

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Eksplorasi-Karakterisasi Morfologi Tanaman Kakao Lokal
Di Pulau Bangka*****Exploration-Characterization Morphology of Local Cocoa
On Bangka Island*****Maera Zasari^{1*}, Rostiar Sitorus²**

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Jl. Raya Balunijuk, Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung 33172, Indonesia

²Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Jl. Raya Balunijuk, Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung 33172, Indonesia

Received: February 5, 2022 /Received in revised : June 13, 2022/ Accepted: June 14, 2022

ABSTRACT

The diversity of genetic material determines the success of cocoa production. improvement and breeding programs. Enrichment of genetic material for Bangka cocoa can be achieved through exploration and characterization of morphological features or characters of accessions, clones, and/or varieties. To determine the level of diversity of qualitative and quantitative traits. Morphological exploration and characterization was aimed at identifying the diversity of Bangka cocoa as an effort to increase the efficiency of utilization of local genetic material. The research used survey, and direct characterization (purposive sampling). Exploration to obtain a cocoa plant passport consists of accession number, accession name, location of origin, owner's name, age of plant, and land area. Characterization to obtain the identity of qualitative and quantitative characters from leaves, flowers, fruits, and seeds refers to "The Systematic Description of Cacao Clones. The results of the exploration-characterization obtained 29 accessions of cocoa from Bangka, which had very diverse morphological characters. Diversity is evidenced by wide phenotypic variability even though it has narrow genetic variability, and the similarity level of some accessions is quite low, namely <50%.

Keywords: *Exploration-Characterization, Cocoa , Morphology, Bangka*

ABSTRAK

Keragaman materi genetik menentukan keberhasilan peningkatan produksi dan program pemuliaan kakao. Pengayaan materi genetik kakao rakyat Bangka dapat ditempuh melalui eksplorasi dan karakterisasi ciri atau karakter morfologi dari akses, klon, dan/atau varietas. untuk menentukan tingkat keragaman sifat kualitatif maupun kuantitatif. Eksplorasi dan karakterisasi morfologi. ditujukan untuk identifikasi keragaman kakao Bangka sebagai upaya meningkatkan efisiensi pemanfaatan materi genetik lokal. Penelitian menggunakan metode survei dan karakterisasi secara langsung (purposive sampling). Eksplorasi untuk memperoleh passport tanaman kakao terdiri dari nomor akses, nama akses, lokasi asal, nama pemilik, umur tanaman dan luas lahan. Karakterisasi untuk memperoleh identitas karakter kualitatif dan kuantitatif dari daun, bunga, buah, dan biji mengacu pada "The Systematic Description of Cacao Clones". Hasil eksplorasi-karakterisasi

*Korespondensi Penulis.

E-mail : maerazasari72ubb@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v6i1.356>

mendapatkan 29 aksesori kakao rakyat Bangka yang memiliki karakter morfologi sangat beragam. Keragaman dibuktikan dengan variabilitas fenotipe yang luas meskipun memiliki variabilitas genetik sempit, serta tingkat kemiripan sebagian aksesori cukup rendah yaitu $< 50\%$.

Kata kunci: Eksplorasi-Karakterisasi, Morfologi, Kakao, Bangka

1. Pendahuluan

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L) menghasilkan biji yang dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam industri cokelat dan turunannya di bidang komestik, kesehatan/farmasi, serta makanan dan minuman (Lopes *et.al.* 2011; Carr dan Lockwoods 2011; Santos *et.al.* 2014). Nilai komersil komoditas kakao memiliki peran yang strategis bagi perekonomian masyarakat dan negara. Perdagangan kakao di pasar internasional menyumbang devisa yang cukup besar. Industri kakao membuka lapangan pekerjaan dan penghasilan masyarakat (Badan Pusat Statistik 2019; Badan Pusat Statistik 2020).

Pertambahan jumlah penduduk dan membaiknya tingkat kesejahteraan secara signifikan berpengaruh terhadap tingkat konsumsi produk cokelat dan turunannya. Saat ini produksi kakao Indonesia tercatat cenderung menurun dan menduduki peringkat keenam pemasok kebutuhan kakao dunia (International Cocoa Organization, 2021) Kondisi ini menjadi tantangan yang serius bagi industri kakao untuk meningkatkan produksi dalam memenuhi kebutuhan kakao. Pengembangan kakao pada daerah sentra maupun wilayah potensial menjadi alternatif dalam mendorong pertumbuhan produksi kakao Indonesia. Prospek kakao di Indonesia masih sangat bagus mengingat kesesuaian lingkungan tumbuh yang cocok, ketersediaan lahan, sumber daya manusia (petani), teknologi, dan kebijakan pemerintah dalam meningkatkan produktivitas (Wahyudi dan Misnawi 2015; Pujiyanto 2015).

Tanaman kakao sangat fleksibel dalam hal perbanyakannya secara generatif atau vegetatif. Kemampuan tanaman menghasilkan biji yang banyak dari proses penyerbukan atau hasil persilangan yang kompatibel mendorong pengembangan kakao unggul menggunakan biji hasil persilangan antar klon tetua. Pola penyerbukan silang atau *allogamy* memungkinkan tanaman kakao bersifat heterozigot hasil dari penyatuan sel sperma dengan sel telur dari tanaman yang memiliki karakter berbeda (N'Zi *et al.* 2017). Perbanyakannya vegetatif tanaman kakao dapat menggunakan teknik setek, okulasi, tunas, serta kultur somatik embriogenesis dan transgenik untuk klon spesifik (Goenaga *et al.* 2015).

Kepulauan Bangka Belitung tercatat sebagai daerah penyumbang produksi kakao Indonesia (Badan Pusat Statistik 2019). Produksi kakao

Bangka Belitung utamanya diperoleh dari hasil kebun kakao rakyat di wilayah pulau Bangka (Direktorat Jendral Perkebunan 2016). Pembudidayaan kakao kurang intensif, umur tanaman semakin tua, serangan hama dan penyakit, dan kualitas bahan tanam menjadi penyebab rendahnya produksi kakao di Bangka. Pengembangan dan pemanfaatan materi genetik, khususnya unggulan lokal dapat dijadikan alternatif dalam upaya optimalisasi produksi kakao rakyat Bangka. Keberadaan dan kemampuan adaptasi yang luas dari kakao lokal sangat bermanfaat dalam pembudidayaan serta pemuliaan kakao (Susilo 2015).

