

KERAGAMAN KARAKTER BEBERAPA MORFO-FISIOLOGI AKSESI KAKAO BANGKA PADA MUSIM KERING YANG PENDEK

MORPHO-PHYSIOLOGICAL DIVERSITY OF BANGKA COCOA ACCESSION DURING THE SHORT DRY SEASON

Maera Zasari^{1*}, Kartika¹, Ropalia¹

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Kelautan, Universitas Bangka Belitung

* Corresponding Author. E-mail address: maerazasari72.ubb@gmail.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 23-6-2026

Direvisi: 27-7-2026

Disetujui: 13-8-2026

KEYWORDS:

Morpho-physiological,
Cocoa, Bangka, Dry Season

ABSTRACT

Due to their sensitivity to dry conditions, cocoa plant confront both challenges and obstacles in their development. Under drought conditions, the morphological and physiological properties of cocoa plants change. This study aims to evaluate several morpho-physiological characteristics of Bangka cocoa accessions during the short-time dry season. This research was conducted out at the Bangka Island region's communal cocoa gardens. Five cocoa plants that have produced for more than three years in good health and vigor were purposively sampled as part of the study's exploratory method. Quantitative data were analyzed using the R program, the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean with the help of Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System software for variability, and kinship using the Singh and Chaudary (1979) equation. The results showed that the local Bangka cocoa accessions under short dry season conditions had quite diverse morpho-physiological characters with narrow - wide levels of diversity. There were no kinship relationships found in the majority of the Bangka cocoa accessions that were evaluated. The accessions of Bangka cocoa were separated into eight major clusters.

ABSTRAK

KATA KUNCI:

Morfo-fisiologi, Kakao,
Bangka, Bulan Kering

Kekeringan menjadi kendala sekaligus tantangan dalam pengembangan tanaman kakao yang sensitif terhadap lingkungan kering. Tanaman kakao mengalami perubahan karakter morfologi dan fisiologi dibawah kondisi kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi beberapa karakter morfo-fisiologis aksesori kakao Bangka pada bulan kering. Penelitian ini dilaksanakan di kebun kakao rakyat di wilayah pulau Bangka. Penelitian menggunakan metode eksplorasi dengan pengambilan sampel secara *purposive sampling* terhadap lima sampel tanaman kakao yang telah berumur > 3 tahun dalam keadaan sehat dan bervigor yang baik. Data kuantitatif yang diperoleh dari identifikasi tanggap karakter morfo-fisiologi di analisis ragam menggunakan program R, Metode *Unweighted Pair Group Method With Aritmatic Mean* dengan bantuan *software Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System* untuk variabilitas, dan analisis kekerabatan menggunakan persamaan Singh dan Chaudary (1979). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aksesori kakao lokal Bangka di bawah kondisi bulan kering memiliki karakter morfo-fisiologi yang cukup beragam dengan tingkat keragaman sempit - luas. Aksesori kakao Bangka yang diuji sebagian besar tidak menunjukkan adanya hubungan kekerabatan. Aksesori kakao Bangka terbagi dalam 8 (delapan) cluster utama.

1. PENDAHULUAN

Kakao adalah komoditas perkebunan unggulan yang menghasilkan biji sebagai sumber bahan baku produk cokelat dan turunannya, antara lain produk komestik, farmasi, makanan dan minuman yang digemari oleh penikmat cokelat manca negara (Hossain & Islam, 2024). Industri kakao menjadi sumber perekonomian masyarakat dan penyumbang devisa negara yang cukup

besar (Juby et al., 2021), sehingga pengusahaan kakao diprediksi terus meningkat meskipun produksi kakao dunia beberapa tahun terakhir tercatat cenderung fluktuatif (ICCO, 2024).

Perubahan iklim menimbulkan permasalahan sekaligus tantangan dalam budidaya tanaman kakao. Ketidakstabilan iklim dapat menyebabkan defisit air yang mengancam kestabilan produksi kakao (Gateau-Rey et al., 2018; Santhyami et al., 2018; Yoroba et al., 2019). Cuaca ekstrem baik kekeringan maupun curah hujan tinggi merupakan faktor penting dalam keberlanjutan produksi kakao (Evizal et al., 2026). Kakao tercatat sebagai tanaman yang sangat sensitif terhadap kekeringan (Zasari et al., 2020). Kondisi kering akan menghambat pertumbuhan, menurunkan ukuran atau bobot buah dan biji, serta memicu meningkatnya kerusakan akibat serangan hama dan penyakit, bahkan menyebabkan kematian tanaman fase bibit atau tanaman dewasa (Sugiatno et al., 2022; Mensah et al., 2023).

