

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 2, Juli 2020

**KARAKTERISASI MORFOLOGI, ANATOMI, DAN FISILOGI
TUJUH KLON UNGGUL KOPI ROBUSTA**

**MORPHOLOGICAL, ANATOMICAL, AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION
OF SEVEN SUPERIOR CLONES OF ROBUSTA COFFEE**

* Sakiroh, Meynarti Sari Dewi Ibrahim

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* Saky1605@gmail.com

(Tanggal diterima: 25 Oktober 2019, direvisi: 23 Desember 2019, disetujui terbit: 7 Februari 2020)

ABSTRAK

Karakterisasi morfologi tanaman kopi Robusta unggul telah banyak diteliti, namun untuk karakter anatomi dan fisiologi masih relatif terbatas. Hal ini penting sebagai informasi dasar dalam upaya perakitan varietas unggul baru. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakter morfologi, anatomi, dan fisiologi tujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308 dan BP 436). Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Pakuwon dan Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat, mulai Oktober sampai November 2019. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tujuh klon kopi Robusta sebagai perlakuan dan tiga ulangan. Peubah yang diamati meliputi karakter morfologi (luas daun), anatomi (bentuk dan kerapatan stomata), dan fisiologi (klorofil a, klorofil b, dan total klorofil). Hasil penelitian menunjukkan luas daun pertama dan ketiga dari tujuh klon relatif seragam. Bentuk stomata daun kopi Robusta termasuk tipe parasitik (*Rubiaceous*). Klon SA 203 dan BP 409 memiliki jumlah stomata paling sedikit. Kandungan klorofil a, b, dan total daun pertama dan ketiga bervariasi antar ketujuh klon. Kandungan klorofil daun bagian pangkal, tengah, dan ujung relatif seragam, kecuali klon SA 203 dan BP 939 untuk daun pertama, dan klon SA 203 dan BP 436 untuk daun ketiga. Hasil analisis korelasi memperlihatkan adanya hubungan positif antara karakter luas daun dengan kandungan klorofil.

Kata kunci: *Coffea canephora*; klorofil a; klorofil b; klorofil total; luas daun; stomata

ABSTRACT

*Morphological characterization of superior Robusta coffee plants has been widely studied, but for the anatomical and physiological character is still relatively limited. This is important as basic information in order to create the new superior varieties. The purpose of this study was to investigate the morphological, anatomic, and physiological characteristics of seven Robusta coffee clones (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308 and BP 436). The experiment was conducted at Pakuwon Experimental Station and Integrated Laboratory of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi, West Java, from October to November 2019. The Completely Randomized Design with 7 Robusta coffee clones as treatments and three replications was used in this study. The variable observed were morphological (leaf area), anatomical (stomata shape and density) and physiological characters (chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll). The results showed that the leaf area of the first and third leaves of seven clones of Robusta coffee were uniform relatively. The stomata shape of Robusta coffee leaf is parasitic (*Rubiaceous*) type. The SA 203 and BP 409 clones have the fewest stomata. The content of chlorophyll a, b, and total in the first and third leaves varies between clones. Chlorophyll content in the basal, middle, and apical leaf were relatively uniform, except clones SA 203 and BP 939 for the first leaf, and SA 203 and BP 436 for third leaf. The correlation analysis showed a positive relationship between leaf area and chlorophyll content.*

Keywords: *Chlorophyll a; chlorophyll b; Coffea canephora; leaf area; stomata; total chlorophyll*

PENDAHULUAN

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) sampai saat ini merupakan jenis kopi yang paling banyak di ekspor. Hal ini ditunjukkan oleh persentase volume ekspor per tahun yang mencapai angka 85%, sementara kopi Arabika hanya 15% (AEKI, 2020). Kopi Robusta memiliki rasa yang lebih pahit, sedikit asam, dan mengandung kafein dalam kadar yang jauh lebih tinggi daripada Arabika (Purwanto, Rubiyo, & Towaha, 2015). Walaupun demikian kopi Robusta asal Indonesia memiliki cita rasa yang tidak dimiliki oleh negara lain, sehingga sering dicari penikmat kopi (Puslitkoka, 2016). Kelebihan lainnya dari kopi Robusta dibandingkan kopi Arabika adalah lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Afriliana, 2018).