Upaya mendapatkan materi genetik dapat dilakukan melalui pencarian atau eksplorasi serta evaluasi tanaman kakao yang telah dibudidayakan masyarakat. Pengayaan materi genetik dapat dilakukan melalui kegiatan eksplorasi dan identifikasi baik karakter fenotipik maupun genotipik terhadap genetik lokal yang ditanam petani atau pekebun (koleksi *in situ*) (Santos *et.al.* 2012; Santos *et al.* 2014; Susilo 2015) terutama di daerah-daerah produksi kakao. Penelitian bertujuan untuk inventarisasi materi genetik aksesori kakao yang dibudidayakan rakyat Bangka. Informasi keragaman genetik tanaman berguna untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan genetik tanaman dan sebagai acuan pemetaan pemuliaan tanaman kakao di Bangka Belitung.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada lokasi kebun kakao milik petani di Wilayah Kabupaten Bangka, Bangka Tengah, dan Bangka Selatan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia, mulai bulan Mei – Oktober 2021. Materi penelitian menggunakan aksesori kakao Bangka. Penelitian dilakukan secara eksploratif dengan metode survei dan wawancara. Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* atau pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu. Setiap populasi tanaman kakao pada suatu daerah/lokasi perkebunan dipilih sebanyak 3 tanaman kakao yang sehat. Karakterisasi dilakukan terhadap karakter (1) kuantitatif, berupa panjang buah, lingkaran buah, berat buah, tebal kulit buah, jumlah biji per tongkol, bobot biji basah per tongkol, dan bobot biji kering per tongkol; (2) kualitatif, berupa penampilan warna buah, ukuran

buah, warna buah masak, bentuk buah, leher botol, ujung buah, tekstur, kedalaman alur, antosianin alur, kemampuan pembungaan, periode pembungaan, warna tangkai, bentuk staminode, antosianin staminode, antosianin sepal, antosianin petala, bentuk daun, warna *flush*, pangkal daun, tekstur daun, *pulvini* tangkai daun, bentuk biji, permukaan biji, dan warna biji yang mengacu pada pedoman karakterisasi kakao yang dikembangkan berdasarkan “*The Systematic Description of Cacao Clones and Its Significance for Taxonomy and Plant Breeding*” (Engels 1986).

Hasil pengamatan karakter kuantitatif dan kualitatif ditampilkan secara tabulasi dan deskriptif. Data kuantitatif dianalisis dengan sidik ragam uji F menggunakan *soft-ware* R; variabilitas genotipe dan fenotipe dianalisis menggunakan persamaan Anderson dan Bancroft (1952). Standar deviasi ragam genetik ($\sigma_{\sigma_g^2}$) maupun fenotipe ($\sigma_{\sigma_p^2}$) diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_{\sigma_g^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left[\frac{(KT_{Genotip})^2}{db_{Genotip}+2} + \frac{(KT_{galat})^2}{db_{galat}+2} \right]}$$

$$\sigma_{\sigma_p^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left[\frac{(KT_{Genotip})^2}{db_{Genotip}+2} \right]}$$

KT = kuadrat tengah; db = derajat bebas, r = ulangan;

Jika nilai $\sigma_p^2 \leq 2 \sigma_{\sigma_p^2}$, maka keragaman fenotipe termasuk dalam kategori sempit; $\sigma_p^2 > 2 \sigma_{\sigma_p^2}$ menunjukkan keragaman fenotipe yang luas (Syukur *et al.* 2011). Pengelompokan aksesori kakao Bangka menggunakan Dendrogram dengan *soft-ware* Minitab 20.3.

3. Hasil

Pasport Tanaman Kakao Bangka

Hasil eksplorasi aksesori kakao di Pulau Bangka menunjukkan bahwa jumlah tanaman terbanyak berturut-turut ditemukan pada wilayah Bangka Tengah, Bangka, dan Bangka Selatan, sebagaimana tersaji pada Tabel 1. Desa Air Mesu Timur, Desa Tanjung Gunung, Desa Pugul, Desa Silip, Desa Teladan, dan Desa Jeriji ditemukan aksesori kakao berkisar 1-4 jenis, sedangkan di Desa Lampur, Desa Deniang, dan Desa Jeruk ditemukan 1-2 aksesori. Jumlah tanaman kakao per luas lahan tergolong sedikit, umur berkisar 5 – 36 tahun, serta produktivitas rendah.

Karakter Kuantitatif

Karakter kuantitatif teramati dari organ buah dan biji tersaji pada Tabel 2. Karakter panjang, lingkar, bobot, dan ketebalan kulit buah dari 29 aksesori kakao sangat beragam. Terdapat 22 aksesori kakao yang memiliki buah dengan ukuran panjang ≥ 15 cm, lingkar ≥ 24 cm, dan bobot ≥ 400 g, sedangkan 7 aksesori lainnya memiliki ukuran panjang ≤ 15 cm, lingkar ≤ 24 cm, dan bobot ≤ 400 g. Ketebalan kulit buah masing-masing aksesori tidak berkorelasi dengan karakter karakter buah lain. Jumlah biji per buah pada sebagian aksesori kakao mencapai ≥ 50 butir per buah. Bobot biji basah per buah masak panen umumnya mencapai ≥ 50 g, sedangkan bobot biji kering paling sedikit sekitar 20 g per buah masak panen. Rerata bobot biji basah berkisar antara 1.0 – 2.9 g butir, sedangkan bobot kering biji berkisar antara 0.5 – 1.4 g per butir.

Karakter Kualitatif

Buah

Karakter buah yang teramati tersaji pada Tabel 3. Buah dari aksesori kakao yang tersebar di pulau Bangka umumnya berpenampikan mengkilap; berukuran besar dan sedang, sedangkan buah kecil hanya dimiliki oleh 5 aksesori. Kulit buah mentah dominan berwarna hijau dan akan berubah menjadi berwarna kuning saat buah masak, tetapi beberapa aksesori menunjukkan buah mentah berwarna merah yang berubah menjadi oranye atau kuning setelah buah masak (Gambar 1).