Tanaman akan mengalami penyesuaian karakter terhadap perubahan kondisi lingkungan tumbuh baik secara spesifik atau gabungan dari beberapa karakter. Defisit air pada lingkungan tumbuh memicu stres pada tanaman sehingga berpotensi menimbulkan tekanan biologis baik proses fisiologi maupun aktivitas fungsional tanaman (Baby et al., 2025). Dampak defisit air terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat beragam, termasuk adanya perubahan karakter morfologi dan fisiologis yang dapat mengganggu perkecambahan, pertumbuhan dan perkembangan bibit maupun tanaman dewasa (Dzandu et al., 2021; Seleiman et al., 2021).

Pengembangan tanaman toleran kekeringan dapat dilakukan melalui upaya peningkatan kinerja tanaman pada kondisi lingkungan kering. Evaluasi tanggap tanaman kakao terhadap cekaman kekeringan menjadi pendekatan praktis dalam menilai kinerja tanaman pada lingkungan kering (Juby et al., 2025). Beberapa karakter morfo-fisiologis, antara lain morfologi daun, densitas stomata, serta kandungan air relatif sering digunakan sebagai indikator sifat toleran kekeringan pada tanaman (Zakariyya et al., 2019; Seleiman et al., 2021; Zasari et al., 2023; Suchitra et al., 2023). Penelitian ditujukan untuk mengevaluasi tanggap beberapa karakter morfo-fisiologi aksesori kakao Bangka di lingkungan tumbuh pada bulan kering. Karakteristik dari morfo-fisiologis yang diperoleh dapat digunakan sebagai indikator pendukung dalam menentukan sifat toleransi kekeringan pada aksesori kakao Bangka.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian menggunakan materi berupa tanaman kakao rakyat jenis Lindak/*Forastero* asal 8 desa, meliputi aksesori kakao Lampung, aksesori Bembeng, dan aksesori pedindang di Kabupaten Bangka Tengah; aksesori Deniang, aksesori Rebo, dan aksesori Jurung di Kabupaten Bangka; aksesori Teladan di Kabupaten Bangka Selatan; serta aksesori Cupat di Kabupaten Bangka Barat. Metode eksplorasi dengan pengambilan sampel secara sengaja (*purposive sampling*) diterapkan untuk pengumpulan materi dan atau data. Sampel per lokasi kebun terdiri dari 5 (lima) tanaman kakao yang telah menghasilkan (TM) berumur > 3 tahun, sehat dan vigour baik. Identifikasi karakter morfologi meliputi panjang, lebar dan ketebalan daun serta karakter fisiologi meliputi densitas stomata dan *relatif water content* (RWC) menjadi indikator tanggap tanaman kakao dalam kondisi lingkungan bulan kering.

Analisis dilakukan di Laboratorium Pertanian, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Kelautan, Universitas Bangka Belitung. Data kuantitatif karakter morfo-fisiologi dianalisis secara deskriptif menggunakan Tabel dan Gambar, *software* 'R' untuk sidik ragam dan *Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System* (NTSYS) untuk hubungan kekerabatan. Variabilitas fenotipe dan Koefisien keragaman fenotipe menggunakan persamaan Singh dan Chaudary (1979), sebagai berikut :

$$\text{Keragaman fenotipe } (\sigma_f^2) = \frac{(\sum x^2 - [(\sum x)^2 / n])}{n-1}; \quad \sigma_f^2 = \text{Keragaman fenotipe}$$

x = nilai sampel
 n = jumlah populasi yang diuji

$$\text{Koefisien keragaman fenotipe (KKF)} = \frac{\sqrt{\sigma_f^2}}{\bar{x}} \times 100\%; \quad \sigma_f^2 = \text{Keragaman fenotipe}$$

$\bar{x}$ = rata-rata

Kriteria luas atau sempitnya keragaman fenotipe berdasarkan interval kelas dari nilai koefisien keragaman relatif menjadi 4 kelas/kategori, yaitu 0-25 %: sempit; 25-50 %: agak sempit; 50-75 %: agak luas; dan 75-100 %: luas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaan karakter morfo-fisiologi pada kondisi lingkungan kering diperoleh melalui identifikasi tanggap aksesori kakao Bangka pada bulan kering. Kondisi tanaman beberapa aksesori kakao Bangka dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Penampilan beberapa aksesori kakao lokal Bangka (a) aksesori Kebun Jeru; (b) aksesori Pedindang; (c) aksesori Bembeng; (d) aksesori Lampur; (e) aksesori Teladan; (f) aksesori Cupat; (g) aksesori Deniag; (h) aksesori Rebo; dan (i) aksesori Jurung

Rekapitulasi sidik ragam beberapa karakter morfo-fisiologi aksesori kakao pada kondisi bulan kering tercantum pada Tabel 1. Jenis aksesori (G) berpengaruh nyata terhadap karakter panjang daun, tebal daun, kandungan air relatif, jumlah stomata dan diameter stomata relatif. Jenis aksesori kakao tidak berpengaruh nyata terhadap lebar daun, diameter mulut stomata, dan densitas stomata.

