

Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda

*Morphological and Anatomical Characteristics of Cocoa Plants (*Theobroma cacao* L.) That Grow at Different Heights*

Bisma Wahyu Farhanandi*, Novita K. Indah

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: bisma.18028@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Kakao (*Theobroma cacao* L.) atau dikenal sebagai coklat merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang memiliki keragaman tinggi. Untuk meningkatkan produktivitas kakao diperlukan kultivar unggulan yang sesuai lingkungannya sehingga diperlukan kajian karakter morfologi dan anatomi. Tujuan penelitian ini mengetahui kultivar unggul ditinjau dari karakter morfologi, ekologi, dan anatomi dan mengetahui keterkaitan antara karakteristik morfologi dan anatomi tanaman Kakao yang tumbuh pada ketinggian berbeda. Penelitian deskriptif eksploratif ini dilakukan di Madiun dan Blitar. Sampel diambil secara *purposive sampling* sebanyak 18 individu tanaman pada tiga kultivar kakao di Madiun dan Blitar. Karakter morfologi sebanyak 120 karakter morfologi dan dianalisis dengan *Principal Component Analysis* untuk menentukan karakter penanda. Karakter ekologi yang digunakan adalah ketinggian tempat, suhu, kelembaban, dan pH serta karakter anatomi diamati menggunakan preparat *whole mount* daun agar dapat menghitung kerapatan dan indeks stomata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian tempat menyebabkan perbedaan morfologi dan anatomi daun kakao sedangkan kualitas biji disebabkan oleh faktor naungan. Perbedaan ketinggian tempat berdampak pada karakter morfologi yang bervariasi terutama pada karakter daun, bunga, buah, dan biji, sedangkan anatomi daun berbeda pada kerapatan stomata dan indeks stomata. Tanaman kakao yang ternaungi akan memiliki indeks stomata lebih tinggi dan menghasilkan biji lebih banyak dan berkualitas.

Kata Kunci: anatomi; kakao; ketinggian tempat; morfologi

Abstract. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) or known as chocolate is one of Indonesia's leading commodities with high diversity. To increase the productivity of cocoa, superior cultivars are needed that are suitable for their environment so that a study of morphological and anatomical characters is needed. The purpose of this study was to determine the superior cultivars in terms of morphological, ecological, and anatomical characters and to know the relationship between the morphological and anatomical characteristics of Cocoa plants that grow at different heights. This exploratory descriptive research was conducted in Madiun and Blitar. Samples were taken by purposive sampling as many as 18 individual plants in three cocoa cultivars in Madiun and Blitar. The morphological characters were 120 morphological characters and analyzed by Principal Component Analysis to determine the marker characters. The ecological characters used were altitude, temperature, humidity, and pH and anatomical characters were observed using whole mount leaf preparations in order to calculate the density and stomatal index. The results showed that the altitude caused differences in morphology and anatomy of the cocoa leaves, while the quality of the beans was caused by the shading factor. Differences in altitude have an impact on morphological characters that vary, especially on the characters of leaves, flowers, fruits, and seeds, while leaf anatomy differs in stomatal density and stomata index. Shaded cocoa plants will have a higher stomata index and produce more and quality beans.

Keyword: anatomy; cocoa; altitude; morphology

PENDAHULUAN

Kakao merupakan tanaman perkebunan yang memiliki nama ilmiah *Theobroma cacao* L. Kakao memiliki nama famili Sterculiaceae. Tanaman ini berasal dari Amerika Selatan yang saat ini banyak ditanam di berbagai kawasan tropika (Bulandari, 2016). Biji yang dihasilkan merupakan produk

olahan dengan nama yang sangat terkenal yaitu coklat. Biji kakao adalah bahan utama pembuatan bubuk kakao (cokelat). Bubuk kakao merupakan bahan baku makanan yang sangat disukai terutama anak-anak. Karakter rasa coklat adalah gurih dengan aroma yang khas sehingga disukai banyak orang khususnya anak-anak dan remaja (Nizori dkk., 2021).

Indonesia adalah satu dari tiga negara pembudidaya Kakao di dunia atau setelah Ivory-Coast dan Ghana dengan nilai produksi mencapai 1.315.800 ton/tahun (Nababan, 2019). Laju perkembangan lahan perkebunan Kakao meningkat dalam kurun waktu 5 tahun terakhir sekitar 8% per tahun yang didominasi 90% perkebunan rakyat (Karmawati dkk., 2010). Masyarakat membudidaya terutama untuk dimanfaatkan buahnya (Wahyudi dan Rahardjo, 2008). Bagian buah yang dimanfaatkan yaitu kulit buah, pulp, dan biji Kakao (Sihombing, 2008).

Komoditas ini menghidupi lebih dari 1,3 juta kepala keluarga petani di berbagai daerah Indonesia (Ditjenbun Pertanian, 2014). Namun demikian, produksi di Indonesia, terutama hasil perkebunan rakyat tanaman Kakao kurang diminati oleh pasar internasional sehingga harga jualnya rendah. Hal ini karena adanya produk biji tanpa fermentasi, biji dengan kadar kotoran tinggi, serta terkontaminasi serangga, jamur, dan mitotoksin (Karmawati dkk., 2010). Selain itu, umur tanaman kakao juga dapat menurunkan produktivitas (Agussalim, 2016), karena itulah diperlukan peremajaan tanaman Kakao.

Peremajaan dan budidaya tanaman Kakao baru saat ini digalakkan di Jawa Timur. Jawa Timur menggalakkan budidaya Kakao pada kabupaten Pacitan, Trenggalek, Blitar, Malang, dan Bondowoso. Lahan perkebunan masing-masing kabupaten 10 ha (Madiunpos.com, 2019). Kelima daerah ini merupakan lahan baru produk Kakao. Akan tetapi, untuk peremajaan tanaman Kakao belum dilakukan pemerintah Jawa Timur. Salah satu kabupaten yang memiliki perkebunan Kakao adalah Madiun. Umur tanaman di daerah Madiun lebih dari 20 tahun. Pemerintah perlu melakukan peremajaan atau budidaya sesuai dengan lingkungan dan karakter tanaman agar produksi Kakao meningkat.

Tanaman Kakao adalah tanaman yang melakukan kawin silang sehingga menghasilkan tingkat keragaman genotipe, terutama keragaman morfologi seperti batang, daun, bunga, bentuk dan warna buah serta besar biji maupun resistensi terhadap hama penyakit. Sahardi dan Djufry (2015) mengemukakan bahwa kakao di Sulawesi Selatan memiliki keanekaragaman tinggi yakni terdapat 30 kultivar. Beberapa kultivar yang banyak dibudidayakan petani antara lain kultivar M01, 45, AP, RB, Kambala, ACC, BRT, BB, dan Gene-J.

Sifat genetik serta interaksinya dengan lingkungan sekitar dapat menentukan pertumbuhan dan produktivitas Kakao (Winarno, 1995). Syarat tumbuhnya memerlukan kondisi tanah yang gembur juga sistem drainase yang baik. Tingkat keasaman atau pH tanah yang ideal berkisar antara 6-7. Tanaman Kakao menghendaki permukaan air tanah yang dalam. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-600 meter di atas permukaan laut. Curah hujan yang optimal untuk pertumbuhan Kakao berkisar antara 1.500-2.000 mm setiap tahun, dengan penyebaran yang merata sepanjang tahun. Suhu yang ideal untuk pertumbuhan adalah sekitar 25⁰-27⁰ C dengan fluktuasi suhu yang tidak terlalu besar. Intensitas cahaya yang ideal bagi tanaman Kakao adalah antara 50-70% (Ilham dkk., 2018).

Salah satu penyebab perbedaan karakter tanaman dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan, misalnya ketinggian tempat, intensitas cahaya, letak geografis, iklim, suhu, kelembaban udara, jenis tanah, kondisi tanah, dan tingkat kesuburan tanah (Barbour dan Pits, 1987). Berdasarkan penelitian Hamzah (2010), semakin tinggi suatu daerah, maka akan semakin rendah suhu udaranya, sedangkan semakin rendah suatu daerah, maka suhu udara akan semakin tinggi. Suhu, udara, kelembaban udara, serta angin akan sangat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Terdapat korelasi antara faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, iklim, tanah dan ketinggian tempat dengan karakteristik morfologi (Yuliani dkk., 2015).

Karakter morfologi merupakan karakter yang mudah diamati, murah, dan cepat mendapatkan data. Karakteristik morfologi yang dapat diamati meliputi batang, daun, bunga, buah, dan biji (Kurniawati dkk., 2016). Penelitian lain yang menggunakan karakter morfologi yaitu penelitian Sahardi dan Djufry (2015) pada 20 karakter morfologi dan agronomi kakao lokal Sulawesi Selatan menunjukkan variasi sempit yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mendorong peningkatan keragaman genetik melalui pengembangan klon-klon baru. Pengamatan morfologi buah terhadap 33 aksesi kakao oleh Wardiana dkk. (2017) menyatakan bahwa 19 aksesi termasuk berkarakter biji dan kulit buah tinggi, sembilan aksesi berbobot pulpa tinggi, sedangkan lima aksesi termasuk kategori tinggi dalam semua komponen buah berdasarkan analisis kluster. Aksesi-aksesi

yang muncul dapat digunakan untuk perakitan kakao unggul. Karakter morfologi akar kakao juga digunakan sebagai indikator kultivar unggul dalam upaya perbanyakannya melalui biji dan sambung pucuk (Zakaryya, 2017).