Kopi Robusta sama dengan jenis kopi lainnya termasuk kelompok tanaman yang memerlukan cahaya tidak penuh (C3) sehingga diperlukan naungan (Sobari, Sakiroh, & Purwanto, 2012; Carvajal *et al.*, 2013). Naungan pada tanaman tidak hanya bertujuan untuk menjaga kondisi lingkungan agar tetap sesuai, tetapi juga memiliki peran meningkatkan efisiensi dalam memanfaatkan sinar matahari serta mengurangi kerusakan akibat radiasi sinar ultra violet (Dalimoenthe, 2006). Peningkatan luas daun merupakan salah satu bentuk adaptasi tanaman yang tumbuh pada kondisi naungan sebagai upaya memaksimalkan penangkapan cahaya yang jumlahnya terbatas dibandingkan dengan kondisi terbuka (Sirait, 2008).

Proses fotosintesis tanaman menghasilkan karbohidrat yang akan diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat, dan molekul organik lainnya (Ai & Banyo, 2011). Tanaman C3 menghasilkan fotosintesis yang lebih rendah dibandingkan tanaman C4. Proses fotosintesis dapat terjadi karena adanya klorofil. Tanaman tingkat tinggi mempunyai dua macam klorofil, yaitu klorofil a dan b. Klorofil a berperan langsung dalam reaksi perubahan energi radiasi matahari menjadi energi kimia, menyerap dan mengangkut energi ke pusat reaksi molekul. Sedangkan klorofil b berfungsi menyerap energi radiasi matahari yang selanjutnya diteruskan ke klorofil a (Ai & Banyo, 2011; Ai, 2012).

Energi cahaya diubah menjadi energi kimia oleh pigmen fotosintesis yang terdapat pada membran internal atau tilakoid. Pigmen fotosintesis yang utama ialah klorofil dan karotenoid. Klorofil a dan b menunjukkan absorpsi yang sangat kuat untuk panjang gelombang biru dan ungu serta jingga dan merah, sedangkan panjang gelombang hijau dan kuning hijau (500-600 nm) menunjukkan absorpsi yang sangat kurang (Ai, 2012; Purba, 2018).

Klorofil merupakan komponen kloroplas yang utama dan kandungan klorofil relatif

berkorelasi positif dengan laju fotosintesis (Rong-hua, Pei-po, Baum, Grando, & Ceccarelli, 2006). Secara fisiologis pengukuran kadar klorofil berhubungan erat dengan produksi tanaman. Salah satu bentuk adaptasi tanaman terhadap penyinaran rendah adalah dengan penurunan rasio klorofil a/b melalui peningkatan kandungan klorofil b (Sirait, 2008).

Penurunan kandungan klorofil merupakan salah satu respons fisiologis tanaman yang kekurangan air. Penurunan kandungan klorofil pada saat tanaman kekurangan air berkaitan dengan aktivitas perangkat fotosintesis dan menurunkan laju fotosintesis tanaman. Selain klorofil, stomata juga berperan penting dalam fotosintesis. Stomata dapat digunakan sebagai alat untuk adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Pada kondisi cekaman kekeringan maka stomata akan menutup sebagai upaya untuk menahan laju transpirasi.

Sampai saat ini kopi Robusta yang telah dilepas cukup banyak. Beberapa klon yang mempunyai potensi produksi tinggi diantaranya adalah SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, dan BP 436. Selain produksi tinggi, kopi Robusta SA 203, BP 409, dan BP 939 termasuk klon yang cukup toleran terhadap kekeringan, BP 534 dan 436 mampu beradaptasi di tipe iklim basah, sementara BP 42 merupakan penyerbuk yang baik. Kopi Robusta BP 308 tidak termasuk kopi yang berproduksi tinggi namun merupakan klon yang tahan terhadap nematoda (Puslitkoka, 2016).

Karakterisasi morfologi tanaman seperti bentuk dan warna daun, bunga dan buah telah banyak dilakukan, namun untuk karakter anatomi dan fisiologi seperti luas daun, jumlah stomata, dan kandungan klorofil masih relatif terbatas, terutama untuk klon SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436. Hasil dari karakterisasi anatomi dan fisiologi memiliki implikasi yang baik bagi program pemuliaan berikutnya, salah satunya dalam upaya merakit varietas kopi Robusta yang toleran terhadap cekaman biotik maupun abiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi, anatomi, dan fisiologi tujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308 dan BP 436), yang telah dilepas sebagai klon unggul.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon dan Laboratorium Terpadu Balittri, Balai penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) Sukabumi, Jawa Barat, mulai bulan Oktober sampai November 2019. Lokasi pertanaman kopi Robusta yang diambil daunnya pada ketinggian tempat 450 meter di

atas permukaan laut (dpl) dengan jenis tanah latosol dan tipe iklim B (Oldeman).