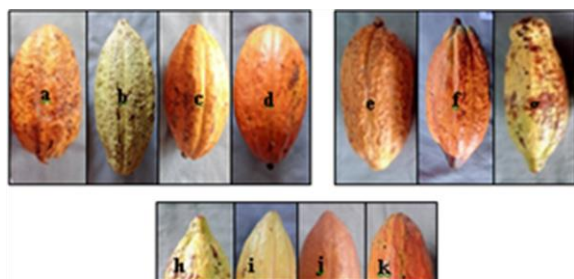


Gambar 1. Warna kulit buah kakao mentah dan masak Pulau Bangka (a) hijau kemerahan-merah kekuningan, (b) hijau muda-kuning, (c) merah-kuning, (d) merah-kuning kemerahan, (e) hijau-oranye, (f) merah-oranye, (g) hijau muda-oranye, dan (h) hijau muda-hijau kekuningan.

Tabel 1. Passport Tanaman Kakao Hasil Eskplorasi di Kabupaten Bangka Tengah, Kabupaten Bangka, dan Kabupaten Bangka Selatan

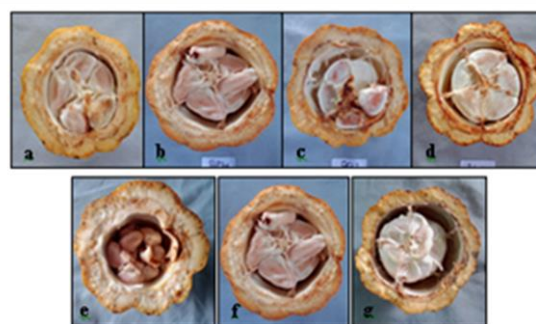
No	Kabupaten	Lokasi Asal	Nama Aksesori	Nomor Aksesori	Jumlah Populasi (Pohon)	Umur (Tahun)	Luas Lahan (Ha)	Petani Pemilik
1	Bangka Tengah	Desa Lampung	BTLTP1	1	200	6	1,0	Andi
2		Desa Lampung	BTLTP2	2	200	6	1,0	
3		Desa Air Mesu Timur	BTMT1	3	300	6	1,5	Subaiti
4		Desa Air Mesu Timur	BTMT2	4	1000	4	1,5	Erwansyah
5		Desa Air Mesu Timur	BTMT3	5	1400	13	4,0	H. Sawaludin
6		Desa Tanjung Gunung	BTTG1	6	20	5	0,3	Sadino
7		Desa Tanjung Gunung	BTTG2	7	100	5	0,5	Hamaji
8		Desa Tanjung Gunung	BTTG3	8	50	15	0,2	Yanto
9		Desa Jeruk	BTJR1	9	60	10	0,2	Sunaryo
10	Bangka	Desa Rebo	BRB1	10	125	10	0,5	Minyong
11		Desa Rebo	BRB2	11	200	10	1,0	Lie Jungfo
12		Desa Deniang	BDN1	12	50	10	0,5	Afa
		Desa Deniang	BDN2	13	40	10	0,5	Popo
13		Desa Pugul	BPGL1	14	50	5	0,5	Dani
14		Desa Pugul	BPGL2	15	50	6	1,2	Husni
15		Desa Pugul	BPGL3	16	50	9	1,0	Asnawi
16		Desa Pugul	BPGL4	17	50	9	1,0	
17		Desa Silip	BSLP1	18	10	15	0,2	Mukminin
18		Desa Silip	BSLP2	19	10	10	0,5	
19		Desa Silip	BSLP3	20	20	10	0,5	Jeki
20	Bangka Selatan	Desa Teladan	BSTL1	21	70	30	0,5	Ayong
21		Desa Teladan	BSTL2	22	70	36	0,5	Kabilus
22		Desa Teladan	BSTL3	23	70	35	0,5	Buntar Sibarani
23		Desa Teladan	BSTL4	24	30	35	0,5	
24		Desa Jeriji	BSJR1	25	7	10	0,5	Ahon
25		Desa Jeriji	BSJR2	26	10	10	0,5	Andi Suparta
26		Desa Jeriji	BSJR3	27	30	5	0,5	H. Sarindi
27		Desa Bedukang	BSBK1	28	10	10	0,2	H. Bujang
28		Desa Bedukang	BSBK2	29	10	10	0,2	

Bentuk buah umumnya oblong dengan leher botol absen, tetapi beberapa aksesori memiliki buah berbentuk ellips – membulat dengan leher botol yang samar – jelas. Ujung buah dominan berparuh dan berturut-turut tumpul, runcing, dan berputing (Gambar 2). Tekstur, kedalaman alur, dan ketebalan kulit buah dari semua aksesori sangat beragam. Tekstur buah bersifat sangat kasar – sangat halus, kedalaman alur bersifat dangkal –



Gambar 2. Bentuk, leher botol, dan ujung buah aksesori kakao di Pulau Bangka. Bentuk buah (a). oblong, (b). ellips, (c). ellips Membulat, (d). membulat Leher botol buah (e) absen, (f) samar, dan (g) jelas. Ujung buah (h) berparuh, (i) runcing dan (k) tumpul

samar, dan ketebalan kulit bersifat tebal – tipis (Gambar 3). Antosianin alur buah umumnya absen, tetapi beberapa aksesori tampak memiliki antosianin yang intensif.