Kajian morfologi buah kakao juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui tingkat kecenderungan serangan hama, salah satunya adalah *Conopomorpha cramerella* (penggerek buah) yang menyebabkan kerugian produksi (Ridwan dan Nurmiaty, 2017). Dengan demikian, dapat dilakukan pemilihan kultivar unggul tahan hama yang meningkatkan produktivitas kakao. Karakter bentuk buah obovate, tanpa leher botol, dan ujung buah mammelate merupakan karakter morfologi kakao tahan hama penggerek buah (Paidjo, 2013). Sementara itu, anatomi tumbuhan adalah kajian tentang letak dan fungsi organ dalam tubuh tumbuhan (Hidayat, 1995). Struktur anatomi yang dapat dijadikan acuan dalam karakterisasi tumbuhan adalah struktur jaringan epidermis seperti kerapatan stomata, indeks, dan tipe stomata (Sa'adah, 2015). Penelitian Salam (2014) menyatakan bahwa morfologi dan anatomi bunga kakao merupakan kajian penting yang dapat dijadikan referensi dalam pemilihan kakao unggul dengan produktivitas tinggi. Penelitian lain belum pernah mengaitkan karakter morfologi dan anatomi dengan faktor lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan karakter morfologi, ekologi, dan anatomi kakao di Madiun dan Blitar dan mengetahui keterkaitan antara karakteristik morfologi dan anatomi tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang tumbuh pada ketinggian berbeda. Berdasarkan penelitian ini dapat digunakan untuk merekomendasikan kepada pemerintah tentang tanaman Kakao yang sesuai dibudidayakan di Kabupaten Madiun dan Blitar.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan metode eksploratif jelajah dengan tujuan untuk mengetahui keberadaan tanaman Kakao di Madiun dan Blitar. Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan yaitu bulan Oktober 2021 sampai Januari 2022. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Morang, Kecamatan Kare, Kabupaten Madiun serta Desa Selopuro, Kecamatan Selopuro, Kabupaten Blitar (Gambar 1). Pengamatan karakter morfologi dan anatomi, pembobotan sifat, dan analisis PCA (*Principal Component Analysis*), dilakukan di Laboratorium Biologi, Gedung C1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel kakao di Desa Morang, Kecamatan Kare, Kabupaten Madiun ketinggian 560 m dpl (a) dan di Desa Selopuro, Kecamatan Selopuro, Kabupaten Blitar, ketinggian 207 m dpl (b)

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan eksplorasi meliputi alat tulis, *soil tester*, termometer, *lux meter*, altimeter digital, penggaris, pita meteran, *handphone*, sasak, dan kertas koran. Bahan dan peralatan dalam pembuatan preparat *whole mount* meliputi botol film, pipet, pinset, kuas cat, silet, cawan petri, kaca arlogi, *object glass*, kaca penutup, tisu, kotak kardus, *stopwatch*, mikroskop, daun Kakao nodus ke-5, HNO₃ 50%, safranin 0,5%, gliserin 30%, akuades, alkohol 70%, dan larutan pemutih. Data faktor lingkungan diukur menggunakan *higrometer*, *lux meteri*, *soil tester*, dan aplikasi *altimeter*.

Pengambilan sampel meliputi tiga kultivar kakao meliputi kultivar buah merah, kultivar buah hijau runcing, dan kultivar buah hijau tumpul. Koleksi kakao dilakukan secara *purposive sampling* sebanyak tiga pohon tiap kultivar di Madiun dan Blitar sehingga terdapat 18 sampel. Pengambilan sampel dilakukan pada masing-masing daerah. Perawakan, batang, dan ranting pohon diamati langsung di lapangan, koleksi daun dan bunga diawetkan dalam larutan alkohol 70%, serta koleksi buah dalam bentuk sediaan segar.

Karakter morfologi diamati berdasarkan *Catalogue of Cacao Clones* (Phillips-Mora dkk., 2013) sebanyak 120 karakter. Hasil pengamatan dan pengukuran digunakan untuk pembobotan sifat (Tabel 1.) kemudian dianalisis PCA (*Principal Component Analysis*) menggunakan Minitab 16 *Statistical Software* dan PAST 4 sehingga diperoleh *biplot* dan penanda karakter morfologi dari masing-masing kultivar.

Pengamatan anatomi menggunakan metode *whole mount*. Pembuatan preparat *whole mount* semi permanen merujuk pada metode Ruzin (1999) dan Sinay dkk. (2015). Daun Kakao yang telah difiksasi dalam alkohol 70% dilunakkan dengan HNO₃ 50% kemudian bagian adaksial daun dikerik untuk menghilangkan jaringan mesofil. Potongan daun dijernihkan menggunakan pemutih serta di-*staining* safranin 0,5%. Preparat diletakkan di atas *object glass* dan ditetesi dengan gliserin 30%. Penghitungan jumlah stomata dan pengamatan tipe stomata dilakukan menggunakan mikroskop, perbesaran 40x. Kerapatan dan indeks stomata dapat dihitung dengan rumus (Lestari, 2006), tipe stomata ditentukan menurut (Dilcher, 1974). Kerapatan stomata dikelompokkan sesuai Juairiah (2014) yakni kerapatan rendah (< 300/mm²), kerapatan sedang (300–500/mm²), dan kerapatan tinggi (> 500/mm²).

$$RS = \frac{S1+S2+S3+.....Sn}{n}$$

$$KS = \frac{RS}{LBP \text{ (panjang} \times \text{lebar)}}$$

$$I = \frac{S}{S+E}$$

Keterangan: RS (rata-rata stomata); S1, S2, S3, Sn (stomata bidang panjang ke-1, bidang pandang ke-2, bidang pandang ke-3, bidang pandang ke-n); n (jumlah bidang pandang); KS (kerapatan stomata); LBP (luas bidang pandang untuk perbesaran 40x, panjang x lebar = 0,162 mm x 0,122 mm); I (indeks stomata); S (jumlah stomata dalam satu bidang pandang); E (jumlah sel epidermis dalam satu bidang pandang).

Tabel 1. Pembobotan karakter morfologi Kakao

No	Karakter	Pembobotan Sifat
1	Warna batang	Cokelat keabuan (0) cokelat tua keabuan (1) cokelat tua kehitaman (2) cokelat kehitaman (3) hitam (4)
2	Jumlah jorquette tipe pertumbuhan	2 Ritmik (0) 3 ritmik (1) 4 ritmik (2)
3	Bentuk tajuk	Complete circle perfect (0) Irregular circle good (1) tolerable half-crown (2) poor less than half crown (3)
4	Pemoposan daun	Hijau muda (0) jingga (1) merah muda (2)
5	Bangunan daun muda	Lancelotus (0) memanjang (1)
6	Kondisi tangkai daun	Lurus bersendi (0) lurus bersendi 2 (1) lurus (2) bengkok bersendi 2 (3) silinder (4)
7	Struktur permukaan atas daun	Licin mengkilap (0) licin (1)
8	Warna permukaan atas daun	Hijau (0) hijau tua (1)
9	Warna permukaan bawah daun	Hijau muda (0) hijau (1)
10	Warna kuncup daun	Hijau muda (0) jingga (1) merah muda (2) merah muda kecokelatan (3)
11	Kerapatan bunga	Kurang (0) sedang (1) rapat (2)
12	Warna tangkai bunga	Putih kemerahan (0) kemerahan (1) merah (2) merah keunguan (3) ungu semakin merah ke ujung (4) krem semakin kemerahan ke kuntum (5)
13	Warna kuncup bunga	Putih (0) krem (1) kemerahan (2)
14	Warna kelopak luar	Putih (0) krem (1) kemerahan (2)
15	Warna kelopak dalam	Putih (0) putih buram (1) krem (2)
16	Warna mahkota	Putih (0) putih merah (1) krem (2) krem merah (3)

No	Karakter	Pembobotan Sifat
17	Warna ligula	Kuning muda (0) kuning (1) kuning tua (2) kuning pucat (3)
18	Bentuk ligula	Oval (0) deltooid (1) sub-lanset (2)
19	Garis kelopak	Putih (0) krem (1) kemerahan (2)
20	Warna staminodia	Merah (0) merah tua (1) ungu tua (2)
21	Warna ovari	Putih (0) krem (1) kemeraha (2)
22	Tekstur permukaan buah muda	Halus (0) kasar (1)
23	Tekstur permukaan buah tua	Halus (0) kasar (1)
24	Bentuk buah	Ellips (0) obovate (1) oblong (2)
24	Warna rigit buah tua	Kuning (0) Kuning kehijauan (1) kuning-hijau (2) kuning-hijau-jingga (3) kuning kemerahan (4) hijau (5)
25	Warna rigit buah muda	Hijau muda (0) hijau muda berbintik (1) hijau tua (2) ungu-keunguan (3) merah tua-hijau (4) merah tua (5)
26	Warna plasenta	Putih (0) kekuninga (1)
27	Pangkal buah	Sirkuler beralur (0) Sirkuler beralur jelas (1) sirkuler beralur sedang (2) sirkuler beralur samar (3)
28	Penyempitan pangkal buah	Kurang (0) sedang (1) jelas (1)
29	Leher botol buah	Tanpa leher botol (0) samar (1) sedang (2) jelas (3)
30	Bentuk ujung buah	Tumpul (0) runcing (1) meruncing (2)
31	Alur buah	Dangkal (0) samar-dalam di pangkal (1) sedang (2) dalam (3)
32	Warna alur	Kuning (0) kuning kehijauan (1) hijau muda (2) hijau (3)
33	Warna buah muda	Hijau muda (0) hijau muda berbintik (1) hijau tua (2) merah tua keunguan (3) merah keunguan (4)
34	Warna buah tua	Kuning (0) hijau (1) kuning-hijau di pangkal (2) hijau kekuningan (3) merah-kuning kehijauan (4)
35	Kelengketan daging buah	Sedikit (0) sedang (1) kuat (2)
36	Creamenes	Sedikit (0) sedang (1)
37	Rasa	Asam (0) manis sedikit asam (1) sedikit manis (2)
38	Aroma	Tidak beraroma (0) sedikit harum (1) harum (2)
39	Warna selaput (pulpa)	Putih (0) putih bening (1) putih keruh (2) kuning muda (3)
40	Warna biji	Putih (0) cokelat muda (1) cokelat (2) cokelat tua (3) cokelat keunguan (4) putih keunguan (5)

HASIL

Hasil pengamatan karakter ekologi menunjukkan adanya perbedaan lingkungan antara Madiun dan Blitar (Tabel 2). Perbedaan karakter ekologi yang mencolok yaitu ketinggian tempat. Blitar berada pada dataran rendah (207 m dpl) sedangkan Madiun berada di dataran sedang (560 m dpl) (Suarjaya dan Nuriyasa, 2012). Perbedaan ketinggian ini berakibat pada perbedaan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya. Madiun memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan Blitar, baik suhu udara maupun suhu tanah. Akan tetapi Blitar memiliki intensitas cahaya lebih tinggi 6250 daripada Madiun 3750. Oleh karena Blitar memiliki intensitas cahaya lebih tinggi dari pada Madiun maka tanaman kakao ditanam di bawah naungan.