Keragaan karakter morfo-fisiologi dari beberapa aksesori kakao Bangka menunjukkan bahwa respon tanaman tergantung pada genotipe tanaman yang diuji. Variasi karakter morfo-fisiologi tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik dan/atau kondisi lingkungan tumbuh. Lahive *et al.* (2019), menyebutkan bahwa faktor genotipe merupakan salah satu penentu tanggap morfo-fisiologi tanaman kakao terhadap kondisi kekurangan air. Respon morfo-fisiologi terjadi apabila genotipe tanaman berada di bawah kondisi lingkungan tumbuh kekurangan air. Tanaman kakao menunjukkan berbagai perubahan respon morfo-fisiologi terhadap kondisi kering (Kunikullaya *et al.*, 2018), sebagai mekanisme adaptasi tanaman untuk pertahanan diri terhadap perubahan lingkungan tumbuh (Ayegboyin & Akinrinde, 2016).

Tabel 1. Rekapitulasi sidik ragam karakter morfo-fisiologi aksesori kakao lokal Bangka pada kondisi bulan kering

Karakter	Aksesori (G)	Pr > F	KK (%)
Panjang Daun (cm)	24,73**	<.0001	10,84
Lebar Daun (cm)	9,19 ^{tn}	0,06	10,2
Tebal Daun (mm)	0,49**	<.0001	8,91
Kandungan air relatif (KAR)	61,58**	<.0001	8,95
Jumlah Stomata	60,21**	0,0003	12,21
Diameter Stomata	13,11*	0,01	7,02
Diameter Mulut Stomata	6,40 ^{tn}	0,11	9,81
Densitas Stomata	0,0010 ^{tn}	0,13	4,07 ^{tr}

Keterangan: ** berpengaruh secara signifikan pada $\alpha = 1\%$, * berpengaruh nyata secara signifikan pada $\alpha = 5\%$, ^{tn} tidak berpengaruh nyata, KK = koefisien keragaman

Hasil evaluasi pengaruh aksesori (G) terhadap beberapa karakter morfologi daun dan kandungan air relatif tanaman kakao Bangka tercantum pada Tabel 2, Variasi karakteristik daun menunjukkan perbedaan respon aksesori kakao Bangka dibawah kondisi lingkungan kering. Beberapa aksesori kakao Bangka menunjukkan karakter morfo-fisiologi yang cukup beragam di bawah kondisi bulan kering. Sebagian besar aksesori kakao menunjukkan rerata panjang daun berkisar antara 20,57 – 23,70 cm; lebar daun berkisar 8,08 – 10,73 cm; dan tebal daun berkisar antara 0,35 – 0,44 cm; dan KAR > 50 %. Aksesori Cupat memiliki daun terpanjang dan terlebar, sedangkan daun paling pendek dimiliki aksesori Rebo. Ketebalan daun dan KAR tertinggi ditemukan pada aksesori Kebun Jeruk dan aksesori Jurung.

Tabel 2. Pengaruh aksesori terhadap beberapa karakter morfologi daun dan kandungan air relatif aksesori kakao Bangka pada kondisi bulan kering

Jenis Kakao	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)	Tebal Daun (cm)	Kandungan Air Relatif (%)
Aksesori Kebun Jeruk	22,07 cd	8,53±0,57	0,72 a	85,07 a
Aksesori Pendindang Hijau	23,28 cd	8,59±0,08	0,44 c	51,56 e
Aksesori Pendindang Merah	23,70 cd	8,96±0,19	0,43 cd	61,63 cde
Aksesori Pedindang Hijau Merah	22,71 cd	8,08±0,72	0,39 cd	62,31 cd
Aksesori Bembeng	26,25 bc	9,96±0,58	0,65 a	35,95 f
Aksesori Lampur	23,47 cd	8,60±0,35	0,43 cd	41,62 f
Aksesori Teladan	29,77 b	9,47±1,42	0,35 e	74,64 b
Aksesori Cupat	35,87 a	10,73±1,33	0,39 cd	60,22 de
Aksesori Deniang	21,45 cd	8,49±0,45	0,31 e	51,81 e
Aksesori Rebo	20,57 d	10,07±1,93	0,56 b	71,46 bc
Aksesori Jurung	22,90 cd	9,40±0,87	0,71 a	81,09 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf kepercayaan 5%