Gambar 3. Kedalaman alur dan ketebalan kulit buah Aksesori kakao di Pulau Bangka. Kedalaman alur (a) samar, (b) dangkal, (c) sedang, dan (d) dalam. Ketebalan kulit (e) tebal, (f) sedang, dan (g) tipis

Tabel 2. Karakter Kuantitatif Buah dan Biji pada 28 Aksesori Kakao di Kabupaten Bangka Tengah, Bangka, dan Bangka Selatan

No.	Kabupaten	Nama Aksesori	Buah				Biji		
			Panjang (cm)	Lingkar (cm)	Berat (g)	Tebal Kulit (cm)	Jumlah Biji per Tongkol (butir)	Bobot Biji Basah per Tongkol (g)	Bobot Biji Kering per Tongkol (g)
1	Bangka Tengah	BTLP1	17	26,3	500	1,4	37	80	45,5
2		BTLP2	15	26,8	450	1,4	37	90	37,6
3		BTMT1	13,8	24,5	400	1,5	30	50	29,2
4		BTMT2	12,5	26	450	1,3	40	51	32,0
5		BTMT3	19,7	29	600	1,3	50	100	58,3
6		BTTG1	22,8	25,7	550	1,0	44	100	46,2
7		BTTG2	14,1	22,9	220	1,0	39	50	29,2
8		BTTG3	14,3	22,5	250	1,0	37	80	37,9
9		BTJR1	20,3	26,6	610	1,2	49	50	22,2
10	Bangka	BRB1	19,2	28,5	500	1,6	51	50	33,7
11		BRB2	17	27,3	400	1,4	47	50	32,0
12		BDN1	18,1	30,8	6400	1,7	31	100	48,0
		BDN2	15,3	25,8	390	1,4	34	100	43,2
13		BPGL1	16,4	25,8	400	1,4	35	50	28,2
14		BPGL2	17,8	27,7	470	1,5	51	100	40,5
15		BPGL3	16,6	27,3	400	1,2	50	130	70,5
16		BPGL4	19,3	27,5	550	1,5	49	140	60,3
17		BSLP1	15,9	24,3	350	1,4	48	100	42,6
18	Bangka Selatan	BSLP2	18,3	25,6	450	1,2	40	50	19,8
19		BSLP3	14,3	23,6	310	1,3	54	85	40,3
20		BSTL1	11,7	24,4	260	1,2	28	50	24,5
21		BSTL2	20,7	36,3	1100	2,4	39	100	38,5
22		BSTL3	16,8	28,8	580	1,3	46	120	51,3
23		BSTL4	10,6	23,8	240	1,2	37	70	33,8
24		BSJR1	17	30	700	1,4	46	100	45,0
25		BSJR2	17	31	700	1,3	45	85	40,0
26		BSJR3	17,5	30,1	670	1,4	39	100	50,2
27		BSBK1	16	24	650	1,3	45	75	40,0
28		BSBK2	15	24	640	1,4	40	70	40,0

Bunga

Karakter bunga tersaji pada Tabel 4. Kemampuan berbunga dan periode pembungaan cukup beragam antar aksesori kakao dengan kriteria sedang dan kurang. Aksesori kakao di wilayah Bangka Selatan umumnya memiliki kemampuan berbunga yang rendah (kurang). Tangkai bunga umumnya berwarna hijau dan sedikit yang berwarna hijau kemerahan – kemerahan. Staminode bunga umumnya terbuka dan beberapa aksesori kakao memiliki staminode lurus (Gambar 4). Semua aksesori kakao teramati menunjukkan keberadaan antosianin staminode intensif, sedangkan antosianin sepal tergolong samar, dan petala absen antosianin.



Gambar 4. Karakter bentuk staminode Aksesori Kakao Di Pulau Bangka (a) tertutup, (b) lurus, dan (c) terbuka

Eksplorasi-Karakterisasi Morfologi Tanaman Kakao Lokal Di Pulau Bangka

Tabel 3. Karakter Kualitatif Buah 29 Aksesori Kakao di Wilayah Kabupaten Bangka Tengah, Kabupaten Bangka, dan Kabupaten Bangka Selatan

No.	Kabupaten	Nama Aksesori	Buah										
			Penampakan Warna	Ukuran Buah	Warna Buah Masak	Warna Kulit Mentah	Bentuk	Leher Botol	Ujung Buah	Tekstur	Kedalaman Alur	Antosianin Alur	Ketebalan Kulit
1	Bangka Tengah	BTLP1	Mengkilap	Besar	Merah Kekuningan	Hijau Kemerahan	Oblong	Samar	Berputing	Agak Halus	Dangkal	Intensif	Tebal
2		BTLP2	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Ellips Membulat	Absen	Tumpul	Agak Halus	Samar	Absen	Tebal
3		BTMT1	Mengkilap	Sedang	Kuning	Merah	Oblong	Absen	Tumpul	Kasar	Dangkal	Absen	Tebal
4		BTMT2	Mengkilap	Sedang	Kuning	Merah	Oblong	Absen	Tumpul	Kasar	Dangkal	Absen	Tebal
5		BTMT3	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Kasar	Dangkal	Absen	Sedang
6		BTTG1	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Jelas	Berparuh	Kasar	Dalam	Absen	Sedang
7		BTTG2	Mengkilap	Kecil	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Sangat Kasar	Sedang	Absen	Tipis
8		BTTG3	Mengkilap	Kecil	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Agak Halus	Dangkal	Absen	Tipis
9		BTJR1	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Runcing	Halus	Sedang	Absen	Sedang
10	Bangka	BRB1	Mengkilap	Besar	Kuning Kemerahan	Merah	Oblong	Absen	Berparuh	Kasar	Dalam	Absen	Tebal
11		BRB2	Mengkilap	Sedang	Oranye	Hijau	Oblong	Samar	Berparuh	Kasar	Dalam	Intensif	Tebal
12		BDN1	Mengkilap	Besar	Kuning Kemerahan	Merah	Oblong	Absen	Berparuh	Kasar	Dalam	Absen	Tebal
13		BDN2	Mengkilap	Sedang	Oranye	Hijau	Oblong	Samar	Berparuh	Kasar	Dalam	Intensif	Tebal
14		BPGL1	Mengkilap	Sedang	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Agak Kasar	Sedang	Absen	Tebal
15		BPGL2	Mengkilap	Besar	Kuning Kemerahan	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Agak Kasar	Sedang	Absen	Tebal
16		BPGL3	Mengkilap	Sedang	Oranye	Merah	Oblong	Jelas	Berparuh	Agak Halus	Dangkal	Intensif	Sedang
17		BPGL4	Mengkilap	Besar	Kuning	Merah	Oblong	Jelas	Berparuh	Halus	Dangkal	Absen	Tebal
18		BSLP1	Mengkilap	Sedang	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Samar	Berparuh	Sangat Kasar	Dalam	Absen	Sedang
19		BSLP2	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Jelas	Berparuh	Halus	Dangkal	Absen	Sedang
20		BSLP3	Mengkilap	Sedang	Oranye	Hijau Muda	Oblong	Absen	Tumpul	Sangat Halus	Samar	Intensif	Sedang
21	Bangka Selatan	BSTL1	Mengkilap	Kecil	Oranye	Merah	Ellips Membulat	Absen	Tumpul	Halus	Dangkal	Intensif	Sedang
22		BSTL2	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Agak Kasar	Sedang	Absen	Tebal
23		BSTL3	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Sangat Kasar	Sedang	Absen	Sedang
24		BSTL4	Mengkilap	Kecil	Oranye	Hijau Muda	Membulat	Absen	Tumpul	Sangat Halus	Samar	Intensif	Sedang
25		BSJR1	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Tumpul	Agak Kasar	Samar	Absen	Tebal
26		BSJR2	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Kasar	Samar	Absen	Tebal
27		BSJR3	Mengkilap	Besar	Hijau Kekuningan	Hijau Muda	Ellips	Absen	Berparuh	Sangat Kasar	Dangkal	Absen	Tebal
28		BSBK1	Mengkilap	Kecil	Oranye	Merah	Oblong	Absen	Tumpul	Sangat Kasar	Sedang	Intensif	Sedang
29		BSBK2	Mengkilap	Besar	Kuning	Hijau Muda	Oblong	Absen	Berparuh	Kasar	Samar	Intensif	Tebal