Bahan dan Rancangan Percobaan

Bahan tanam yang digunakan adalah tujuh varietas kopi Robusta, yaitu SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436. Daun diambil dari kebun sumber entres kopi Robusta Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, yang ditanam menggunakan naungan tanaman Ramayana (*Cassia spectabilis*). Daun muda (daun pertama) dan daun tua (daun ketiga) tiga tanaman dari masing-masing klon kopi dipetik lalu dibawa ke laboratorium. Penelitian dirancang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tujuh perlakuan dan tiga ulangan. Ketujuh perlakuan yang diuji adalah klon kopi Robusta unggul, yaitu klon SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan terdiri dari karakter morfologi, karakter anatomi, dan karakter fisiologi. Karakter morfologi yang diamati berupa luas daun, karakter anatomi berupa kerapatan stomata dan tipe stomata, sementara karakter fisiologis yang diamati berupa kadar klorofil a, b, dan total.

1. Pengukuran luas daun

Luas daun diukur menggunakan metode gravimetri, yaitu dengan cara membuat replika daun pada kertas milimeterblok dan ditimbang beratnya, lalu dibandingkan dengan berat kertas standar. Luas daun dihitung berdasarkan persamaan (Sitompul & Guritno, 1995):

$$\text{Luas daun} = \frac{\text{bobot replika daun}}{\text{bobot kertas } 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}} \times 100 \text{ cm}^2$$

2. Pengukuran kerapatan stomata

Pengamatan kerapatan stomata dilakukan dengan menggunakan metode pengecatan. Adapun cat yang digunakan adalah cat kuku bening yang dioleskan pada bagian bawah daun nomer tiga dari ujung tajuk. Setelah kering cat kuku dilepas dengan cara menempelkan isolatip bening pada seluruh olesan dan melepaskannya secara cepat dan diletakkan di atas kaca objek. Sampel diamati dengan menggunakan mikroskop kompond (Zeiss plan-Achromat) pada pembesaran 10 kali dan 40 kali, kemudian dihitung jumlah stomata pada bidang pandang $110 \mu\text{m} \times 80 \mu\text{m}$ ($8,8 \text{ mm}^2$). Parameter yang diamati meliputi bentuk stomata dan kerapatan stomata.

3. Pengukuran kandungan klorofil

Pengamatan kandungan klorofil dilakukan dengan 2 cara, yaitu menggunakan klorofil meter tipe SPAD 502 dan ekstraksi klorofil dengan menggunakan spektrofotometer genesys 10S UV-VIS.

a. Menggunakan klorofil meter

Pengamatan kadar klorofil menggunakan klorofilmeter Konica Minolta seri SPAD 502. Cara pengukurannya dengan menjepitkan bagian pangkal, tengah, dan ujung daun pada scanner sampai muncul angka konstan di monitornya. Masing-masing bagian pangkal, tengah, dan ujung daun pertama maupun ketiga diukur sebanyak 3 kali pada titik yang berbeda.

b. Ekstraksi Klorofil

Daun yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun pertama dan daun ke-3 pada tiap-tiap klon kopi Robusta. Daun tersebut dipotong kecil-kecil untuk memudahkan proses penghancuran, kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik masing-masing sampel 1 gram. Cara analisis yaitu dengan mengambil 1 gram contoh daun, kemudian ditumbuk dan diekstraksi menggunakan 20 ml ethanol 96%, lalu disaring menggunakan kertas filter ke dalam beker glass. Larutan filtrat dimasukkan ke dalam kuvet spektrofotometer menggunakan pipet sampai batas warna putih. Kuvet dimasukkan ke dalam spektrofotometer genesys 10S UV-VIS pada panjang gelombang $\lambda 649 \text{ nm}$ dan $\lambda 665 \text{ nm}$ serta dicatat absorbansinya (A). Untuk menghitung kandungan klorofil maka digunakan rumus sebagai berikut (Wintermans & De Mots, 1965):

$$\text{Kadar klorofil a} = 13,7 A_{665} - 5,76 A_{649} \text{ (mg/g)}$$

$$\text{Kadar klorofil b} = 25,8 A_{649} - 7,60 A_{665} \text{ (mg/g)}$$

$$\text{Kadar klorofil total} = 20,0 A_{649} + 6,10 A_{665} \text{ (mg/g)}$$

Keterangan:

A649 = absorbansi pada panjang gelombang 645 nm

A665 = absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

Data dianalisis dengan sidik ragam (Anova), dan apabila memperlihatkan perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji rerata menggunakan metode Duncan taraf 5%. Di samping itu, dilakukan juga analisis korelasi antara peubah luas daun, kandungan klorofil total, klorofil a, klorofil b, dan kerapatan stomata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Daun

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa luas daun dari ketujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436) baik pada daun pertama dan ketiga tidak berbeda nyata satu sama lainnya (Tabel 1). Perbedaan bentuk daun yang terlihat secara kasat mata dari tujuh klon kopi Robusta yang diuji ternyata tidak memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun.