Sebagian besar tanaman tahan kering, termasuk beberapa genotipe kakao menunjukkan variasi tanggap terhadap cekaman kekeringan (Li et al., 2021; Dzandu et al., 2021). Daun merupakan organ utama indikator kondisi kekurangan air melalui perubahan fitur strukturalnya, antara lain peningkatan ketebalan dan kepadatan jaringan, pengurangan luas, serta ukuran stomata yang lebih kecil dan padat untuk meminimalkan transpirasi dan kehilangan air (Yavas et al., 2024). Luas daun umumnya menurun akibat stres kekeringan yang berdampak pada aliran dan distribusi foton dalam daun, membatasi mesofil terhadap difusi CO₂ dalam kloroplas serta laju fotosintesis. Ketebalan daun ditentukan anatomi, termasuk jumlah, ukuran dan struktur sel, serta keberadaan air dan zat terlarut di dalam daun dalam lingkungan suboptimum. Tanaman yang adaptif dengan kekeringan memiliki mesofil yang tebal untuk menyimpan lebih banyak air di dalam jaringan (Zakariyya et al., 2019; Yavas et al., 2024).

Kekeringan mempengaruhi pasokan air dan laju transpirasi pada tanaman (Zasari et al., 2023). Efek cekaman kekeringan pada tanaman adalah menurunnya KAR, mengganggu membran lipid, melemahnya integritas membran sel, peningkatan permeabilitas membran sel, dan kebocoran elektrolit yang tinggi. Laju penurunan KAR dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti potensial air daun, laju transpirasi, dan penutupan stomata (Baby et al., 2025). Kondisi kering menghasilkan variasi respon KAR pada seluruh aksesori kakao yang diamati. Aksesori Bembeng dan aksesori Deniang tercatat memiliki memiliki KAR < 50 %, sementara aksesori kakao lainnya memiliki KAR > 50 %. Level KAR pada tanaman akibat kondisi kekeringan akan sangat beragam (Kaur et al., 2016). Tanaman layu umumnya memiliki nilai KAR < 50 %, tetapi pada sebagian spesies tanaman dapat mencapai > 50 %. Level KAR merujuk pada defisit air pada daun akibat menurunnya penyerapan air dan meningkatnya laju kehilangan air (Zegaoui et al., 2017; Dzandu et al., 2021).

Karakteristik stomata beberapa aksesori kakao Bangka dibawah kondisi lingkungan bulan kering tercantum pada Tabel 3. Jumlah stomata > 50 stomata; diameter stomata berkisar antara 11,55 – 13,44 µm; diameter mulut stomata berkisar antara 5,89 – 7,20 µm; dan densitas stomata berkisar antara 0,00058 – 0,00223 stomata/cm². Keragaman keragaan karakter densitas stomata dapat juga menjadi indikator adanya perubahan fisiologi tanaman akibat kondisi kering. Aksesori Deniang menunjukkan rerata jumlah stomata dan densitas stomata tertinggi, yaitu masing-masing 74,22 stomata dan 0,00223 stomata/cm², sedangkan rerata jumlah stomata dan densitas stomata terendah terlihat pada aksesori Bembeng, yaitu masing-masing 44,22 stomata dan 0,00058 stomata/cm². Penampilan stomata aksesori Deniang dan aksesori Bembeng tercantum pada Gambar 2.