Tabel 4. Karakter Kualitatif Bunga 29 Aksesori Kakao di Wilayah Kabupaten Bangka Tengah, Kabupaten Bangka, dan Kabupaten Bangka Selatan

No	Kabupaten	Nama Aksesori	Bunga						
			Kemampuan Pembungaan	Periode Pembungaan	Warna Tangkai	Bentuk Staminode	Antosianin Staminode	Antosianin Sepala	Antosianin Petala
1	Bangka Tengah	BTL1P1	Sedang	Kontinu	Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
2		BTL1P2	Sedang	Kontinu	Hijau	Lurus	Intensif	Samar	Absen
3		BTMT1	Kurang	Kontinu	Hijau Kemerahan	Lurus	Intensif	Samar	Absen
4		BTMT2	Kurang	Kontinu	Hijau Kemerahan	Lurus	Intensif	Samar	Absen
5		BTMT3	Sedang	Kontinu	Hijau Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
6		BTTG1	Kurang	Tegas	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
7		BTTG2	Kurang	Tegas	Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
8		BTTG3	Kurang	Tegas	Hijau Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
9		BTJR1	Sedang	Tegas	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
10	Bangka	BRB1	Sedang	Kontinu	Hijau Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
11		BRB2	Kurang	Kontinu	Hijau Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
12		BDN1	Sedang	Kontinu	Hijau	Lurus	Intensif	Samar	Absen
13		BDN2	Sedang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
14		BPGL1	Sedang	Kontinu	Hijau	Lurus	Intensif	Samar	Absen
15		BPGL2	Sedang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
16		BPGL3	Sedang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
17		BPGL4	Sedang	Kontinu	Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
18		BSLP1	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
19		BSLP2	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
20		BSLP3	Sedang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
21	Bangka Selatan	BSTL1	Kurang	Tegas	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
22		BSTL2	Kurang	Kontinu	Hijau	Lurus	Intensif	Samar	Absen
23		BSTL3	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
24		BSTL4	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
25		BSJR1	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
26		BSJR2	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
27		BSJR3	Kurang	Kontinu	Hijau	Terbuka	Intensif	Samar	Absen
28		BSBK1	Kurang	Kontinu	Kemerahan	Tertutup	Intensif	Samar	Absen
29		BSBK2	Kurang	Kontinu	Kemerahan	Terbuka	Intensif	Samar	Absen

Daun

Karakter daun tersaji pada Tabel 5. Bentuk daun dan warna flush pada seluruh aksesori kakao sangat beragam. Karakter daun aksesori kakao berdasarkan bentuk paling dominan berturut-turut adalah obovate, ellips, dan oval. Pangkal daun dominan runcing dan sebagian membulat, sedangkan ujung daun umumnya meruncing panjang atau meruncing pendek (Gambar 5).

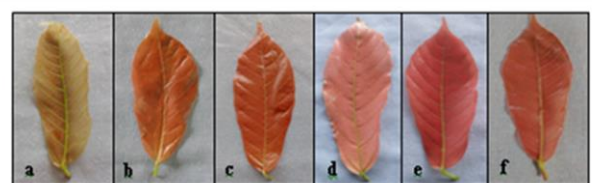


Gambar 5. Bentuk, pangkal, dan ujung daun aksesori kakao di Pulau Bangka. Bentuk daun (a). ellips, (b). oval, (c). obovate. Ujung daun (d) runcing, (e) meruncing pendek, dan (f) meruncing panjang. Pangkal daun (g) runcing, dan (h) membulat.

Tekstur daun pada aksesori kakao umumnya bergelombang dan menampilkan *pulvini* tangkai daun. Warna *flush* aksesori kakao paling dominan berturut-turut adalah coklat kemerahan, merah

kecoklatan, merah muda, merah, coklat muda, dan coklat tua (Gambar 6).

Karakter biji aksesori kakao Bangka umumnya berbentuk ovate dan sebagian kecil berbentuk oblong (Gambar 7); permukaan biji pipih, dan warna biji sebagian besar ungu tua.