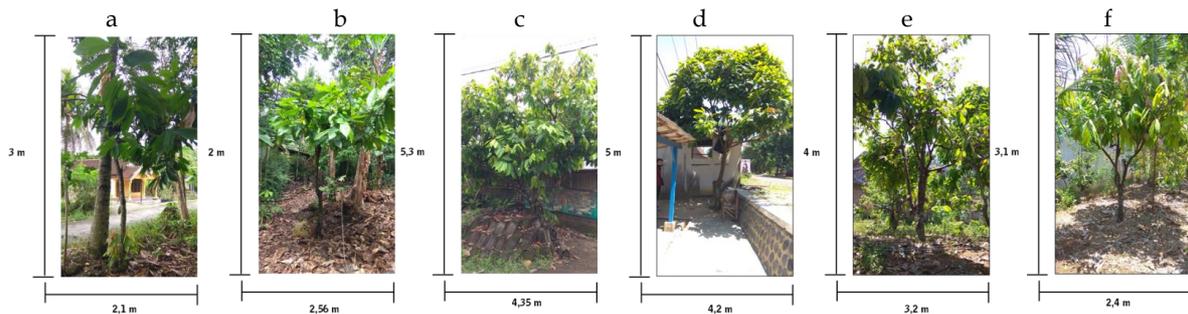
Tabel 2. Hasil pengamatan faktor lingkungan

Parameter	Blitar	Madiun
Ketinggian	207 m dpl	560 m dpl
Suhu Udara	28 ^o C	34 ^o C
Suhu Tanah	24,5 ^o C	27 ^o C
Kelembaban Udara	79%	61%
Intensitas Cahaya	6250 Cd	3750 Cd
Kelembaban Tanah	5 RH	0 RH
pH tanah	8	8

Kedua kabupaten memiliki tiga kultivar tanaman Kakao yaitu buah hijau runcing, buah merah, dan buah hijau tumpul. Penanaman didasarkan pada karakter morfologi buah. Pemberian nama ini sesuai dengan pengamatan petani. Ketiga kultivar ini mempunyai perbedaan karakter morfologi. Pengamatan karakter morfologi batang Kakao Madiun dan Blitar dapat dibedakan

berdasarkan warna batang. Kakao Blitar cenderung lebih gelap berwarna coklat kehitaman, sedangkan Kakao Madiun memiliki warna lebih pudar berupa coklat keabuan (Gambar 2).

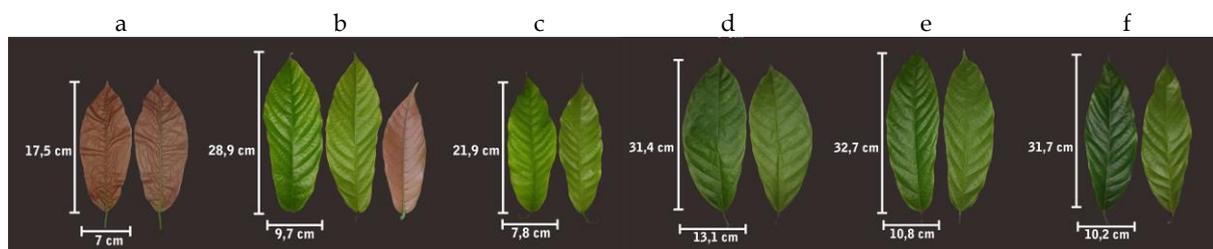
Perawakan kakao Madiun lebih tinggi dibandingkan kultivar Blitar akibat perbedaan umur tanam. Lingkaran batang tertinggi dimiliki oleh kultivar buah hijau ujung runcing sebesar 53-59,5 cm. Bentuk tajuk kakao di kedua wilayah bervariasi yang dikelompokkan berdasarkan Anisar (2018). Kultivar hijau tumpul Blitar dan Madiun serta buah merah Madiun memiliki kategori tajuk *complete circle perfect* yang berarti tajuk lebar, berbentuk lingkaran utuh, serta simetris. Kultivar hijau runcing Blitar termasuk kategori *irregular circle good* karena tajuk kurang simetris dan terdapat cabang mati. Kultivar hijau runcing Madiun bertajuk *tolerable half-crown* dengan ciri-ciri tajuk lonjong namun dapat diperbaiki dengan jarak tanam cukup. Sementara itu, buah merah Blitar memiliki tajuk *poor less than half-crown* karena tidak memuaskan dalam silvikultur, tidak simetris, banyak cabang mati namun tanaman masih dapat hidup.



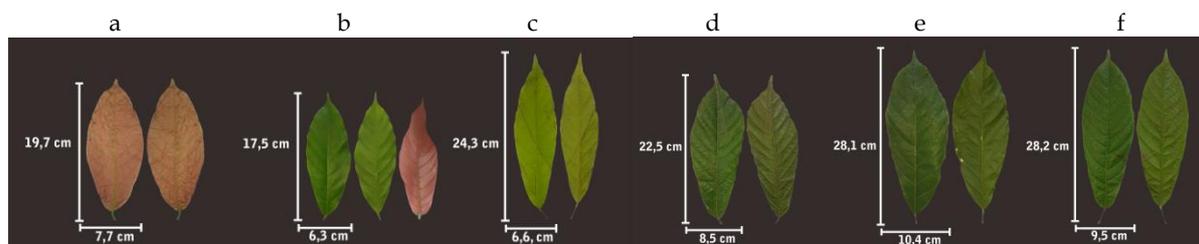
Gambar 2. Perawakan tanaman kakao Blitar (kiri) dan Madiun (kanan). (a,d) buah hijau runcing, (b,e) buah merah, (c,f) buah hijau tumpul

Perbedaan selanjutnya pada karakter pemoposan daun (Gambar 3 dan Gambar 4). Kultivar yang sama memiliki warna pemoposan berbeda ketika tumbuh dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Kultivar hijau tumpul Blitar memiliki variasi warna pemoposan yakni hijau muda atau jingga, sedangkan kultivar yang tumbuh di Madiun hanya berwarna hijau muda. Kultivar hijau runcing yang tumbuh di Blitar tidak memiliki variasi warna pemoposan antar sampel, namun pohon yang tumbuh di Madiun memiliki dua warna pemoposan yaitu hijau muda dan jingga. Kultivar buah merah yang berada di kedua wilayah memiliki variasi warna pemoposan yang sama yaitu merah muda dan jingga. Warna tangkai daun kakao Blitar dominan coklat tua, sedangkan kakao Madiun lebih gelap berwarna hitam. Kultivar hijau runcing dan buah merah yang ada di Blitar memiliki bentuk daun jorong, sedangkan di Madiun berbentuk memanjang.

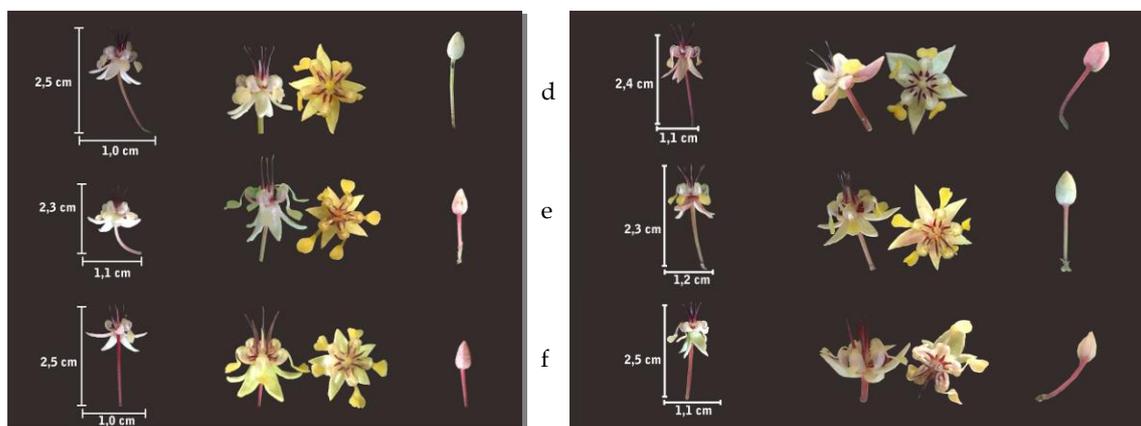
Perbedaan berikutnya pada karakter bunga. Bunga hijau tumpul Blitar dan Madiun dibedakan berdasarkan warna tangkai muda dan tua, bentuk ligula, warna staminodia, ovarium, dan kepala putik (Gambar 5). Bunga kultivar hijau runcing antar wilayah berbeda secara morfologi dari kerapatan perbungaan, bentuk ligula, warna staminodia, dan ovarium, sedangkan kultivar bunga merah berbeda pada warna kuncup.