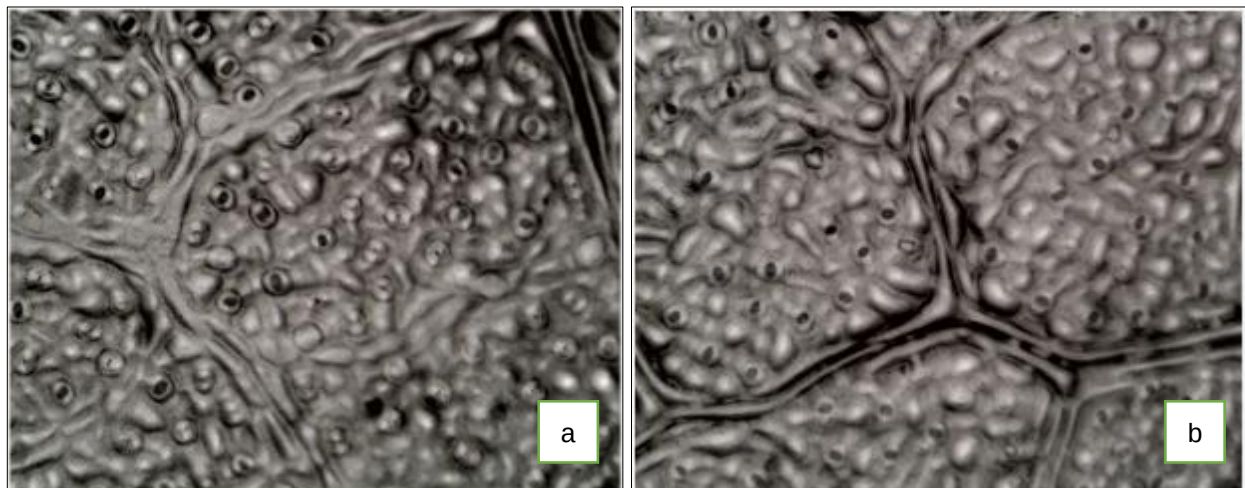
Tabel 3. Pengaruh aksesori terhadap beberapa karakter morfo-fisiologi kakao Bangka

Aksesori	Jumlah Stomata	Diameter Stomata (µm)	Diameter Mulut Stomata(µm)	Densitas Stomata (stomata/cm ²)
Kebun Jeruk	47,11 cd	12,09 bc	6,26±0,05	0,00074±0,0001
Pedindang Hijau	75,67 a	12,62 bc	6,37±0,75	0,00120±0,0001
Pedindang Merah	67,33 ab	12,56 bc	6,71±2,07	0,00107±0,0001
Pedindang Hijau Merah	54,67 bcd	11,55 c	5,98±1,18	0,00103±0,0002
Bembeng	44,22 d	13,53 ab	5,89±0,60	0,00058±0,0001
Lampur	48,67 cd	13,66 ab	7,14±0,33	0,00080±0,0001
Teladan	64,44 ab	12,79 bc	6,14±0,94	0,00103±0,0001
Cupat	59,34 bc	13,44 bc	6,46±0,27	0,00094±0,0000
Deniang	74,22 a	15,15 a	6,88±0,43	0,00223±0,0017
Rebo	67,22 ab	13,50 ab	7,20±0,16	0,00106±0,0001
Jurung	55,56 bcd	13,44 bc	6,36±0,57	0,00085±0,0004

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf kepercayaan 5%

Periode kekeringan yang pendek memungkinkan timbulnya beberapa perubahan dalam proses fisiologis pada tanaman, antara lain perubahan ukuran dan kepadatan stomata (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). Stomata adalah struktur mikroskopis terdiri dari sepasang sel penjaga khusus mengelilingi pori sentral yang berperan dalam pengaturan penggunaan air dan pertukaran gas. Variasi ukuran dan kepadatan stomata dapat timbul karena faktor genetik dan/atau pertumbuhan di bawah kondisi lingkungan yang berbeda (Bertolino *et al.*, 2019).

Tanggap tanaman terhadap kondisi defisit air umumnya ditandai dengan penurunan densitas stomata, tetapi tak jarang justru tanaman tidak menunjukkan perubahan densitas stomata. Densitas stomata dibatasi oleh ukuran stomata, tetapi perbedaan status air dan laju pertukaran gas dipengaruhi oleh interaksi antara kepadatan dan ukuran stomata (Zasari *et al.*, 2023). Ukuran stomata merupakan unit penting dalam mekanisme yang memengaruhi kemampuan sel mempertahankan stabilitas potensial air dan laju kehilangan air (Zegaoui *et al.*, 2017; Hasanuzzaman *et al.*, 2019; Bertolino *et al.*, 2019). Densitas stomata berkorelasi positif terhadap efisiensi penggunaan air sesaat di daun (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). Efisiensi penggunaan air cenderung lebih tinggi pada tanaman yang memiliki daun dengan sedikit stomata besar daripada tanaman berdaun dengan banyak stomata kecil (Kardiman & Ræbild, 2018).