Gambar 6. Warna *flush* Aksesori Kakao Di Pulau Bangka (a) Coklat muda, (b) Coklat tua, (c) Coklat kemerahan, (d) Merah muda, (e) Merah, dan (f) Merah kecoklatan



Gambar 7. Bentuk biji Aksesori Kakao (a) oblong, dan (b) ovate

Tabel 5. Karakter Daun 29 Aksesori Kakao di Wilayah Kabupaten Bangka Tengah, Kabupaten Bangka, dan Kabupaten Bangka Selatan

No.	Kabupaten	Nama Aksesori	Daun					Pulvini Tangkai Daun
			Bentuk Daun	Warna Flush	Pangkal Daun	Ujung Daun	Tekstur Daun	
1	Bangka Tengah	BTLP1	Ellips	Merah Kecoklatan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
2		BTLP2	Oval	Coklat Kemerahan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
3		BTMT1	Obovate	Merah Kecoklatan	Runcing	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
4		BTMT2	Obovate	Merah Kecoklatan	Runcing	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
5		BTMT3	Ellips	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
6		BTTG1	Ellips	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
7		BTTG2	Obovate	Coklat Kemerahan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
8		BTTG3	Ellips	Coklat Kemerahan	Membulat	Runcing	Bergelombang	Tampak
9		BTJR1	Ellips	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
10	Bangka	BRB1	Oval	Coklat Kemerahan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
11		BRB2	Oval	Merah Kecoklatan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
12		BDN1	Oval	Merah Kecoklatan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
13		BDN2	Obovate	Coklat Kemerahan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
14		BPGL1	Obovate	Coklat Kemerahan	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
15		BPGL2	Ellips	Coklat Muda	Membulat	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
16		BPGL3	Obovate	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
17		BPGL4	Obovate	Merah Muda	Membulat	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
18		BSLP1	Obovate	Coklat Tua	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
19		BSLP2	Obovate	Coklat Muda	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
20	Bangka Selatan	BSLP3	Ellips	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
21		BSTL1	Ellips	Merah	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
22		BSTL2	Obovate	Merah Muda	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
23		BSTL3	Obovate	Merah Muda	Runcing	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
24		BSTL4	Obovate	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
25		BSJR1	Ellips	Merah Muda	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
26		BSJR2	Obovate	Coklat Kemerahan	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak
27		BSJR3	Obovate	Merah Muda	Runcing	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
28		BSBK1	Obovate	Merah	Runcing	Meruncing Pendek	Bergelombang	Tampak
29		BSBK2	Ellips	Merah	Runcing	Meruncing Panjang	Bergelombang	Tampak

Variabilitas

Rekapitulasi keragaman genetik dan fenotipe berdasarkan karakter kuantitatif buah dan biji aksesori kakao Bangka tercantum pada Tabel 6. Seluruh karakter kuantitatif menunjukkan nilai ragam genetik lebih kecil daripada nilai dua kali standar deviasi ragam genetik; ragam fenotipe pun

menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada nilai dua kali standar deviasi ragam fenotipe. Karakter panjang buah, lingkaran buah, bobot buah, tebal kulit buah, jumlah biji per tongkol, bobot basah biji per tongkol, dan bobot kering biji per tongkol memiliki keragaman genetik maupun keragaman fenotipe yang sempit.

Tabel 6. Keragaman Genotipe dan Fenotipe Tanaman Kakao Bangka Berdasarkan Karakter Kuantitatif Buah dan Biji

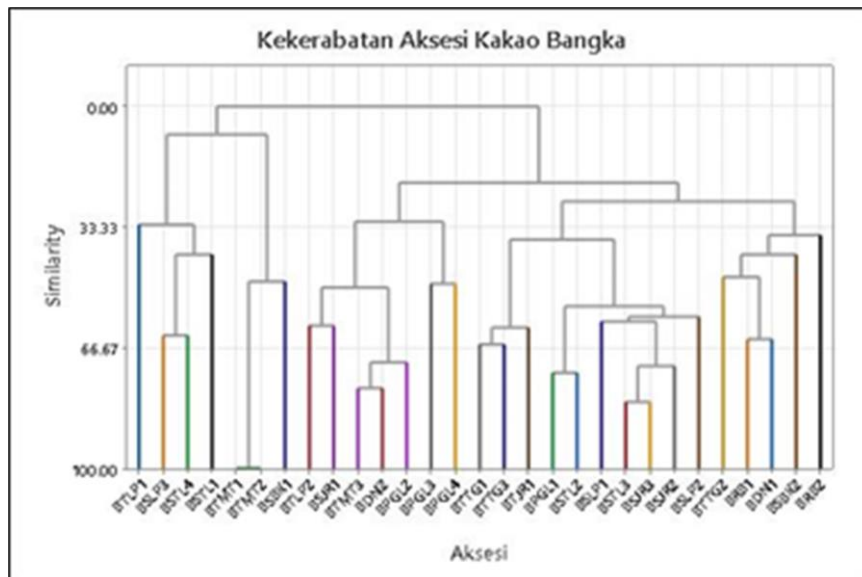
Karakter	Keragaman genotipe			Keragaman fenotipe		
	σ_g^2	$2(\sigma_g^2)$	kriteria	σ_p^2	$2(\sigma_p^2)$	kriteria
Panjang Buah	1,38	3,47	sempit	0,84	1,68	sempit
Lingkar Buah	6,01	6,95	sempit	2,08	4,16	sempit
Bobot Buah	6964,11	13928,22	sempit	0,48	0,96	sempit
Tebal Kulit Buah	0,02	0,05	sempit	0,62	1,24	sempit
Jumlah biji per Tongkol	12,14	24,28	sempit	0,46	0,93	sempit
Bobot Basah Biji per Tongkol	266,57	533,15	sempit	2,37	4,75	sempit
Bobot Kering Biji per Tongkol	27,81	55,62	sempit	39,80	0,82	sempit

Keterangan: σ_g^2 = keragaman genotipe; σ_g^2 = standar deviasi keragaman genotipe; σ_p^2 = keragaman fenotipe; σ_p^2 = standar deviasi keragaman fenotipe

Clustering Tanaman Kakao

Rekapitulasi *cluster dendrogram* aksesori kakao Bangka berdasarkan karakter kualitatif buah dan bunga tersaji pada Gambar 8. Aksesori kakao Bangka terbagi atas 2 kelompok utama, yaitu kelompok I, meliputi 7 aksesori dan kelompok II yang meliputi 22 aksesori lainnya. Tingkat kemiripan 7,74 membagi

kelompok I menjadi 2 subkelompok; pada tingkat kemiripan 21,12 % membagi kelompok II menjadi 3 subkelompok. Dendrogram menunjukkan bahwa 19 aksesori kakao rakyat Bangka yang menunjukkan kemiripan relatif rendah yaitu ≤ 50 %; 2 aksesori yang memiliki tingkat kemiripan 100 %; sedangkan 10 aksesori kakao lainnya menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi yaitu > 50 %.