Gambar 3. Morfologi daun tanaman kakao Blitar. Daun muda (a) buah merah, (b) buah hijau tumpul, (c) buah hijau runcing. Daun tua (d) buah merah, (e) buah hijau tumpul, (f) buah hijau runcing

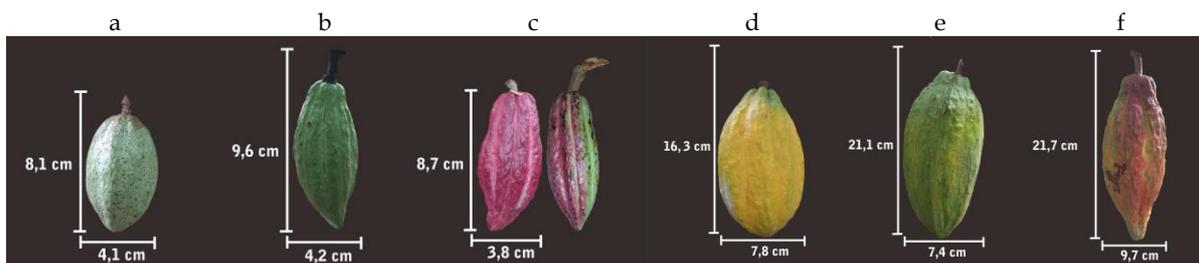


Gambar 4. Morfologi daun tanaman kakao Madiun. Daun muda (a) buah merah, (b) buah hijau runcing, (c) buah hijau tumpul. Daun tua (d) buah merah, (e) buah hijau runcing, (f) buah hijau tumpul



Gambar 5. Morfologi bunga tanaman kakao Blitar. (a) buah hijau tumpul, (b) buah merah, (c) buah hijau runcing. Blitar (d) buah hijau tumpul, (e) buah merah, (f) buah hijau runcing

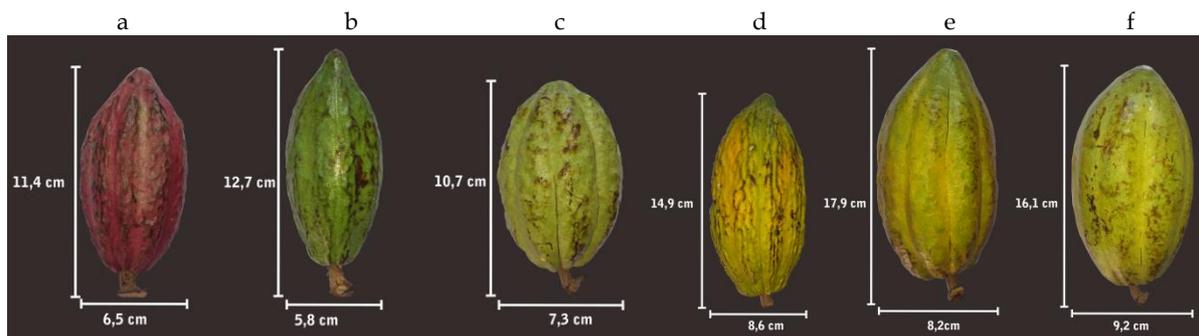
Karakter buah juga menunjukkan perbedaan antara buah Blitar (Gambar 6) dan Madiun (Gambar 7). Buah muda pada kultivar Blitar merah memiliki variasi warna berupa ungu maupun separuh ungu separuh hijau, sedangkan kultivar buah merah yang tumbuh di Madiun keseluruhannya berwarna merah tua keunguan. Pengamatan terhadap buah muda kultivar hijau tumpul Blitar menunjukkan adanya bintik-bintik pada seluruh permukaan kulit buah, namun karakter tersebut tidak muncul pada kultivar yang tumbuh di Madiun. Buah Kakao Madiun cenderung berwarna hijau kekuningan saat tua, sedangkan ketiga kultivar Blitar memiliki variasi warna antar kultivar, yakni dominasi kuning pada buah hijau tumpul, hijau kekuningan pada buah hijau runcing, dan merah-hijau-kuning pada buah merah. Meskipun memiliki bentuk buah dan ujung yang sama pada masing-masing wilayah, kultivar buah merah dan buah hijau runcing Blitar cenderung berujung bengkok saat muda.



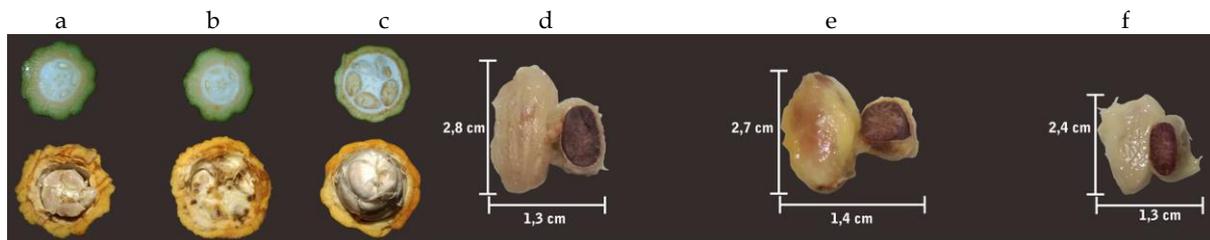
Gambar 6. Morfologi buah tanaman kakao Blitar. Buah muda (a) buah hijau tumpul, (b) buah hijau runcing, (c) buah merah. Buah tua (d) buah hijau tumpul, (e) buah hijau runcing, (f) buah merah

Karakter penting untuk menunjukkan kualitas Kakao yaitu karakter biji, karena biji yang dikeringkan ini disebut coklat. Kualitas biji sangat berpengaruh pada harga produksi. Hasil pengamatan menunjukkan perbedaan karakter biji Kakao Blitar (Gambar 8) dengan Kakao Madiun (Gambar 9). Jumlah biji yang banyak akan menghasilkan produksi yang tinggi. Perbedaan jumlah biji tidak terlalu tinggi tetapi rata-rata biji yang dihasilkan dari buah kakao Blitar (47 biji/buah) lebih banyak daripada Madiun. Kelengkapan pulpa tertinggi ditunjukkan oleh kultivar buah merah Blitar, sedangkan yang terendah adalah kultivar buah tumpul Blitar dan buah runcing Madiun. Rata-rata

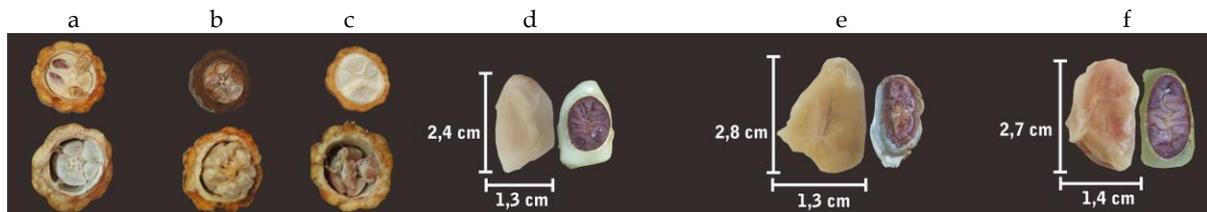
warna pulpa ketiga kultivar di kedua wilayah adalah putih maupun putih keruh, namun pada kultivar hijau runcing Blitar cenderung berwarna kuning.



Gambar 7. Morfologi buah tanaman kakao Madiun. Buah muda (a) buah merah, (b) buah hijau runcing, (c) buah hijau tumpul. Buah tua (d) buah merah, (e) buah hijau runcing, (f) buah hijau tumpul



Gambar 8. Morfologi daging buah tanaman kakao Blitar. Penampang melintang buah muda dan tua (a) buah hijau runcing, (b) buah merah, (c) buah hijau tumpul. Daging buah dan biji (d) buah hijau runcing, (e) buah merah, (f) buah hijau tumpul

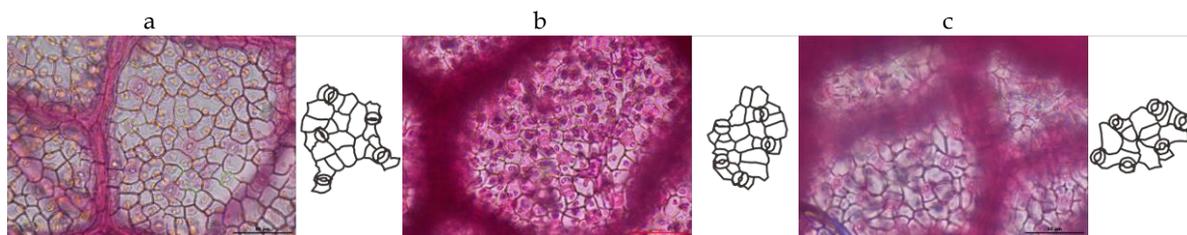


Gambar 9. Morfologi daging buah tanaman kakao Madiun. Penampang melintang buah muda dan tua (a) buah hijau tumpul, (b) buah hijau runcing, (c) buah merah. Daging buah dan biji (d) buah hijau tumpul, (e) buah hijau runcing, (f) buah merah

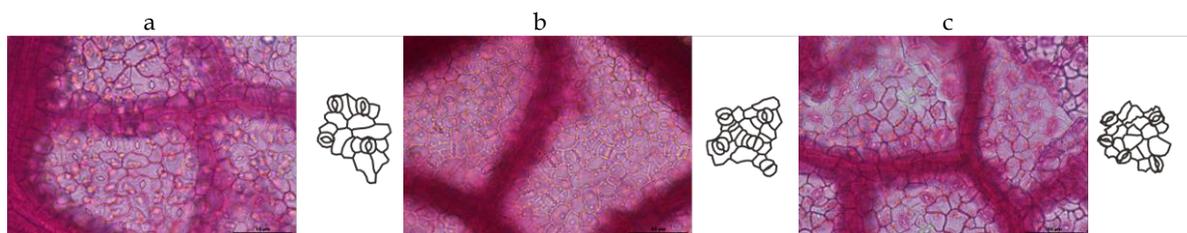
Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran 120 karakter morfologi kakao dapat diketahui bahwa kultivar Blitar memiliki perawakan lebih kecil namun ukuran buah lebih besar dibandingkan kultivar Madiun. Sementara itu, ukuran daun Madiun lebih kecil dibandingkan kakao Blitar. Masing-masing kultivar memiliki variasi pada warna pemoposan, bentuk bangunan daun, warna bunga, hasil biji, serta karakter kualitatif meliputi kelengketan, *creamness*, rasa, aroma, dan pulpa.

Hasil pengamatan selanjutnya yaitu karakter anatomi. Penelitian ini menggunakan pengamatan anatomi paradermal daun. Anatomi paradermal daun Kakao, baik kultivar Madiun maupun Blitar menunjukkan kesamaan tipe stomata polisitik-anomositik (Gambar 10 dan Gambar 11). Polisitik ditandai dengan adanya 5 atau lebih sel yang mengelilingi sel penjaga. Sementara itu, anomositik merupakan tipe yang mana sel yang berdekatan dengan sel penjaga memiliki bentuk yang sama dengan sel epidermis lain (Dilcher, 1974). Kesamaan lain yang ditemukan antar kultivar Madiun dan Blitar adalah bentuk stomata bundar.

