memiliki karakter stomata yang unik dan berbeda antar kultivar dengan jumlah stomata pada hazelnut berkisar antara 83,08–117,73 per mm² dengan rerata panjang dan lebar stomata sebesar 24,81 µm dan 20,2 µm. (Zahara, 2020) melaporkan bahwa rerata kerapatan adaksial dan abaksial stomata jahe tercatat sebesar 190,51 dan 794,22 dengan tipe stomata *paracytic*. Menurut (Haryanti, 2010) jumlah stomata dibagi dalam 3 kategori yaitu: sedikit (1–50), cukup banyak (51–100), banyak (101–200), sangat banyak (201– >300), tak terhingga (301– >700). Dalam penelitian ini jumlah stomata jahe masuk dalam kategori banyak dengan kisaran jumlah stomata 127,4–179,6 stomata.

Jumlah stomata mempengaruhi tingkat penyerapan CO₂ dan kapasitas fotosintesis tanaman (Taluta *et al.*, 2017). Semakin tinggi kerapatan stomata, semakin banyak pori yang terbuka untuk menyerap CO₂ (Shiva *et al.*, 2017). Meningkatnya konsentrasi CO₂ berpengaruh negatif terhadap lingkungan, namun mempunyai arti positif bagi pertumbuhan tanaman. Produktivitas tanaman jahe dapat meningkat dengan meningkatnya konsentrasi CO₂ (Supriadi *et al.*, 2011). Menurut (Taluta *et al.*, 2017) saat proses difusi CO₂ ke dalam jaringan daun, stomata yang pembukaannya lebih kecil akan mengakibatkan difusi CO₂ lebih rendah dibanding pada daun yang stomatanya membuka lebih besar. Kerapatan stomata, panjang, dan lebar stomata dipengaruhi oleh genetik dan lingkungan tempat tumbuh tanaman. Hal ini didukung oleh (Meriko, 2018) yang menyebutkan bahwa jumlah dan ukuran stomata dipengaruhi oleh genotipe dan lingkungan. (Juairiah, 2014) melaporkan karakter stomata daun dari empat jenis tanaman yaitu: *T. orientalis*, *C. bartramia*, *V. pinnata*, dan *S. garcinofolium* yang tumbuh di hutan asli dan lahan paska tambang timah mengalami adaptasi pada kerapatan stomata dan ukuran stomata.

Ukuran stomata dan kerapatan stomata saling berkaitan dimana semakin tinggi kerapatan stomata maka ukuran stomata semakin kecil (Marantika *et al.*, 2021). Kerapatan stomata juga dipengaruhi oleh jumlah epidermis. Sel epidermis adalah sel-sel yang

menutupi tubuh tumbuhan dan memiliki variasi struktur dan fungsi (Haryanti, 2010). Sel epidermis jahe memiliki tipe *polygonal*, dengan variasi sel bersegi empat atau bersegi enam (Rugayah, 1994; Zahara, 2020). Jumlah sel epidermis mempengaruhi stomata. Indeks stomata adalah persentase perhitungan jumlah stomata per unit area dibagi dengan jumlah stomata dan epidermis per unit area.

Analisis karakter stomata menunjukkan bahwa ukuran stomata berkorelasi positif dengan panjang dan lebar stomata. Indeks stomata berkorelasi dengan kerapatan stomata dan jumlah kloroplas. (Damayanti *et al.*, 2015) menyebutkan bahwa indeks stomata menunjukkan tingkat kerapatan stomata, dimana kerapatan stomata dipengaruhi oleh dua faktor lingkungan salah satunya ialah intensitas cahaya. Intensitas cahaya dapat mempengaruhi perkembangan kloroplas, karena di dalam kloroplas terdapat pigmen klorofil yang bertugas menyerap energi matahari untuk digunakan dalam kegiatan fotosintesis.

Analisis kekerabatan berdasarkan morfologi sangat dipengaruhi oleh lingkungan, akan tetapi perlu dilakukan untuk melengkapi data genetik. Menurut (Tuberosa *et al.*, 2010) menyatakan bahwa karakterisasi yang memadai untuk karakter agronomis dan morfologi diperlukan untuk memfasilitasi pemanfaatan plasma nutfah oleh pemulia. Analisis komponen utama adalah salah satu metode analisis *multivariate*, yang digunakan untuk mengelompokkan variable-variabel yang mempunyai keragaman yang sama (Rufaidah dan Effindi, 2017). Pemilihan komponen utama didasarkan pada *eigenvalue*, dimana komponen-komponen yang digunakan haruslah bernilai >1, karena komponen tersebut dapat menerangkan keragaman data penelitian. (Hardika *et al.*, 2013) menambahkan *eigenvalue* yang bernilai >1 harus dipertahankan, sedangkan *eigenvalue* yang < 1 tidak dimasukkan ke dalam model. *Eigenvalue* menunjukkan besarnya sumbangan dari faktor terhadap varian seluruh variabel asli.