Ukuran daun yang tidak berbeda nyata memperlihatkan bahwa potensi daun dari ketujuh klon yang diuji akan menghasilkan karbohidrat sebagai hasil proses fotosintesis juga tidak berbeda nyata. Hal ini karena daun merupakan komponen utama tanaman yang memiliki fungsi utama sebagai tempat pelaksanaan proses fotosintesis. Kemampuan tanaman untuk berfotosintesis dapat terlihat dari seberapa luas daun tersebut dapat menerima cahaya matahari secara penuh (Salisbury & Ross, 1995). Semakin luas ukuran daun maka semakin banyak energi yang masuk, sehingga proses fotosintesis semakin tinggi pula (Sholikhah, Munandar, & Pradana S, 2015), sehingga dengan tidak berbeda nyatanya luas daun maka hasil fotosintesis juga akan tidak berbeda, dengan catatan tidak ada faktor lain yang memberikan pengaruhnya terhadap ketujuh klon yang diuji.

Bentuk dan Kerapatan Stomata

Hasil pengamatan pada daun memperlihatkan bahwa bentuk stomata pada tujuh klon kopi Robusta SA

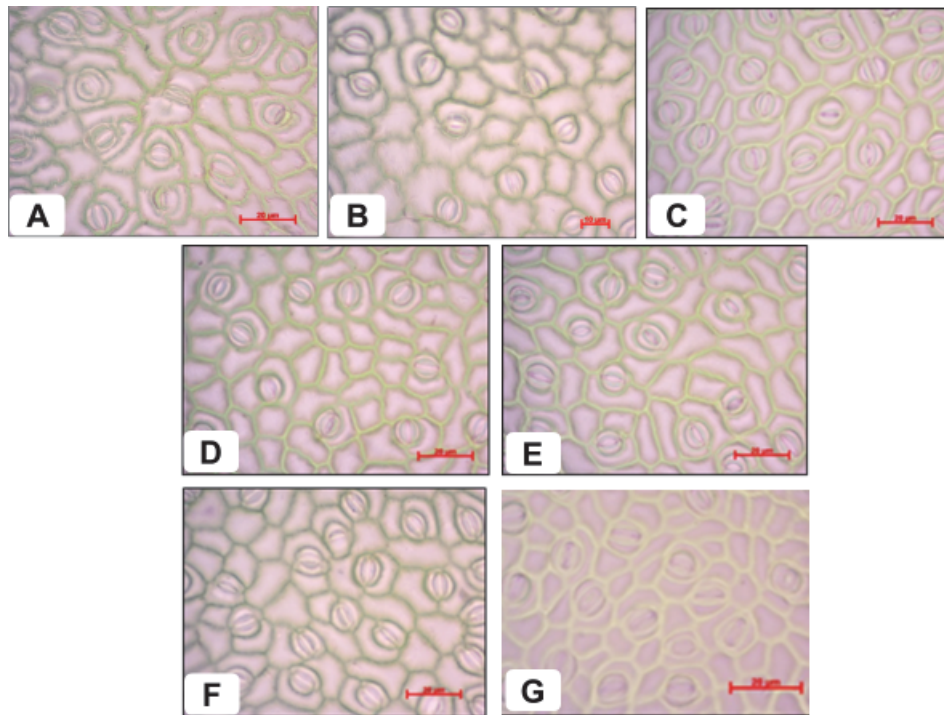
203, BP 534, BP 436, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 42 mempunyai bentuk yang sama, yaitu termasuk tipe parasitik (*Rubiaceous*). Hasil ini sejalan dengan penelitian Arunadevi, Selvaraj, & Elumalai (2015) yang memperlihatkan bahwa stomata tanaman kopi termasuk tipe parasitik. Pada tipe ini setiap sel penutup didampingi oleh satu atau lebih sel tetangga yang letaknya sejajar dengan stomata (Morais *et al.*, 2004). Setiap stomata mempunyai dua sel penjaga yang ditemukan pada sel epidermis daun bagian bawah, sedangkan di lapisan epidermis daun bagian atas tidak ditemukan stomata (Gambar 1).