Kerapatan stomata diklasifikasikan menjadi: kerapatan rendah ($< 300/\text{mm}^2$), kerapatan sedang ($300\text{--}500/\text{mm}^2$), dan kerapatan tinggi ($> 500/\text{mm}^2$) (Kurnia, 2005). Hasil perhitungan kerapatan stomata menunjukkan nilai lebih dari 500 per mm^2 sehingga termasuk stomata kerapatan tinggi (Juairiah, 2014). Kakao Madiun menunjukkan kerapatan stomata lebih tinggi namun indeks stomata rendah dibandingkan dengan Kakao Blitar (Tabel 3)



Gambar 10. Anatomi paradermal daun tanaman kakao Blitar, (a) buah hijau runcing, (b) buah merah, (c) buah hijau tumpul dilihat dengan mikroskop kamera perbesaran 40x



Gambar 11. Anatomi paradermal daun tanaman kakao Madiun, (a) buah hijau runcing, (b) buah merah, (c) buah hijau tumpul dilihat dengan mikroskop kamera perbesaran 40x

Tabel 3. Hasil pengamatan karakter anatomi kerapatan stomata dan indeks stomata.

Spesimen	Rata-Rata Stomata (per mm ²)	Kerapatan Stomata (per mm ²)	Indeks Stomata
Blitar Merah	107,4	2288,17	0,21951219512
Blitar Hijau Runcing	125,4	2671,66	0,21000000000
Blitar Hijau Tumpul	131,8	2808,01	0,21068249258
Standar deviasi	1,265,121,865	2,695,334,018	0,00530583482
Madiun Merah	152,6	3246,80	0,17764471058
Madiun Hijau Runcing	168,4	3582,98	0,19921875000
Madiun Hijau Tumpul	225,4	4795,74	0,17897727273
Standar deviasi	3,829,377,669	8,147,616,148	0,01208947408

Analisis Penanda Karakter

Hasil analisis penanda karakter pada Tabel 4 menunjukkan terdapat delapan PC berdasarkan nilai eigenvalue. Nilai eigenvalue terbesar adalah PC 1 (11,9457) sedangkan yang terkecil adalah PC 8 (0,81142). Penanda karakter menggunakan karakter-karakter yang memiliki variabilitas terbesar diantara delapan PC tersebut. Hasil analisis PCA terhadap 120 karakter kakao menghasilkan 15 karakter penanda meliputi 12 karakter kualitatif dan tiga karakter kuantitatif. Karakter terbanyak adalah buah yaitu delapan karakter, kemudian diikuti bunga yaitu tiga karakter dan biji serta daun masing-masing dua karakter.

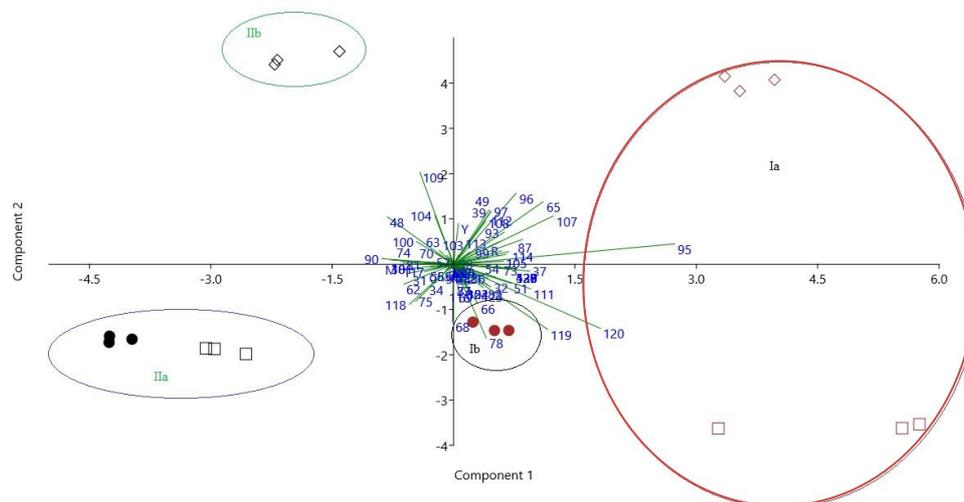
Karakter dengan nilai variabilitas terbesar adalah alur buah (-0,348) dengan variasi sifat alur buah samar, dangkal, sedang, dan dalam. Karakter biji dengan nilai terbesar adalah warna biji (0,311) dengan variasi sifat warna biji putih-cokelat, cokelat muda, cokelat keunguan, putih-kuning, dan cokelat tua. Karakter bunga dengan nilai terbesar adalah warna garis kelopak bunga (0,280) dengan variasi sifat warna garis kelopak bunga berwarna putih, merah, dan krem. Karakter daun dengan nilai terbesar adalah warna tangkai daun (-0,132) dengan variasi warna tangkai daun cokelat-hitam, hitam-abu, dan cokelat kehitaman, serta karakter panjang lamina (0,132) dengan variasi panjang 22,5–32,7 cm.

Tabel 4. Hasil *Pinciple Component Analysis* PCA pada tiga kultivar kakao Blitar dan Madiun

Eigenvalue	11,9457	10,2511	6,33744	6,05513	4,27292	1,36597	1,06189	0,81142
Variance (%)	26,789	22,989	14,212	13,579	9,5824	3,0633	2,3814	1,8197
Variabel	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Warna tangkai daun	-0,132	-0,017	0,071	0,050	-0,009	-,053	0,013	-0,002
Panjang lamina	0,132	0,017	-0,071	-0,050	0,009	0,053	-0,013	0,002
Warna tangkai bunga	0,190	-0,237	0,059	-0,111	-0,146	0,055	0,055	0,004
Warna kelopak luar	-0,002	0,218	0,215	0,093	0,065	0,004	-0,002	-0,019
Warna garis kelopak	0,069	0,280	0,256	0,149	0,004	0,019	-0,023	-0,020

Tekstur buah tua	0,097	-0,085	0,059	0,077	-0,066	0,027	-0,019	-0,004
Warna rigit buah muda	0,133	-0,269	0,159	0,053	0,122	0,076	0,013	-0,027
Bentuk buah	0,079	-0,200	0,180	0,043	0,008	0,035	0,028	-0,017
Ketebalan buah dalam	-0,132	-0,017	0,071	0,050	-0,009	-0,053	0,013	-0,002
Bentuk pangkal buah	-0,040	-0,185	-0,112	-0,149	0,013	-0,007	0,046	0,010
Leher botol	0,212	-0,183	0,109	-0,007	0,017	0,088	0,015	-0,015
Alur	-0,071	-0,348	0,189	0,047	0,174	0,009	0,047	-0,028
warna buah muda	0,079	-0,200	0,180	0,043	0,008	0,035	0,028	-0,017
Warna biji	0,311	0,243	-0,119	-0,065	-0,038	-0,109	-0,50	0,006
Jumlah biji per karpel	0,063	0,089	0,18	-0,046	-0,075	-0,005	-0,027	-0,088

Biplot yang terbentuk dipisahkan oleh garis y sehingga memperlihatkan pemisahan dua daerah Madiun (simbol hitam) dan Blitar (simbol cokelat) (Gambar 12). Kelompok Blitar terpisah dua kelompok yaitu kelompok yang dekat dengan garis sumbu dan kelompok yang jauh dari garis sumbu. Kelompok yang jauh dari garis sumbu (Ia) yaitu kelompok Blitar buah hijau runcing dan Blitar buah merah, sedangkan kelompok kedua Ib merupakan kelompok yang berdekatan dengan garis sumbu yaitu Blitar buah hijau tumpul. Kelompok Madiun juga terpisah dalam dua kelompok kecil yaitu kelompok yang berada di bawah PC 2 dan kelompok yang berada di atas PC 2. Kelompok yang berada di bawah PC 2 yang letaknya berdampingan yaitu Madiun buah hijau runcing dan Madiun hijau tumpul.



Gambar 12. *Biplot* dua komponen dari PCA untuk tiga kultivar Kakao Blitar dan Madiun. ●= buah hijau tumpul □= buah hijau runcing ◇= buah merah. (Hitam= Madiun, Cokelat= Blitar)

Notasi angka pada *biplot* merupakan karakter-karakter morfologi yang memengaruhi fenotip kultivar. Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan beberapa karakter memisahkan antara Cokelat Blitar dan Madiun. Karakter pemisah tersebut yang utama antara lain tebal plasenta (no. 95) dan jumlah biji total (no. 120). Blitar Ib atau Blitar hijau tumpul berhimpit dengan dua karakter yaitu karakter bulu kelopak (no. 68) dan warna kepala sari (no 78). Kultivar Madiun (II) dalam biplot memiliki karakter morfologi dengan nilai keragaman yang kecil digambarkan dengan banyak vektor pendek.

Penanda karakter menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kultivar buah Kakao hijau tumpul, hijau runcing dan buah merah dari Blitar dan Madiun. Penanda karakter tersebut antara lain adalah warna tangkai daun, sudut ujung daun, panjang lamina daun, warna tangkai bunga, warna kelopak luar, warna garis kelopak, tekstur buah tua, warna rigit buah muda, bentuk buah, ketebalan buah dalam, bentuk pangkal buah, leher botol, bentuk ujung buah, alur, warna buah muda, warna biji, dan jumlah biji per karpel.

Kultivar Blitar hijau tumpul memiliki warna tangkai daun cokelat tua kehitaman, panjang lamina daun > 32,5 cm, warna tangkai bunga kemerahan, warna kelopak luar putih, warna garis kelopak putih, tekstur buah tua halus, warna rigit buah muda hijau muda berbintik, bentuk buah ellips, ketebalan buah dalam > 0,6 cm, bentuk pangkal buah sirkuler beralur jelas, leher botol samar, alur samar-dalam di pangkal, warna buah muda hijau muda berbintik, warna biji cokelat keunguan dan jumlah biji per karpel > 10.

Kultivar Blitar hijau runcing memiliki warna tangkai daun coklat tua kehitaman, panjang lamina daun <32,5 cm, warna tangkai bunga merah, warna kelopak luar kemerahan, warna garis kelopak merah, tekstur buah tua kasar, warna rigit buah muda hijau tua, bentuk buah obovate, ketebalan buah dalam < 0,6 cm, bentuk pangkal buah sirkuler beralur samar, leher botol sedang, alur samar, warna buah muda hijau tua, warna biji putih keunguan dan jumlah biji per karpel > 10.