KESIMPULAN

Karakter anatomi yang meliputi jumlah, lebar, panjang, ukuran, indeks, dan kerapatan stomata serta jumlah kloroplas menunjukkan bahwa secara statistik panjang stomata, lebar stomata, ukuran stomata, dan jumlah kloroplas berbeda nyata. Analisis keserupaan terhadap 11 genotipe jahe merah koleksi KP Balitro berdasarkan karakter anatomi terbagi dalam dua kelompok besar. Karakter yang berkontribusi terhadap keragaman ialah panjang, lebar, dan ukuran stomata pada KU1, dan pada KU2 karakter yang berkontribusi ialah indeks, kerapatan stomata, dan jumlah kloroplas. Keragaman total 11 genotipe jahe merah yang dapat dijelaskan berdasarkan tujuh karakter pengamatan

sebesar 68,67% (KU1 dan KU2). Karakterisasi anatomi merupakan salah satu aspek biologi yang sangat berarti dalam program pemuliaan dan kegiatan perlindungan pelestarian tanaman jahe.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh kegiatan DIPA Puslit Bioteknologi-LIPI TA 2020 komponen kegiatan herbal immunodulator untuk penanganan covid-19.

DAFTAR PUSTAKA

- Abba, H.M., Abdullahi, A. and Yuguda, U.A., 2018. Leaf epidermal anatomy of *Ipomoea carnea* Jacq sampled from selected areas in Gombe State, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 11(1), 148–154. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v11i1.26>
- Aryanti, I., Bayu, E. dan Kardhinata, E., 2015. Identifikasi karakteristik morfologis dan hubungan kekerabatan pada tanaman jahe (*Zingiber Officinale* Rosc.) di Desa Dolok Saribu Kabupaten Simalungun. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(3), 105166. <https://doi.org/10.32734/jaet.v3i3.10941>
- Avcı, N. and Aygün, A., 2014. Determination of stomatal density and distribution on leaves of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(4), 454–459. <https://doi.org/10.15832/tbd.27845>
- Damayanti, F., Roostika, I. dan Mansur, M., 2015. Kajian morfologi, sitologi, dan struktur anatomi daun *Nepenthes* spp. asal Kalimantan Barat. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2), 5. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v8i2.3862>
- Dewi, N.P.S.R., Kriswiyanti, E. dan Sutara, P.K., 2015. Hubungan kekerabatan 12 kultivar brokoli (*Brassica oleracea* L.) berdasarkan karakter anatomi stomata. *Jurnal Simbiosis*, 3(1), 291–300.
- Franco, C., 1939. Relation between chromosome number and stomata in *Coffea*. *Botanic Gazette*, 100, 817–818.
- Grzanna, R., Lindmark, L. and Frondoza, C., 2005. Ginger—an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions. *Journal of Medicinal Food*, 8, 125–132.
- Hardika, J., Sebayang, D. dan Sembiring, P., 2013. Penerapan analisis komponen utama belajar siswa (Studi Kasus : SMAN 1 Medan). *Saintia Matematika*, 1(6), 507–516.
- Hargono., Pradhita, F. dan Aulia, M.B., 2013. Pemisahan gingerol dari rimpang jahe melalui proses ekstraksi secara Batch. *Momentum*, 9(2), 16–21. <https://doi.org/ISSN 0216-7395>
- Haryanti, S., 2010. Jumlah dan distribusi stomata pada daun beberapa spesies tanaman dikotil dan monokotil. *Anatomi Fisiologi*, XVIII(2), 21–28. <https://doi.org/10.14710/baf.v18i2.2600>
- Hidayah, I.N., Indradi, R.B., Studi, P., Farmasi, S., Farmasi, F., Padjadjaran, U., Farmasi, D.B., Farmasi, F., Padjadjaran, U., Raya, J. dan Sumedang, B., 2020. Review artikel: Aktivitas imunodulator beberapa tanaman dari suku *Zingiberaceae*. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada : Jurnal Ilmu Ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan Dan Farmasi*, 20(2), 181–193.
- IBM, C., 2017. *IBM SPSS Statistic for Windows* (No. 25). IBM Corp.
- Indrasari, S.D., 2019. Faktor yang mempengaruhi indeks glikemik rendah pada beras dan potensi pengembangannya di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 38(2), 105. <https://doi.org/10.21082/jp3.v38n2.2019.p105-113>
- Jayanudin., Rochmadi., Fahrurrozi, M. dan Wirawan, S.K., 2019. Oleoresin jahe sebagai sumber bahan baku berkelanjutan untuk obat-obatan. *Jurnal Integrasi Proses*, 8(2), 82–90.
- Juairiah, L., 2014. Studi karakteristik stomata beberapa jenis tanaman revegetasi di lahan pascapenambangan timah di Bangka. *Widyariset*, 17(2), 213–217. <http://widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id/index.php/widyariset/article/view/263>
- Lestari, E.G., 2006. The relation between stomata index and drought resistant at rice somaclones of Gajahmungkur, Towuti, and IR 64. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 7(1), 44–48. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d070112>
- Liu, H., Specht, C.D., Zhao, T. and Liao, J., 2020. Morphological anatomy of leaf and rhizome in *Zingiber officinale* Roscoe, with Emphasis on secretory structures. *HortScience*, 55(2), 204–207. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14555-19>
- Marantika, M., Hiariej, A. dan Sahertian, D.E., 2021. Kerapatan dan distribusi stomata daun spesies mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 12(1), 1–6.
- Mashud, N., 2018. Stomata dan klorofil dalam hubungannya dengan produksi kelapa. *Buletin Palma*, 0(32), 52–59. <https://doi.org/10.21082/bp.v0n32.2007.52-59>
- Meriko, L., 2018. Struktur stomata daun beberapa tumbuhan kantong semar (*Nepenthes* spp.). *Berita Biologi*, 16(3). <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v16i3.2398>
- Paul, V., Pandey, R., Sharma, L. and Meena, R.C., 2017. Measurements of stomatal density and stomatal index on leaf/plant surfaces. *Division of Plant Physiology, November*, 16–25. <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v16i3.2398>