Gambar 8. *Cluster Dendrogram* Aksesori Kakao Bangka Berdasarkan warna buah masak, tekstur buah, antosianin alur, warna *flush*, warna tangkai bunga, dan bentuk tangkai staminode

4. Pembahasan

Keberagaman morfologi tanaman kakao menjadi sumber daya genetik potensial bagi program pemuliaan tanaman. Peningkatan keragaman genetik pada koleksi plasma nutfah kakao dapat dilakukan melalui eksplorasi, yaitu kegiatan mencari, menemukan, dan mengumpulkan sumber daya genetik (SDG) tertentu secara sengaja dalam rangka mempertahankan kelestarian jenis-jenis pada pusat penyebaran dan sentra produksi tanaman tersebut (Nurbani, 2015). Eksplorasi tanaman kakao dilakukan melalui pengambilan informasi tentang *passport* tanaman meliputi nomor aksesori, nama aksesori, lokasi asal, nama pemilik, umur tanaman dan luas lahan serta jumlah populasi (Susilo 2015).

Tanaman kakao di Pulau Bangka relatif sedikit dengan luas areal pertanaman terbatas dan produktivitas rendah. Pembudidayaan dapat menjadi indikasi tingkat keberhasilan produksi kakao di Pulau Bangka. Penggunaan bahan tanam, serangan hama dan penyakit, umur tanaman, dan teknik pembudidayaan menentukan keberhasilan pembudidayaan kakao (Rubiyo 2013; Jaimez et al.

2013; Zasari *et al.* 2020). Sistem pengelolaan kebun dan teknis budidaya yang kurang tepat merupakan penyebab rendahnya produksi (Sumilia *et al.* 2019).

Karakterisasi berguna untuk mendapatkan informasi sifat morfologi suatu tanaman. Karakterisasi morfologi menjadi alternatif pendekatan dalam menilai sifat agronomi sebelum pemanfaatan koleksi plasma nutfah (Izzah *et al.* 2018). Karakterisasi kakao dilakukan untuk menentukan ciri atau sifat dari aksesori, klon, dan/atau varietas dalam tingkat keragaman karakter kualitatif maupun kuantitatif (Cuervo-Parra *et al.* 2011; Santos *et al.* 2012; Anita-Sari *et al.* 2015). Karakterisasi morfologi kakao umumnya menggunakan penciri utama tanaman, antara lain daun, bunga, buah, biji, dan keragaan pertumbuhan tanaman sebagai karakter pembeda (Daud *et al.* 2014; Viet Ha *et al.* 2016). Karakterisasi morfologi menjadi metode yang mempermudah menentukan keragaman kakao (Sahardi dan Djufry 2016; Izzah *et al.* 2018).

Luas atau sempit keragaman genetik dan fenotipe suatu karakter ditentukan berdasarkan nilai standar deviasi dari ragam genetik maupun ragam fenotipe. Analisis variabilitas terhadap karakter kuantitatif buah dan biji diperoleh nilai

ragam genetik lebih kecil dari nilai dua kali standar deviasi ragam genetik; nilai ragam fenotipe yang diperoleh juga lebih kecil dari nilai dua kali standar deviasi ragam fenotipe. Berdasarkan perbandingan nilai ragam dan standar deviasi ragam yang diperoleh menunjukkan bahwa aksesori kakao di Bangka memiliki keragaman fenotipe dan genotipe yang sempit pada karakter panjang buah, lingkaran buah, bobot buah, tebal kulit buah, jumlah biji per tongkol, bobot basah biji per tongkol, dan bobot kering biji per tongkol. Menurut Syukur *et al.* (2012), bahwa karakter yang memiliki keragaman genetik yang sempit umumnya akan memiliki keragaman fenotipe yang sempit, tetapi keragaman fenotipe dipengaruhi oleh keragaman genetik dan lingkungan.

Indikasi keragaman tanaman kakao di Pulau Bangka dibuktikan dari hasil *clustering* berdasarkan karakter warna buah masak, tekstur buah, antosianin alur, warna *flush*, warna tangkai bunga, dan bentuk tangkai staminode. Tanaman kakao di Pulau Bangka sebagian besar menunjukkan keragaman yang relatif tinggi. Keragaman tanaman kakao di Bangka salahsatunya dipengaruhi oleh ketersediaan bahan tanam dalam pembudidayaan kakao yang umumnya menggunakan bahan tanam hasil perbanyakan secara generatif (biji). Keragaman tanaman sangat dipengaruhi oleh keberagaman karakter fenotipik serta susunan genetik dalam populasi tanaman (Sobir dan Syukur 2015). Pengembangan bahan tanam melalui perbanyakan secara generatif akan memicu munculnya variasi genetik akibat proses persilangan pada populasi kakao. Keragaman genetik makin meningkat seiring dengan pengembangan kakao melalui persilangan antargenotipe menghasilkan rekombinan hasil persilangan antartetua yang silsilah genetiknya sulit diketahui secara pasti (Carr dan Lockwood 2011; Anita-Sari dan Susilo 2014; Anita-Sari *et al.* 2015; Zhang dan Motilal 2016)

5. Kesimpulan

Eksplorasi-karakterisasi mendapatkan 29 aksesori kakao Bangka yang memiliki karakter morfologi yang cukup beragam, yaitu: tingkat keragaman sebagian besar aksesori tergolong tinggi berdasarkan karakter warna buah masak, tekstur buah, antosianin alur, warna *flush*, warna tangkai bunga, dan bentuk tangkai staminode; tetapi tingkat keragaman fenotipe dan genotipe pada karakter panjang buah, lingkaran buah, bobot buah, tebal kulit buah, jumlah biji per tongkol, bobot basah biji per tongkol, dan bobot kering biji per tongkol tergolong sempit.