Kultivar Blitar merah memiliki warna tangkai daun coklat tua kehitaman, panjang lamina daun < 32,5 cm, warna tangkai bunga putih kemerahan, warna kelopak luar putih, warna garis kelopak putih, tekstur buah tua kasar, warna rigit buah muda merah tua hijau, bentuk buah oblong, ketebalan buah dalam < 0,6 cm, bentuk pangkal buah sirkuler beralur jelas, leher botol jelas, alur dalam, warna buah muda merah keunguan, warna biji coklat tua dan jumlah biji per karpel 10.

Kultivar Madiun hijau tumpul memiliki warna tangkai daun hitam, panjang lamina daun > 27,7 cm, warna tangkai bunga merah keunguan, warna kelopak luar krem, warna garis kelopak krem, tekstur buah tua, halus, warna rigit buah muda hijau muda, bentuk buah ellips, ketebalan buah dalam > 1,4 cm, bentuk pangkal buah sirkuler beralur sedang, leher botol tanpa leher botol, alur dangkal, warna buah muda hijau muda, warna biji coklat dan jumlah biji per karpel > 8.

Kultivar Madiun hijau runcing memiliki warna tangkai daun hitam keabuan, panjang lamina daun > 27,7 cm, warna tangkai bunga ungu semakin merah ke ujung, warna kelopak luar kemerahan, warna garis kelopak kemerahan, tekstur buah tua halus, warna rigit buah muda hijau tua, bentuk buah obovate, ketebalan buah dalam < 1,4 cm, bentuk pangkal buah sirkuler beralur sedang, leher botol samar, alur sedang, warna buah muda hijau tua, warna biji putih dan jumlah biji per karpel > 8.

Kultivar Madiun merah memiliki warna tangkai daun hitam, panjang lamina daun < 27,7 cm, warna tangkai bunga krem kemerahan ke kuntum, warna kelopak luar putih, warna garis kelopak putih, tekstur buah tua kasar, warna rigit buah muda keunguan, bentuk buah oblong, ketebalan buah dalam > 1,4 cm, bentuk pangkal buah sirkuler beralur, leher botol sedang, alur dalam, warna buah muda merah tua keunguan, warna biji coklat muda dan jumlah biji per karpel > 8.

PEMBAHASAN

Kakao di Indonesia umumnya terdapat tiga kultivar, yaitu *Criollo*, *Forastero*, dan *Trinitario* (Siregar dkk., 2010). *Criollo* merupakan Kakao mulia yang menghasilkan biji berkualitas ditandai dengan rasa khas tidak pahit, kulit buah kasar, alur jelas, dan ujung buah melengkung (Karmawati dkk., 2010). Kultivar ini memiliki pertumbuhan kurang kuat dan produktivitas rendah karena mudah terserang hama penyakit (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012). *Forastero* atau Kakao lindak menghasilkan kualitas biji sedang, namun pertumbuhan kuat, cepat berbuah, dan tahan hama penyakit. Biji kultivar ini lebih kecil dan pipih dengan endosperm ungu. *Trinitario* adalah kultivar persilangan *Forastero* dan *Criollo* yang terdiri dari empat jenis, yaitu *Angoleta*, *Cundeamor*, *Amelonado*, dan *Calabacillo*. *Angoleta* memiliki kulit buah kasar, biji bulat, endosperm ungu, dan mutu biji tinggi. *Cundeamor* berkulit buah kasar, biji pipih, endosperm ungu, mutu biji tinggi. *Amelando* berkulit buah sedikit halus, biji pipih, endosperm ungu. *Calabacillo* memiliki biji bulat, kulit buah halus, alur dangkal, endosperm ungu, serta biji pahit (Susanto, 1994). Namun demikian, nama kultivar-kultivar tersebut tidak diketahui oleh petani kakao, baik yang berada di wilayah Blitar dan Madiun. Untuk itu, petani hanya membedakan kultivar berdasarkan warna dan bentuk ujung buah meliputi kakao buah merah, buah hijau runcing, dan buah hijau tumpul.

Tanaman mudah mengalami perubahan karakter morfologi maupun anatomi akibat pengaruh lingkungan, khususnya bagian daun, batang, dan bunga. Faktor lingkungan berupa ketinggian tempat secara otomatis memengaruhi suhu, intensitas cahaya, kelembaban, maupun pH bersifat dinamis sehingga dapat menghasilkan karakter berbeda namun tetap sama secara genetik (Sari, 2012). Kelembaban tanah dan intensitas cahaya wilayah Madiun lebih rendah walaupun berada di 560 m dpl. Hal ini karena Madiun memiliki cuaca kering yang didominasi oleh lahan budidaya jati.

Tanaman Kakao yang ditanam di Desa Selopuro, Blitar memiliki perawakan yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman Kakao yang ditanam di Desa Morang, Madiun. Kakao Blitar memiliki rata-rata lingkaran batang 36,2–57 cm dengan tinggi tanaman mencapai 1,6–6 m. Kakao Madiun memiliki rata-rata lingkaran batang 27–82 cm dengan tinggi tanaman mencapai 2,9–7 m. Kakao Madiun memiliki rata-rata tinggi tanaman dan lingkaran batang lebih besar karena dipengaruhi suhu tinggi yang mempercepat fotosintesis dan transpirasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sufardi (2020) bahwa suhu udara rendah akan memperlambat respirasi, sedangkan suhu tanah rendah menyebabkan absorpsi air terganggu.

Perbedaan warna daun yang mencolok dalam satu kultivar beda wilayah dapat dilihat pada kultivar buah hijau runcing dan hijau tumpul (Gambar 3 dan Gambar 4). Buah hijau runcing Madiun memiliki warna pemoposan hijau muda atau jingga, sedangkan kultivar Blitar hanya berwarna hijau muda. Sebaliknya, buah hijau tumpul Madiun hanya memiliki warna pemoposan hijau muda, sedangkan kultivar Blitar berwarna hijau muda atau jingga. Faktor lingkungan dapat menyebabkan perubahan warna daun pada suatu kultivar. Hal ini sesuai dengan penelitian Danniswari dkk. (2019) bahwa peningkatan jumlah kloropil berbanding lurus dengan peningkatan kelembaban udara. Hal ini sesuai dengan kelembaban udara Blitar yang lebih tinggi dibandingkan Madiun. Namun demikian, warna daun juga dipengaruhi oleh letak nodus yang mana semakin besar nodus daun maka kloropil terbentuk sempurna sehingga kadarnya meningkat dan menyebabkan daun berwarna hijau (Pratama, 2015).

Bentuk daun pada nodus ke-5 kultivar buah merah Blitar adalah jorong berbeda dengan dua kultivar berupa lanceolatus. Sementara itu, di Madiun bentuk bangunan daun tua kultivar buah hijau tumpul adalah lanset yang berbeda dengan dua kultivar lain berupa jorong. Perbedaan bentuk bangunan daun dapat dipengaruhi oleh interaksi antara genetik dengan faktor lingkungan. Hal ini akan menunjukkan fenotip yang tidak konsisten sehingga berbagai tempat penanaman akan menyebabkan perbedaan visual karakter tanaman (Anasari dkk., 2017).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa daun Kakao Madiun lebih kecil dibandingkan daun Kakao Blitar. Daun Kakao Blitar memiliki ukuran yang lebih lebar dan lebih panjang. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor lingkungan berupa intensitas cahaya. Perkebunan di daerah Blitar memiliki intensitas cahaya lebih tinggi sebesar 6250 Cd dibandingkan Madiun (Tabel 2). Selain itu, ada faktor lain seperti tanaman naungan yang menyebabkan terhalangnya sinar matahari sehingga menyebabkan perbedaan ukuran daun. Hal ini sesuai dengan penelitian Hale dan Orcutt (1987) yang menyebutkan bahwa adaptasi tanaman terhadap intensitas cahaya rendah dibagi menjadi dua, yaitu peningkatan luas daun untuk mengurangi penggunaan metabolit dan mengurangi jumlah cahaya yang ditransmisikan dan direfleksikan. Sari (2012) menambahkan bahwa suhu dan kelembaban memengaruhi luas daun tanaman kepel. Suhu tinggi akan menyebabkan tanaman kehilangan banyak air sehingga untuk mengurangi penguapan tanaman melakukan adaptasi dengan ukuran daun kecil.

Karakter morfologi bunga Kakao Blitar dan Madiun memiliki variasi salah satunya jumlah bunga dalam perbungaan Kakao Blitar terdiri atas 1-3 bunga dengan panjang perbungaan 2,3-2,5 cm, sedangkan pada Kakao Madiun jumlah dalam perbungaan terdiri atas 3-5 bunga dengan panjang perbungaan 2,4-2,5 cm. Bunga Kakao merupakan bunga majemuk dengan panjang tangkai ketiga kultivar di kedua tempat yaitu 1,4-1,5 cm. Van Steenis (2008) menyatakan bahwa bunga Kakao merupakan bunga dengan kelamin ganda (*hermaproditus*) karena memiliki alat kelamin jantan dan betina dalam satu kuntum bunga. Alat kelamin jantan terdiri atas lima benang sari steril (staminodia) dan 5 buah benang sari fertil (stamen). Staminodia berwarna ungu tua dengan ujung putih, ukuran dapat mencapai 4-6 mm (Backer dan Bakhuizen van den Brink, 1963). Menurut Karmawati dkk. (2010) bunga tanaman Kakao berwarna putih, ungu atau kemerahan.

Variasi karakter yang mencolok pada bunga Kakao terletak pada perbedaan warna antar kultivar maupun antar wilayah meliputi tangkai, kuncup, kelopak luar, kelopak dalam, mahkota, ligula, staminodia, kepala sari, ovarium, dan kepala putik (Gambar 5). Adapun warna-warna yang muncul antara lain putih, kemerahan, krem, kuning hingga kuning pucat, ungu hingga ungu kemerahan akibat adanya perbedaan pigmen warna dalam bunga (Dinky dkk., 2018; Tatsuzawa dkk., 2019).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bentuk dan warna buah kakao bervariasi (Gambar 6 dan Gambar 7). Morfologi buah Kakao memiliki bentuk bervariasi, mulai dari buah hijau ujung tumpul berbentuk ellips, buah hijau ujung runcing berbentuk obovate, dan buah merah berbentuk oblong sesuai dengan Bekele dan Butler (2000). Backer dan Bakhuizen van den Brink (1963) menyatakan bahwa warna buah kakao bervariasi yakni berwarna hijau kuning, merah atau ungu tergantung pada kultivarnya. Rata-rata ukuran buah Blitar lebih besar dibandingkan Madiun akibat pengaruh suhu tanah cukup dan kelembaban tanah tinggi. Hal ini sesuai dengan Karamina dkk. (2017) yang menyatakan bahwa dekomposisi bahan organik akan berlangsung baik apabila tanah suatu lahan budidaya lembab (4-7 RH) sehingga berpengaruh terhadap fotosintesis. Apabila fotosintesis berlangsung maksimal, maka memengaruhi produksi fotosintat dan perkembangan buah.