Gambar 2. Keragaan karakter stomata aksesori kakao lokal Bangka (a) aksesori Deniang dan (b) aksesori Bambang

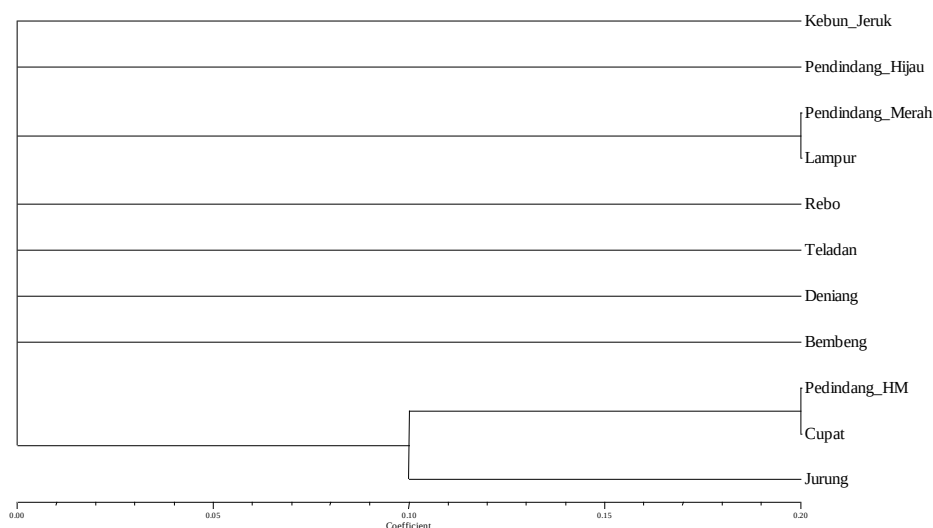
Keragaman atau variabilitas fenotipe menunjukkan keragaman ekspresi dari karakter genetik yang dibawa. Hasil analisis keragaman fenotipe karakter morfo-fisiologi aksesori kakao Bangka tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4 Variabilitas karakter morfo-fisiologi aksesori kakao Bangka pada bulan kering

Karakter Kuantitatif	Variabilitas	Rata-rata	KKF	Kriteria Variabilitas
Panjang daun	19,91	24,73	18,04	agak sempit
Lebar daun	0,68	9,17	8,98	sempit
Tebal daun	0,02	0,49	29,87	cukup luas
Kandungan Air Relatif	245,41	61,58	25,44	cukup luas
Jumlah stomata	116,52	59,86	18,03	agak sempit
Diameter stomata	0,91	13,12	7,28	sempit
Diameter mulut stomata	0,20	6,49	6,81	sempit
Densitas stomata	0,00	0,00	41,01	luas

Hasil mendapatkan bahwa, karakter lebar daun, diameter stomata, dan diameter mulut stomata memiliki keragaman yang sempit; karakter panjang daun dan jumlah stomata memiliki keragaman agak sempit; karakter tebal daun dan kandungan air relatif memiliki keragaman cukup luas; serta karakter densitas stomata dengan keragaman yang luas. Karakter fenotipe tanaman dipengaruhi oleh keragaman genetik dan lingkungan, tetapi keragaman fenotipe yang sempit umumnya memiliki keragaman genetik yang sempit (Zasari *et al.*, 2023)

Hubungan kekerabatan antaraksesi Bangka berdasarkan berdasarkan karakter morfo-fisiologi pada bulan kering dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar aksesori kakao Bangka yang diuji tidak memiliki hubungan kekerabatan. Aksesori kakao Bangka terbagi dalam 8 (delapan) cluster utama, yaitu Cluster I: aksesori Kebun Jeruk; Cluster II: aksesori Pedindang Hijau; Cluster III: aksesori Pedindang Merah dan aksesori Lampur; Cluster IV: aksesori Rebo; Cluster V: aksesori Teladan; Cluster VI: aksesori Deniang; Cluster VII: aksesori Bembeng; dan Cluster VIII: aksesori Pedindang Hijau Merah, aksesori Cupat dan aksesori Jurung. Aksesori yang menunjukkan kekerabatan sangat dekat dengan kemiripan 100 % ditemukan antara aksesori Pedindang Merah dan aksesori Lampur serta aksesori Pedindang Hijau Merah dan aksesori Cupat.