6. Ucapan Terimakasih

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung yang telah memfasilitasi penelitian melalui dana Skim Penelitian Akselerasi Tahun 2021 dengan nomor kontrak 478.J/UN50/L/PP/2021.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (Declaration of Conflicting Interests)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Anderson R, Bancroft T. 1952. *Statistical Theory in Research*. New York USA: Mc Graw Hill Book Company. 399 p.
- Anita-Sari I, Susilo AW. 2014. Keragaan Beberapa Genotipe Harapan Kakao Mulia Hasil Seleksi di Kebun Penataran, Jawa Timur [Performance of Some Promising Genotypes of Fine-flavour Cocoa Selected at Penataran Estate, East Java]. *Pelita Perkeb.* 30(2):81–91.
- Anita-Sari I, Zakariyya F, Susilo AW. 2015. Relationship between Physiological Characteristic and Bean Quality on Some Cocoa Clones (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkeb. (a Coffee Cocoa Res. Journal)*. 31(3):143–151.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Kakao Indonesia 2018*. Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan, editor. Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Kakao Indonesia 2019*. Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan, editor. Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan.
- Carr MKV, Lockwood G. 2011. The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): A review. *Exp. Agric.* 47(4):653–676.
- Cuervo-Parra JA, Sanchez-Lopez V, Ramirez-Suero M, Ramirez-Lepe M. 2011. Morphological and Molecular Characterization of *Moniliophthora roreri* Causal Agent of Frosty Pod Rot of Cocoa Tree in Tabasco, Mexico. *Plant Pathol. J.* 10(3):122–127.

- Daud Z, Awang H, Angzzas Sari MK, Mohd Zainuri MH, dan Ashuvila MA. 2014. Cocoa Pod Husk and Corn Stalk: Alternative Paper Fibres Study on Chemical Characterization and Morphological Structures. *Advanced Materials Research*, Vol 911. pp 331-335.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia: Kakao 2015-2017*. Hendaryati D, Arianto Y, WK Z, Pudjianto E, Udin A, Kurniawati N, Damarjati S, Magdalena E, editor. Ditjenbun.
- Engels JMM. 1986. The systematic description of cacao clones and its significance for taxonomy and plant breeding: 125.
- Goenaga R, Guiltinan M, Maximova S, Seguine E, Irizarry H. 2015. Yield performance and bean quality traits of cacao propagated by grafting and somatic embryo-derived cuttings. *HortScience*. 50(3):358-362.
- Izzah NK, Martono B, Baharuddin, Wardiana E. 2018. Keragaman Genetik Klon Kakao Lokal Sulawesi Tenggara Berdasarkan Marka Ssr Dan Karakter Morfologi. *J. industrial beverage Crop*. 5(3):95-104.
- Jaimez RE, Araque O, Guzman D, Mora A, Espinoza W, Tezara W. 2013. Agroforestry systems of timber species and cacao: Survival and growth during the early stages. *J. Agric. Rural Dev. Trop. Subtrop*. 114(1):1-11.
- Lopes UV, Monteiro WR, Pires JL, Clement D, Yamada MM, Gramacho KP. 2011. Cacao breeding in Bahia, Brazil: strategies and results. *Crop Breeding Application Biotechnology*. 11(spe):73-81.
- N'Zi JC, Kahia J, Diby L, Kouamé C. 2017. Compatibility of ten elite cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones. *Horticulturae*. 3(3):1-8.
- Nurbani, S. (2015). Eksplorasi dan karakterisasi tumbuhan mekai sebagai penyedap rasa di Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara. *Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(2):, 201-206.
- Pujiyanto. 2015. *Kesesuaian lahan kakao : Kakao Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, Perdagangan*. Wahyudi T, Pujiyanto, Misnawi, editor. Yogyakarta: UGM Press.
- Rubiyo. 2013. Inovasi Teknologi Perbaikan Bahan Tanam. *Bul. RISTRI*. 4(3):199-214.
- Santos RC, Pires JL, Correa RX. 2012. Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genet. Resour. Crop Evol*. 59(3):327-345.
- Sahardi, Djufry F. 2016. Keragaman Karakteristik Morfologis Dan Agronomis Plasma Nutfah Klon Harapan Kakao Lokal Sulawesi Selatan. *J. Peneliti. Tanam. Ind*. 21(3):145.
- Santos RC, Pires JL, Correa RX. 2012. Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genet. Resour. Crop Evol*. 59(3):327-345.
- Santos RFM, Lopes UV, Clement D, Pires JL, Lima EM, Messias TB, Gramacho KP. 2014. A protocol for large scale genomic DNA isolation for cacao genetics analysis. *African J. Biotechnol*. 13(7):814-820.
- Sumilia, Nasrez A, Zulfadly S. 2019. Cocoa Productivity and Plant Diversity on Various Cocoa based Agroforestry System in Pasaman District, West Sumatra. *Jurnal Agroforestri Indonesia*. 2 (2): 51-62.
- Susilo A. 2015. *Bahan Tanam Kakao: Kakao Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, Perdagangan*. Wahyudi T, Pujiyanto, Misnawi, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 739 p.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yunianti R, Kusumah DA. 2011. Pendugaan ragam genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil beberapa genotipe cabai. *Agrivigor*. 10(2):148-156.
- Sobir, Syukur M. 2015. *Genetika Tanaman*. Bogor: IPB Press. 305 hlm
- Viet Ha LT, Hang PT, Everaert H, Rottiers H, Anh LPT, Dung TN, Phuoc PHD, Toan HT, Dewettinck K, Messens K. 2016. Characterization of leaf, flower, and pod morphology among vietnamese cocoa varieties (*Theobroma cacao* L.). *Pakistan J. Bot*. 48(6):2375-2383.
- Wahyudi T, Misnawi. 2015. *Sejarah, perkembangan penelitian, dan prospek kakao : Kakao Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, Perdagangan*. Wahyudi T, Pujiyanto, Misnawi, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Zasari M, Wachjar ADE, Susilo AW, Sudarsono S. 2020. Prope legitimate rootstocks determine the selection criteria for drought- tolerant cocoa. 21(9):4067-4075.
- Zhang D, Motilal L. 2016. Origin, dispersal, and current global distribution of cacao genetic diversity. Di dalam: Bailey B, Meinhardt L, editor. *Cacao Diseases, A History of Old Enemies and New Encounters*. Spriger International Publishing Switzerland. hlm. 3-30.