Hasil pengamatan terhadap jumlah stomata pada tujuh klon kopi Robusta menunjukkan bahwa klon SA 203 memiliki jumlah stomata paling sedikit, sementara klon BP 308 memiliki jumlah stomata paling banyak dibanding klon BP 939, BP 534, BP 42, BP 436, dan BP 409 (Tabel 2). Perbedaan jumlah stomata ini kemungkinan besar karena pengaruh perbedaan faktor genetik lebih dominan daripada faktor lingkungan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Meriko & Abizar, (2017) bahwa jumlah dan ukuran stomata dipengaruhi oleh genetik dan lingkungan. Faktor lingkungan yang dapat memengaruhi kerapatan stomata antara lain ketersediaan air, intensitas cahaya, temperatur, dan konsentrasi CO₂ (Sihotang, 2017). Hal ini sejalan dengan penelitian Sholikhah, Munandar, & Pradana (2015) yang memperlihatkan perbedaan kerapatan stomata kopi Robusta klon BP 358 yang ditanam di bawah pohon penaung Sengon dan Lamtoro.

Tabel 1. Luas daun pertama dan ketiga tujuh klon kopi Robusta
 Table 1. The first and third leaf area of seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Luas daun pertama (cm ²)	Luas daun ketiga (cm ²)
SA 203	20,89	115,75
BP 534	22,22	116,85
BP 42	21,36	116,02
BP 409	20,76	116,16
BP 939	18,83	140,89
BP 308	21,78	133,56
BP 436	18,22	140,44
	tn	tn

Keterangan: tn = tidak nyata
 Notes : tn = not significant



Gambar 1. Bentuk stomata di bawah mikroskop dengan perbesaran 40 kali pada tujuh klon kopi Robusta: (A) BP 42, (B) SA 203, (C) BP 308, (D) BP 409, (E) BP 436, (F) BP 534, dan (G) BP 939

Figure 1. Stomata form under a microscope with magnification 40 times on seven clones of Robusta coffee: (A) BP 42, (B) SA 203, (C) BP 308, (D) BP 409, (E) BP 436, (F) BP 534, and (G) BP 939

Kopi Robusta klon SA 203 memiliki jumlah stomata paling sedikit. Hal ini sejalan dengan deskripsi varietas yang menyatakan bahwa klon SA 203 termasuk tanaman yang toleran kekeringan dan merupakan salah satu penyusun komposisi klon daerah tipe iklim kering, di berbagai ketinggian tempat. Sama dengan klon SA 203, klon BP 409 merupakan varietas kopi yang cukup toleran terhadap kekeringan (Randriani & Dani, 2019). Hal ini terlihat juga pada Tabel 2 yang memperlihatkan bahwa klon BP 409 memiliki jumlah stomata terendah kedua setelah SA 203.

Kerapatan stomata dapat memengaruhi dua proses penting pada tanaman, yaitu fotosintesis dan transpirasi (Sihotang, 2017). Anatomi stomata ini dapat dilakukan untuk mendukung pendekatan fisiologi maupun morfologi dalam menentukan genotipe yang peka maupun yang mampu beradaptasi pada kondisi cekaman kekeringan. Tanaman padi hasil radiasi yang mempunyai stomata yang lebih sedikit di bandingkan tetuanya dilaporkan tahan terhadap kekeringan (Lestari, 2006).

Tabel 2. Kerapatan stomata tujuh klon kopi Robusta pada permukaan daun bagian bawah

Table 2. Stomata of density seven clones of Robusta coffee on the surface of the lower leaves

Klon kopi Robusta	kerapatan stomata (per 8,8 mm ²)
SA 203	143,33 f
BP 534	268,67 bc
BP 42	253,67 c
BP 409	175,00 e
BP 939	280,33 b
BP 308	377,67 a
BP 436	223,00 d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Tabel 3. Kandungan klorofil a, b, dan total daun pertama pada tujuh klon kopi Robusta
 Table 3. The content of chlorophyll a, b, and total in the first leaf of seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil total (mg/g)
SA 203	0,22 c	0,14 bc	0,36 b
BP 534	0,50 ab	0,37 a	0,81 a
BP 42	0,44 ab	0,25 a	0,69 a
BP 409	0,04 d	0,06 c	0,10 c
BP 939	0,39 ab	0,26 a	0,65 a
BP 308	0,52 a	0,26 a	0,78 a
BP 436	0,35 bc	0,21 ab	0,55 ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%