Gambar 3. Hubungan kekerabatan aksesori kakao Bangka berdasarkan karakter morfo-fisiologi pada bulan kering

Analisis kekerabatan berguna untuk menentukan kedekatan antaraksesi kakao Bangka yang diamati. Hubungan kekerabatan dapat ditentukan berdasarkan kemiripan karakter yang mencirikan masing-masing cluster yang terbentuk. Pengelompokan genotipe kakao dapat berdasarkan karakteris morfologi, fisiologi, dan molekuler untuk memahami variabilitas genetik tanaman dan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan (Suparno *et al.*, 2024; Zapata-Alvarez *et al.*, 2024)

4. KESIMPULAN

Karakter morfo-fisiologi aksesori kakao lokal Bangka di bawah kondisi bulan kering cukup beragam dengan tingkat keragaman sempit - luas. Aksesori kakao Bangka yang diuji sebagian besar tidak menunjukkan adanya hubungan kekerabatan. Aksesori kakao Bangka terbagi dalam 8 (delapan) cluster utama, yaitu Cluster I: aksesori Kebun Jeruk; Cluster II: aksesori Pedindang Hijau; Cluster III: aksesori Pedindang Merah dan aksesori Lampur; Cluster IV: aksesori Rebo; Cluster V: aksesori Teladan; Cluster VI: aksesori Deniang; Cluster VII: aksesori Bembeng; dan Cluster VIII: aksesori Pedindang Hijau Merah, aksesori Cupat dan aksesori Jurung.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian melalui Skim Penelitian Dosen Tingkat Universitas dengan nomor kontrak: 21640/UN/M/PP/2025.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ayegboyin, K. O., & Akinrinde, E. A. (2016). Effect of Water Deficit Imposed during the Early Developmental Phase on Photosynthesis of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Agricultural Sciences*, 7(1), 11–19.
- Baby, J., Minimol, J. S., Santhoshkumar, A. V., Joseph, J., Abd-ElGawad, A. M., & Ullah, F. (2025). Identification and Development of Drought-Tolerant Cocoa Hybrids: Physiological Insights for Enhanced Water Use Efficiency Under Water Stress Conditions. *BMC Plant Biology*, 25(1), 1-19.
- Bertolino, L. T., Caine, R. S., & Gray, J. E. (2019). Impact of Stomatal Density and Morphology on Water-Use Efficiency in a Changing World. *Frontiers in Plant Science*, 10(225), 1-11.
- Dzandu, E., Enu-Kwesi, L., Markwei, C. M., & Ayeh, K. O. (2021). Screening for Drought Tolerance Potential of Nine Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Genotypes from Ghana. *Heliyon*, 7(11), 1-8.
- Evizal, R., Prasmatiw, F.E., Prasetyo, D., Septiana, L.M., Astuti, T. N. 2026. Performance and Strategies to Enhance Sustainability of Cocoa-Based Agroforestry in Lampung Province, Indonesia. *Research on World Agriculture Economy*, 7(2): 282-297.
- Gateau-Rey, L., Tanner, E. V., Rapidel, B., Marelli, J. P., & Royaert, S. (2018). Climate Change Could Threaten Cocoa Production: Effects of 2015-16 El Niño-Related Drought On Cocoa Agroforests in Bahia, Brazil. *PLoS One*, 13(7), 1-17.
- Hasanuzzaman, M., Shabala, L., Brodribb, T. J., Zhou, M., & Shabala, S. (2019). Understanding Physiological and Morphological Traits Contributing to Drought Tolerance in Barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(2), 129-140.
- Hossain, M. F., & Islam, M. T. (2024). Prospect of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Cultivation in the Environmental Conditions of Gazipur, Bangladesh. *Journal Homepage: Journal of Agroforestry and Environment*, 17(2), 55–60.
- International Cocoa Organization [ICCO]. (2024). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics.
- Juby, B., Minimol, J. S., Suma, B., Santhoshkumar, A. V., Jiji, J., & Panchami, P. S. (2021). Drought Mitigation in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Through Developing Tolerant Hybrids. *BMC Plant Biology*, 21(1), 1-12.
- Kardiman, R., & Ræbild, A. (2018). Relationship Between Stomatal Density, Size and Speed of Opening in Sumatran Rainforest Species. *Tree Physiology*, 38(5), 696-705.
- Kaur, M., Prakash, A., & Kalia, A. N. (2016). Neuroprotective Potential of Antioxidant Potent Fractions from *Convolvulus Pluricaulis* Choisy. in 3-nitropropionic acid challenged rats. *Nutritional Neuroscience*, 19(2), 70–78.
- Kunikullaya, A., Suresh, J., Balakrishnan, S., Kumar, M., Jeyakumar, P., Kumaravadivel, N., & Jegadeeswari, V. (2018). Effect of Water Stress on Photosynthetic Parameters of Cocoa