Kakao Blitar memiliki rata-rata jumlah biji per karpel dan jumlah biji per buah lebih banyak dibandingkan dengan Kakao Madiun, hal ini disebabkan karena Kakao Blitar yang ditanam cukup mendapatkan naungan sehingga suhu lingkungan yang cukup, sebaliknya pada Kakao Madiun

kurang mendapat naungan dan suhu lingkungan yang cukup tinggi sebesar 34°C yang menyebabkan kualitas produksi biji berkurang. Biji kakao merupakan salah satu indikator dari kualitas kakao. Buah yang menghasilkan banyak biji berarti buah yang berkualitas dan baik untuk dibudidayakan lebih luas lagi (Utami dan Rustijarno, 2012).

Hasil pengamatan terhadap jumlah biji sesuai dengan pernyataan Karmawati dkk. (2010) bahwa jumlah biji Kakao sangat beragam, yaitu mulai dari 20 hingga 50 butir biji per buah. Hasil pengamatan karakter morfologi ini didukung oleh analisis biplot yaitu karakter yang memisahkan antara Madiun dan Blitar adalah jumlah biji baik total maupun per karpel. Keragaman hasil biji perbuah salah satunya dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Menurut Roesmanto dan Joko (1991) intensitas cahaya yang tinggi dapat menyebabkan penurunan produksi dan memengaruhi morfologi tanaman. Intensitas cahaya tinggi berbanding lurus terhadap kenaikan suhu lingkungan. Suhu lingkungan di bawah 10°C akan menyebabkan bunga mengering, sedangkan suhu di atas 32°C akan menyebabkan bunga Kakao gugur yang berpengaruh terhadap hasil produksi buah per tanaman (Karmawati dkk., 2010).

Ketiga kultivar kakao pada masing-masing wilayah menunjukkan karakter morfologi yang memiliki keanekaragaman yang tinggi seperti yang terlihat pada biplot. Hal ini karena tanaman Kakao dapat melakukan kawin silang sehingga menghasilkan tingkat keragaman genotipe yang diwujudkan dalam karakter morfologi terutama pada karakter bunga, bentuk, dan warna buah serta biji (Winarno, 1995). Perbedaan karakter morfologi tersebut dapat digunakan sebagai pembeda antar kultivar kakao Blitar dan Madiun. Karakter tersebut akan lebih memudahkan untuk membedakan kultivar kakao. Karakterisasi dilakukan dengan tujuan mendapatkan data karakter atau sifat morfologi sehingga dapat dibedakan fenotip dari setiap aksesori dengan cepat dan mudah (Bermawie, 2005).

Hasil pengamatan karakter anatomi berupa kerapatan dan indeks stomata menunjukkan bahwa terdapat selisih jumlah yang besar pada stomata Blitar dan Madiun. Kakao Blitar memiliki kerapatan stomata lebih rendah dibandingkan dengan Kakao Madiun (Tabel 3). Hasil pengamatan kerapatan stomata yang didapat sejalan dengan pernyataan Paluvi (2015) bahwa semakin tinggi intensitas cahaya, kerapatan stomata di kedua permukaan daun semakin meningkat. Intensitas cahaya akan menyebabkan suhu lingkungan meningkat sehingga akan memengaruhi tingkat membuka dan menutupnya stomata.

Kakao Madiun memiliki kerapatan stomata yang lebih banyak dibandingkan dengan Kakao Blitar karena kondisi lingkungan berupa intensitas cahaya dan suhu lingkungan yang tinggi, sedangkan Kakao Blitar memiliki kerapatan stomata yang lebih rendah karena intensitas cahaya dan suhu lingkungan yang lebih rendah. Selain itu, kerapatan stomata juga memengaruhi intensitas penguapan yang mana semakin rapat jarak stomata akan menghambat penguapan antar lubang. Sementara itu, bentuk stomata bundar yang dimiliki seluruh sampel juga menjadi faktor penghambat penguapan (Haryanti, 2010).

Kerapatan stomata juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan lain, selain intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Kimball (2006) yang menyebutkan bahwa tingkat kerapatan stomata dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya, dan kelembaban. Paluvi (2015) menyebutkan bahwa suhu yang rendah dan kelembaban yang tinggi pada tempat ternaung dapat menyebabkan penurunan stomata. Pernyataan tersebut mendukung hasil pengamatan bahwa Kakao Blitar ditanam pada lahan yang memiliki kelembaban tinggi mencapai 79% yang menyebabkan penurunan jumlah stomata, sehingga jumlah kerapatan stomata Kakao Blitar lebih rendah dibandingkan dengan Kakao Madiun.

Indeks stomata Kakao Blitar memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan Kakao Madiun, hal ini disebabkan karena Kakao Blitar ditanam di tempat ternaung dan kurang mendapatkan cahaya sehingga meningkatkan ukuran permukaan daun. Hasil pengamatan ini sejalan dengan pernyataan Evans dan Poorter (2001) bahwa tanaman yang tumbuh di lingkungan kurang cahaya akan cenderung meningkatkan nilai LDS (lebar daun spesifik) sebagai cara untuk meningkatkan intersepsi cahaya sehingga kapasitas fotosintesis juga meningkat. Sundari dkk., (2011) menyebutkan bahwa naungan meningkatkan indeks stomata permukaan abaksial daun.

Ketinggian tempat menyebabkan perbedaan karakter morfologi dan karakter anatomi. Perbedaan tersebut tampak pada karakter daun, bunga, buah, dan biji untuk karakter morfologi, sedangkan untuk karakter anatomi terlihat pada karakter kerapatan dan indeks stomata. Rekomendasi kepada pemerintah tanaman kakao sesuai untuk ditanam pada ketinggian 0-500 m dpl tetapi sebaiknya tanaman ini tidak berada di bawah naungan tanaman lain. Selain ketinggian tempat,

kualitas kakao ditentukan oleh banyak biji pada buah. Kultivar yang baik sesuai ketinggian yaitu kultivar Blitar buah merah pada dataran rendah serta kultivar Madiun buah hijau runcing pada dataran sedang.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian tempat menyebabkan perbedaan karakter morfologi dan anatomi kakao tetapi untuk kualitas biji lebih disebabkan oleh faktor naungan. Tanaman kakao yang tumbuh ternaung secara morfologi menghasilkan kualitas biji lebih banyak dan indeks stomata lebih tinggi dilihat dari anatomi. Berdasarkan hasil analisis PCA, penanda karakter yang dapat digunakan dari karakter kualitatif adalah warna tangkai daun, warna tangkai bunga, warna kelopak bagian luar, warna garis kelopak, tekstur buah matang, warna rigit buah mentah, bentuk buah, bentuk pangkal buah, leher botol buah, alur, warna buah muda, dan warna biji, sedangkan karakter kuantitatif adalah panjang lamina daun, ketebalan buah dalam, dan jumlah biji per karpel. Kultivar yang direkomendasikan untuk pemerintah sesuai kondisi lingkungan antara lain, Madiun dengan kondisi dataran sedang berdasarkan produktivitas biji (46 biji/buah) adalah kultivar buah hijau runcing, sedangkan kultivar buah merah (47 biji/buah) lebih direkomendasikan di wilayah Blitar dengan kondisi dataran rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Naby SKM, 2000. Effect of Banana Compost as Organic Manure on Growth, Nutrients Status, Yield and Fruit Quality of Maghrabi Banana. *Assiut J. Agric. Sci.* (EGY), 31(3): 101-114.
- Agussalim A, 2016. Efektivitas Pupuk Organik Terhadap Produktivitas Tanaman Kakao di Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 19(2): 167-176.
- Anasari NR, Kendarini N, dan Purnamaningsih SL, 2017. Interaksi Genotip× Lingkungan Pada Empat Genotip Pakchoy (*Brassica Rapa L.*) Di Tiga Lokasi Genotype× (Environment Interaction Of Four Genotype Of Pakchoy (*Brassica Rapa L.*) At Three Location). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(1).
- Backer CA and Brink BVD, 1963. *Flora of Java* Vol. I. The Netherlands: N.V.P Noordhoff Groningen.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2012. *Teknologi Inovatif: Tanaman Perkebunan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Barbour CA and Pitts WD, 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. California: Benjamin Cummings Publ co. Inc..
- Bekele F and Butler DR, 2000. *Proposed List of Cocoa Descriptors for Characterisation*. Working Procedures of Cocoa Germplasm Evaluation and Selection, Proceeding of the CFC/ICCO/IPGRI Project Workshop. (Eskes, A.B., J.M.M Engels and R.A. Lass editor) Montpellier, France, February 1-6, 1998, IPGRI.
- Bermawie N, 2005. *Karakterisasi Plasma Nutfah Tanaman dalam Buku Pedoman Pengelolaan Plasma Nutfah Perkebunan*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Bulandari S, 2016. Pengaruh Produksi Kakao terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kabupaten Kolaka Utara. *Doctoral dissertation*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Danniswari D, Nasrullah N, dan Sulistyantara B, 2019. Fenologi Perubahan Warna Daun pada *Terminalia catappa*, *Ficus glauca*, dan *Cassia fistula*. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 11(1): 17-25.
- Dilcher DL, 1974. *The Botanical Review*. Departmen if Plant Sciences Indiana University Bloomington, Indiana, 40. (1).
- Dinky A, Elza Ismail EI, Lastmi Wayansari LW, dan Astuti RW, 2018. Penggunaan Secang, Ubi Ungu, Labu Kuning dan Umbi Bit Sebagai Pewarna Alami pada Pembuatan Kue Lidah Kucing Rainbow Ditinjau dari Sifat Fisik, Organoleptik Dan Kadar Antioksidan. *Doctoral dissertation*. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Ditjenbun, 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia, Kakao 2013-2015*. Jakarta. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/tinymcepuk/gambar/file/statistik/2015/KAKAO%202013%20-2015.pdf>.
- Evans JR and Poorter H, 2001. Photosynthetic Acclimation of Plants to Growth Irradiance: The Relative Importance of Specific Leaf Area and Nitrogen Partitioning in Maximizing Carbon Gain. *Plant Cell Environ*, 24: 755- 767.
- Fahn A, 1991. *Plant Anatomy. Third Edition*. Tjitrosoepomo S.S. Editor. Anatomi Tumbuhan. Yokyakarta: Gajah Mada University Press.
- Gregoriou K, Pentikis K, and Vemmos K, 2007. Effects of Reduced Irradiance on Leaf Morphology, Photosynthetic Capacity, and Fruit Yield in Olive (*Olea europaea L.*). *Photosynthetica*, 45(2): 172-181.
- Hale MG, and Orcutt DM, 1987. *The Physiology of Plants under Stress*. New York : John Wiley and Sons..
- Hamzah MF, 2010. Studi Morfologi dan Anatomi Daun Edelweis Jawa (*Anaphalis javanica*) pada Zona Ketinggian yang Berbeda di Taman. *Skripsi*. UIN Malang.
- Haryanti S, 2010. Jumlah dan Distribusi Stomata pada Daun Beberapa Kultivar Tanaman Dikotil dan Monokotil. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 18(2): 21-28.
- Hidayat EB, 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Penerbit ITB.