Notes : Number followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Tabel 4. Kandungan klorofil a, b, dan total daun ketiga pada tujuh klon kopi Robusta
 Table 4. The content of chlorophyll a, b, and total in the third leaf of seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil total (mg/g)
SA 203	0,50 bc	0,24 de	0,74 cd
BP 534	0,56 ab	0,30 cd	0,85 bc
BP 42	0,61 a	0,45 a	1,06 a
BP 409	0,61 a	0,40 ab	1,00 ab
BP 939	0,51 abc	0,23 de	0,74 cd
BP 308	0,59 ab	0,35 bc	0,93 ab
BP 436	0,45 c	0,22 e	0,67 d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%

Notes : Number followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Kandungan Klorofil Daun

Pengamatan kandungan klorofil daun dilakukan dengan mengekstraksi daun kopi. Larutan filtrat kemudian dimasukkan ke Kuvet Spektrofotometer Genesys 10S UV-VIS. Hasil analisis kandungan klorofil a pada daun pertama kopi Robusta klon BP 308, BP 534, BP 42, dan BP 939 terlihat berbeda nyata dengan klon lainnya. Klon-klon ini memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi, sementara yang terendah pada klon BP 409. Klon-klon yang memiliki kandungan klorofil a tinggi pada daun pertama juga memiliki kandungan klorofil b dan klorofil total yang tinggi. Kopi Robusta klon BP 308, BP 534, BP 42, dan BP 939 paling tinggi kandungan klorofil b dan total, serta berbeda nyata dengan klon lainnya, sedangkan klon BP 409 memiliki kandungan klorofil b dan total terendah (Tabel 3).

Hampir sama dengan daun pertama, kandungan klorofil a tertinggi pada daun ketiga juga terlihat pada BP 42, BP 534, BP 409, dan BP 308. Perbedaan terlihat pada klon BP 409, dimana daun pertama memiliki kandungan klorofil a terendah namun

pada daun ketiga justru termasuk klon yang memiliki klorofil a tertinggi. Sementara itu, klon BP 436 memiliki kandungan klorofil a, b, dan total terendah. Klon-klon yang memiliki klorofil a tinggi juga terlihat memiliki kandungan klorofil b dan total yang tinggi juga (Tabel 4). Bervariasinya kandungan klorofil a, b, dan totalnya pada daun pertama dan ketiga ini diduga menjadi salah satu penyebab warna daun terlihat berbeda tingkat kecerahannya dan menimbulkan variasi warna daun dari hijau muda, hijau tua, hijau kecoklatan, sampai hijau kemerahan.

Klorofil total daun ketiga yang paling tinggi pada klon BP 42, BP 534, BP42 dan BP 308. Hal ini sejalan dengan deskripsi tanaman yang menyatakan daun tua berwarna hijau gelap, dan paling rendah BP 436 karena memiliki daun tua yang berwarna hijau pucat (kekuningan) terkesan seperti defisiensi unsur hara. Hasil penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa banyak faktor yang memengaruhi keberadaan klorofil pada suatu tanaman, diantaranya sinar matahari, karbohidrat, oksigen, bahan nitrogen, magnesium, besi,

air, dan temperatur. Ketika semua faktor lingkungan berada pada kondisi yang sesuai maka keberadaan klorofil akan sangat tinggi (Agustamia, Widiastuti, & Sumardiyono, 2016). Berdasarkan pernyataan ini dapat diyakini bahwa warna hijau pucat pada klon BP 436 disebabkan oleh faktor genetik, karena kondisi lingkungan pada percobaan ini relatif seragam dan sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan kopi Robusta.

Kadar klorofil total meningkat dengan bertambahnya luas daun sampai tingkat perkembangan daun ke-3 (Tabel 4). Hasil ini sejalan dengan penelitian pada tanaman mangga yang memperlihatkan perbedaan kandungan klorofil pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. Daun hijau tua memiliki konsentrasi klorofil total yang lebih tinggi (47,44 mg/l) dari pada daun hijau muda (27,55 mg/l) (Sumenda, Rampe, & Mantiri, 2011).

Klorofil penting bagi tanaman untuk melaksanakan fotosintesis dan menghasilkan energi (Ajiningrum, 2018). Menurut Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger (2002), klorofil adalah molekul kompleks yang berperan menangkap energi cahaya matahari, proses transfer energi, dan elektron pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, semakin tinggi

kadar klorofil daun maka kemampuan dalam berfotosintesis akan semakin tinggi. Berdasarkan pernyataan ini maka kemungkinan besar kopi Robusta klon 436 mempunyai kemampuan berfotosintesis yang lebih rendah dari pada keenam klon lainnya. Namun jika dikaitkan dengan luasan daun ketiga dari tanaman, walaupun tidak berbeda nyata dengan klon lainnya, klon 436 memiliki luas yang lebih lebar, sehingga kemungkinan besar proses fotosintesis juga dapat berjalan sama baik dengan klon-klon lainnya.