- doi.org/10.13140/RG.2.2.13426.40646
- Rufaidah, A. dan Effindi, A., 2017. Analisis komponen utama pada penerepan aplikasi pembelajaran metode Glenn Doman. *Jurnal Ilmiah Edutic*, 3(2), 107–112.
- Rugayah., 1994. Status taksonomi jahe putih dan jahe merah. *Floribunda*, 1(14), 53–56.
- Sarjani, T.M., Pandia, E.S. dan Wulandari, D., 2017. Identifikasi morfologi dan anatomi tipe stomata famili *Piperacea* di Kota Langsa. *IPA Dan Pembelajaran IPA*, 1(2), 182–191.
- Schneider, C.A., Rasband, W.S. and Eliceiri, K.W., 2012. *NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis* (1.53e; pp. 671–675). Nasional Institute of Health. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Schoenknecht, C., Andersen, G., Schmidts, I. and Schieberle, P., 2016. Quantitation of gingerols in human plasma by Newly Developed Stable Isotope Dilution Assays and Assessment of Their Immunomodulatory Potential. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 64(11), 2269–2279.
- Setyawan, A.D., 2001. Anatomi sistematik pada anggota familia *Zingiberaceae*. *BioSMART*, 3(2), 36–44.
- Shiva, B., Nagaraja, A., Srivastava, M. and Goswami, A.K., 2017. Determination of correlation between stomatal density and gas exchange Traits in Guava. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(9), 1328–1334. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.160>
- Supriadi, M.Yusron dan Wahyuno, D., 2011. *Jahe (Zingiber officinale Rosc.) Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe* (Miftahudin. dan Efiana (eds.)). Balai Penelitian Tanaman Ibat dan Aromatik.
- Supu, R.D., Diantini, A. and Levita, J., 2019. Red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*): Its chemical constituents pharmacological activities and safety. *Fitofarmaka: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 8(1), 23–29. <https://doi.org/10.33751/jf.v8i1.1168>
- Syafitri, D.M., Levita, J., Mutakin, M. and Diantini, A., 2018. A Review: Is ginger (*Zingiber officinale* var. *Roscoe*) potential for future phytomedicine? *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 8(1), 8–13. <https://doi.org/10.24198/ijas.v8i1.16466>
- Taluta, H.E., Rampe, H.L. dan Rumondor, M.J., 2017. Pengukuran panjang dan lebar pori stomata daun beberapa varietas tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal MIPA*, 6(2), 1. <https://doi.org/10.35799/jm.6.2.2017.16835>
- Tuberosa, R., Graner, A. and Varshney, R.K., 2010. Genomics of plant genetic resources: an Introduction. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. *Journal of Agriculture*, 9(2), 151–154.
- Zahara, M., 2020. Identification of morphological and stomatal characteristics of *Zingiberaceae* as medicinal plants in Banda Aceh, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 425(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/425/1/01204>