- (*Theobroma cacao* L.) Genotypes. *International Journal of Chemical Studies*, 6(6), 1021-1025.
- Lahive, F., Hadley, P., & Daymond, A. J. (2019). The Physiological Responses of Cacao to The Environment and The Implications for Climate Change Resilience. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(5), 1-22.
- Li, H. J., Wang, Y. F., Zhao, C. F., Yang, M., Wang, G. X., & Zhang, R. H. (2021). The Quantitative Proteomic Analysis Provides Insight Into the Effects of Drought Stress in Maize. *Photosynthetica*, 59(1), 1-11.
- Mensah, G. A., Fuster, V., Murray, C. J. L., Roth, G. A. (2023). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks, 1990-2022. *Journal of the American College of Cardiology*, 82(25), 2350–2473.
- Pirasteh-Anosheh, H., Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., & Pessarakli, M. (2016). Stomatal Responses to Drought Stress. *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach*, 1, 24-40.
- Santhyami, S., Basukriadi, A., Patria, M. P., & Abdulhadi, R. (2018). The Comparison of Aboveground C-Stock Between Cacao-Based Agroforestry System and Cacao Monoculture Practice in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(2), 472-479.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Haleem Abdul-Wajid, H., & Leonardo Battaglia, M. (2021). Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. *Plants*, 10, 1-25.
- Singh R.K., Chaudhary, B.D. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kaliyani Publisher. New Delhi.
- Suchitra, R., Priscilla, B., Kumar, B. V. S., & Shouri, S. (2023). Asymptomatic Bacteriuria-Effect of Screening and Treatment on Fetal Outcome. *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 13(12), 260–265.
- Sugiatno, S., Hansyah, A. F., Evizal, R., & Ramadiana, S. (2022). Pengaruh Kemarau terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tujuh Klon Kakao. *Jurnal Agrotropika*, 21(1), 59-66.
- Suparno, A., Arbianto, M. A., Prabawardani, S., Chadikun, P., Tata, H., & Luhulima, F. D. N. (2024). The Identification of Yield Components, Genetic Variability, and Heritability to Determine the Superior Cocoa Trees in West Papua, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 25(6), 2363-2373.
- Yavas, I., Jamal, M. A., Din, K. U., Ali, S., Hussain, S., & Farooq, M. (2024). Drought-Induced Changes in Leaf Morphology and Anatomy: Overview, Implications and Perspectives. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(2), 1517-1530.
- Yoroba, F., Kouassi, B. K., Diawara, A., Yapo, L. A., Kouadio, K., Tiemoko, D. T., Kouadio, Y. K., Kone, I. D & Assamoi, P. (2019). Evaluation of Rainfall and Temperature Conditions for a Perennial Crop in Tropical Wetland: a Case Study of Cocoa in Côte d'Ivoire. *Advances in Meteorology*, 2019(1), 1-10.
- Zakariyya, F., Indradewa, D., & Santoso, T. I. (2019). Distribusi Asimilat dan Analisis Laju Pertumbuhan Bibit Sambung Pucuk Kakao dengan Klon Batang Atas Berbeda berdasarkan Tiga Interval Waktu Siram. *Agritrop*, 17(2), 207-213.
- Zapata-Alvarez, A., Bedoya-Vergara, C., Porras-Barrientos, L. D., Rojas-Mora, J. M., Rodríguez-Cabal, H. A., Gil-Garzon, M. A., Martinez-Alvaez, O. L., Ocampo-Cabal, H. A., Gil-Garzon, M. A., Ardila-Castaneda, M. P., & Monsalve-F, Z. I. (2024). Molecular, Biochemical, and Sensorial Characterization of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Beans: A Methodological Pathway for the Identification of New Regional Materials with Outstanding Profiles. *Heliyon*, 10(3), 1-15.

- Zasari, M., Wachjar, A., Susilo, A. W., & Sudarsono, S. (2020). Prope Legitimate Rootstocks Determine the Selection Criteria for Drought-Tolerant Cocoa. *Biodiversitas*, 21(9), 4067–4075.
- Zasari, M., Wachjar, A., Susilo, A. W., & Sudarsono, S. (2023). Physio-Biochemical Characteristics of Prope Legitimate Seedlings of 13 Cocoa Clones Under Drought Stress. *Planta Tropika*, 11(2), 168–175.
- Zegaoui, Z., Planchais, S., Cabassa, C., Djebbar, R., Belbachir, O. A., & Carol, P. (2017). Variation in Relative Water Content, Proline Accumulation and Stress Gene Expression in Two Cowpea Landraces Under Drought. *Journal of Plant Physiology*, 218, 26-34.