Kandungan Klorofil pada Bagian Pangkal, Tengah, dan Ujung Daun

Pengamatan kadar klorofil pangkal, tengah, dan ujung daun pada daun pertama dan ketiga menggunakan klorofilmeter Konica Minolta seri SPAD 502. Hasil Analisa memperlihatkan kandungan klorofil pada daun pertama bagian pangkal, tengah, dan ujung daun memperlihatkan kandungan yang relatif sama antar klon, kecuali klon BP 534 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 939 untuk seluruh bagian daun. (Tabel 5). Sedangkan untuk daun ketiga, kandungan klorofil klon BP 308 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 436 untuk seluruh bagian daun (Tabel 6).

Tabel 5. Kandungan klorofil daun bagian pangkal, tengah, dan ujung daun pertama pada tujuh klon kopi Robusta
Table 5. Chlorophyll content in the basal, middle and apical of the first leaf in seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Kandungan klorofil (Unit SPAD)		
	Pangkal daun	Tengah daun	Ujung daun
SA 203	31,59 b	26,98 c	23,18 c
BP 534	45,55 a	43,64 a	41,28 a
BP 42	40,41 ab	37,28 ab	41,02 a
BP 409	38,42 ab	36,29 ab	33,12 ab
BP 939	34,92 b	32,94 bc	28,51 bc
BP 308	38,28 ab	31,84 bc	27,50 bc
BP 436	41,32 ab	40,57 ab	41,02 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Notes : number followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Tabel 6. Kandungan klorofil daun bagian pangkal, tengah, dan ujung daun ketiga pada tujuh klon kopi Robusta
Table 6. Chlorophyll content in the basal, middle and apical of the third leaf in seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Kandungan klorofil (Unit SPAD)		
	Pangkal daun	Tengah daun	Ujung daun
A 203	47,38 c	46,39 bc	45,69 bc
BP 534	52,68 bc	48,97 bc	49,49 ab
BP 42	54,92 b	52,30 ab	49,90 ab
BP 409	52,85 bc	54,48 ab	50,40 ab
BP 939	55,93 b	53,96 ab	50,30 ab
BP 308	63,92 a	59,14 a	57,31 a
BP 436	45,88 c	43,04 c	39,37 c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Notes : number followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Tabel 7. Korelasi antara luas daun, klorofil total, klorofil a, klorofil b, dan kerapatan stomata pada daun kopi Robusta.
 Table 7. Correlation between leaf area, total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and stomata density of Robusta coffee leaves

Peubah yang dikorelasikan	Luas daun	Kandungan klorofil total	Kandungan klorofil a	Kandungan klorofil b	Kerapatan stomata
Luas daun	-	-	-	-	-
Kandungan klorofil total	0,52**	-	-	-	-
Kandungan klorofil a	0,56**	0,98**	-	-	-
Kandungan klorofil b	0,42**	0,96**	0,88**	-	-
Kerapatan Stomata	0,26	0,18	0,20	0,15	-

Keterangan : ** = nyata pada taraf 1%
 Notes : ** = significant at 1% level

Kandungan klorofil daun kopi robusta SA 203, BP 534, BP 436, BP 409, BP 939, BP 308 dan BP 42 meningkat seiring bertambahnya umur daun (Tabel 5 dan 6). Pada daun pertama dan ketiga, kandungan klorofil daun terlihat semakin meningkat dari bagian ujung sampai pada bagian pangkal. Hal ini diduga karena terjadinya peningkatan kadar klorofil total dan bertambahnya luas daun seiring dengan perkembangan daun. Penelitian Sumenda, Rampe, & Mantiri, (2011) memperlihatkan bahwa klorofil pada daun yang masih muda masih berupa protoklorofil dan akan berubah menjadi hijau sepenuhnya setelah transformasi protoklorofil. Penelitian yang telah dilakukan oleh Setiawati, Saragih, Nurzaman, & Mutaqin, (2016) membuktikan adanya kenaikan jumlah kandungan klorofil dan rata-rata luas daun Lampeni (*Ardisia humilis* Thunberg) sesuai dengan tingkat perkembangan daun yang berbeda. Semakin besar ukuran daunnya maka kadar klorofilnya pun semakin tinggi.