- Ilham I, Nuddin A, dan Malik AA, 2018. Analisis Sistem Informasi Geografis Dalam Perwilayahan Komoditas Kakao (*Theobroma cacao* L.) Di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(2): 203-211.
- Juairiah L, 2014. Studi Karakteristik Stomata Beberapa Jenis Tanaman Revegetasi di Lahan Pasca Penambangan Timah di Bangka. *Widyariset*, 17(2): 213-218.
- Karamina H, Fikrinda W, dan Murti AT, 2017. Kompleksitas Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Tanah terhadap Nilai pH Tanah di Perkebunan Jambu Biji Varietas Kristal Kota Batu. *Jurnal Kultivasi*, 16(3): 430-434.
- Karmawati EZ, Mahmud M, Syakir SJ, Munarso, I Ketut A, dan Rubiyo, 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kimball J, 2006. *Gas Exchange in Plants*. www.jkimball.ultranet.
- Kurnia AR, 2005. Studi Serapan Polutan Timbal (Pb) di Udara pada Tanaman Hortikultura. *Skripsi*. Malang: Fakultas Pertanian Unibraw.
- Kurniawati E, Wisanti, dan Rachma DF, 2016. Keanekaragaman Pteridophyta di Kawasan Hutan Wisata Air Terjun Girimanik Kabupaten Wonogiri. *LenteraBio*, 5(1): 74-78.
- Lestari EG, 2006. Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti dan IR64. *Biodiversitas*, 7(1): 44-48.
- Madiunpos.com, 2019. Jatim Perluas Produksi Kakao dan Kopi ke Wilayah Selatan. <https://www.madiunpos.com/jatim-perluas-produksi-kakao-dan-kopi-ke-wilayah-selatan-1006753> diakses pada 01 Januari 2022.
- Martono B, 2017. *Karakteristik Morfologi dan Kegiatan Plasma Nutfah Tanaman Kakao*. Bunga Rampai: Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao.
- Nababan P, 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan Pupuk NPK Terhadap Pembibitan Tanaman Kakao. Abd El-Naby, S.K.M. 2000. Effect of Banana Compost as Organic Manure on Growth, Nutrients Status, Yield and Fruit Quality of Maghrabi Banana. *Assiut J. Agric. Sci. (EGY)*, 31(3): 101-114.
- Nizori A, Tanjung OY, Ulyarti U, Arzita A, Lavlinesia L, dan Ichwan B, 2021. Pengaruh Lama Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik Bubuk Kakao. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(2): 129-138.
- Paidjo NP, 2013. Karakteristik Morfologi Buah Klon-Klon Kakao (*Theobroma cacao* L.) Harapan Tahan Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) di Kabupaten Luwu Utara. *Skripsi*. Program Studi Agroteknologi Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanudin.
- Paluvi, Niken, Mukarlina, dan Riza L, 2015. Struktur Anatomi Daun, Kantong dan Sulur *Nepenthes gracilis* Korth. yang Tumbuh di Area Intensitas Cahaya Berbeda. *Jurnal Protobiont*, 4(1): 103-107.
- Phillips-Mora W, 2013. *Catalogue of Cacao Clones: Selected by CATIE for Commercial Plantings*. CATIE.
- Pratama AJ, 2015. Analisis Kandungan Klorofil Gandasuli (*Hedychium gardnerianum* Shephard ex Ker-Gawl) pada Tiga Daerah Perkembangan Daun yang Berbeda. *Prosiding KPSDA*, 1(1).
- Ridwan A dan Nurmiaty, 2017. Preferensi *Conopomorpha cramerella* pada Beberapa Karakter Morfologi Buah Kakao. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Udidaya dan Pengelolaan Tanaman Perkebunan*, 6(2): 19-23.
- Roesmanto dan Joko, 1991. *Kakao Kajian Sosial Ekonomi*. Yogyakarta. Penerbit Aditya Media.
- Ruzin SE, 1999. *Plant Microtechnique and Microscopy*. New York Oxford: Oxford University Press.
- Sa'adah L, 2015. Karakteristik Morfologi dan Anatomi Selada Air (*Naturtium* sp) di Kabupaten Batang dan Semarang sebagai Sumber Belajar dalam Mata Kuliah Morfologi dan Anatomi Tumbuhan. *Skripsi*. Semarang: UIN Walisongo Semarang.
- Sahardi dan Djufry F, 2015. Keragaman Karakteristik Morfologi dan Agronomis Plasma Nutfah Klon Harapan Kakao Lokal Sulawesi Selatan. *Jurnal Listri*, 21(3): 145-152.
- Salam M, 2014. Perkembangan Bunga Kakao (*Theobroma cacao* L.) Tipe Forastero Berdasarkan Karakteristik Morfologi dan Anatomi. *Skripsi*. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
- Sari VR, 2012. Variasi Morfologi Tanaman Kepel (*Stelechocarpus Burahol* Hook. f dan Thomson) yang Tumbuh Pada Ketinggian Berbeda. *Doctoral dissertation*. Universitas Airlangga.
- Sihombing WJ, 2008. Penggunaan Tape Kulit Kakao Sebagai Pakan Kambing sedang Tumbuh. *Skripsi*. Departemen Peternakan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Sinay H, Arumingtyas EE, Harijati N, and Indriyani S, 2015. Stomata Characterization of Local Corn Cultivars Which is Grown Under Field Condition in Kisar Island Southwest Maluku Regency. *Proceeding The 5th Annual Basic Science International Conference*, 5(1): 96-99.
- Soedomo P, 1992. Uji Adaptasi dan Daya Hasil Kultivar Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Daerah Pasar Minggu. *Buletin Penelitian Hortikultura*, 23(4): 128-135.
- Steenis V, 2008. *Flora*. Cetakan ke-12. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Suarjaya M dan Nuriyasa M, 2012. Pengaruh Ketinggian Tempat (*Altitude*) dan Tingkat Energi Ransum Terhadap Penampilan Ayam Buras Super Umur 2- 7 Minggu. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 8(1).
- Sufardi, 2020. *Pertumbuhan Tanaman*. Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Sundari, Titik, dan Atmaja RP, 2011. Bentuk Sel Epidermis, Tipe dan Indeks Stomata 5 Genotipe Kedelai pada Tingkat Naungan Berbeda. *Jurnal Biologi Indonesia*, 7(1): 67-79.
- Susanto FX, 1994. *Tanaman Kakao Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Yogyakarta: Kanisius

- Tatsuzawa F, Mukai C, Igarashi M, Hishida A, Satta N, Honda K, Nakajo S, Takehara A, and Tanikawa N, 2019. Anthocyanins and Anthocyanidins in the Flowers of *Aconitum* (Ranunculaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 87.
- Tjitrosoepomo G, 2005. *Morfologi Tumbuhan*. Cetakan 15. Yogyakarta: UGM Press.
- Utami HR dan Rustijarno S, 2012. *Teknologi Pengolahan Biji Kakao Menuju SNI Biji Kakao 01-2323-2008*. BPTP Yogyakarta.
- Van Steenis. 2008. *Flora*. Cetakan ke-12. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Wahyudi T dan Rahardjo P, 2008. *Sejarah dan Prospek*. dalam Wahyudi T, Panggabean TR, dan Pujiyanto, 2008. *Panduan Lengkap Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya. p.11-37.
- Wardiana E, Towaha J, dan Syafaruddin, 2017. Pengelompokan 33 Aksesori Kakao Berdasarkan Karakter Morfologi Komponen Buah. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(2).
- Winarno FG, 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Yuliani, Soemarno, Bagyo Y, and Amin SL, 2015. The Relationship between Habitat Altitude, Environmental Factors and Morphological Characteristics of *Pluchea indica*, *Ageratum conyzoides* and *Elephantopus scaber*. *Online Journal of Biological Sciences. Science Publication*, 15(3): 143-151.
- Zakaryya F, 2017. *Karakter Morfologi Perakaran Beberapa Semaian Klon Kakao Asal Biji*. Seminar, Exspo dan Diskusi (SEEDs) Perbenihan Nasional 2017. Jurusan Produksi Petanian, Politeknik Negeri Jember Online Ver. <https://jpp.polije.ac.id/conference>.

Article History:

Received: 04 Februari 2022

Revised: 19 Februari 2022

Available online: 23 Februari 2022

Published: 31 Mei 2022

Authors:

Bisma Wahyu Farhanandi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: bisma.18028@mhs.unesa.ac.id

Novita Kartika Indah, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: novitakartika@unesa.ac.id

How to cite this article:

Farhanandi BW dan Indah NK, 2022. Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda. *LenteraBio*, 11 (2): 310-325.