Korelasi antar Karakter Luas Daun, Kandungan Klorofil, dan Kerapatan Stomata

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang positif antara luas daun dengan klorofil total, klorofil a, dan klorofil b, sementara kerapatan stoma tidak berhubungan nyata dengan peubah lainnya (Tabel 7). Hal ini sejalan dengan pernyataan Kozlowski *et al.* (1991) yang menyebutkan bahwa luasan daun berhubungan dengan peningkatan kandungan klorofil, dan akan berdampak terhadap bertambahnya produk fotosintesis sehingga meningkatkan laju pertumbuhan dan produksi tanaman.

KESIMPULAN

Luas daun pertama dan ketiga dari tujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436) memperlihatkan keseragaman. Bentuk stomata daun tanaman kopi Robusta termasuk tipe parasitik (*Rubiaceous*). Di antara ketujuh klon kopi Robusta yang diuji, klon SA 203 dan BP 409 memiliki

jumlah stomata paling sedikit. Kandungan klorofil a, b, dan total pada daun pertama dan ketiga relatif bervariasi antar klon, dan ini menjadi salah satu penyebab bervariasinya warna daun. Kandungan klorofil pada daun bagian pangkal, tengah, dan ujung relatif tidak bervariasi antar klon, kecuali klon BP 534 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 939 untuk daun pertama, dan klon BP 308 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 436 untuk daun ketiga. Hasil lainnya menunjukkan adanya hubungan yang positif antara karakter luas daun, kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total. Hasil penelitian ini memberikan implikasi bagi program pemuliaan kopi Robusta berikutnya, terutama sebagai informasi dasar bagi upaya perakitan varietas unggul baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Dibyo Pranowo, Edi Wardiana, Setty Utami, dan Siti Sawitri Fatimah yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Sakiroh (Kontributor Utama)
2. Meynarti Sari Dewi Ibrahim (Kontributor Utama)

DAFTAR PUSTAKA

- AEKI. (2020). Ekspor kopi. Retrieved January 9, 2020, from http://www.aeki-aice.org/coffee_export_regulations.html.
- Afriliana, A. (2018). *Teknologi Pengolahan Kopi Terkini* (Cetakan 1). Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Agustamia, C., Widiastuti, A., & Sumardiyono, C. (2016). Pengaruh stomata dan klorofil pada ketahanan beberapa varietas jagung terhadap penyakit bulai. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 20(2), 89–94.

- Ai, N. S., & Banyo, Y. (2011). Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 166. <https://doi.org/10.35799/jis.11.2.2011.202>.
- Ai, N.S. (2012). Evolusi fotosintesis pada tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(1), 28–34. <https://doi.org/10.35799/jis.12.1.2012.398>.
- Ajiningrum, P. S. (2018). Kadar total pigmen klorofil tanaman *Avicennia marina* pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Stigma*, 11(September), 52–59.
- Arunadevi, R., Selvaraj, R., & Elumalai, R. (2015). Foliar anatomical studies in some taxa of *Coffea* Linn. *INT J CURR SCI*, 14, 19–29.
- Carvajal, A. F., Feijoo, A., Quintero, H., & Rondón, M. A. (2013). Soil organic carbon storage and dynamics after C3-C4 and C4-C3 vegetation changes in sub-Andean landscapes of Colombia. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4), 391–398. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400010>.
- Dalimoenthe, S. L. (2006). Teknologi sustainable pucuk teh. Prosiding Pertemuan Teknis Industry Teh Berkelanjutan (Sustainable Tea), hal: 49-68.
- Kozłowski, TTPJ, Kramer, SG & Palardy (1991), *The physiologhycal ecology of wody plants*, Academic Press Inc, London, pp: 31-68.
- Lestari, E.G. (2006). Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*, 7(1), 44-48.
- Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. (2002). *Plant Physiology*, 3rd ed. In *Sinauer Associates*. <https://doi.org/10.1104/pp.900074>.
- Meriko, L., & Abizar. (2017). Struktur stomata daun beberapa tumbuhan kantong semar (*Nepenthes* spp.). *Berita Biologi Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 16(3), 325-330.
- Morais, H., Medri, M. E., Marur, C. J., Caramori, P. H., De Arruda Ribeiro, A. M., & Gomes, J. C. (2004). Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6), 863–871. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000600005>.
- Purba, Z. (2018). Regresi linier berganda kelembaban udara dan intensitas cahaya matahari terhadap produksi tanaman padi di perkotaan. *Jurnal Pembangunan Perkotaan*. 6(2), 112–117.
- Purwanto, E. H., Rubiyono, & Towaha, J. (2015). Karakteristik mutu dan citarasa kopi Robusta klon BP 42, BP 358 dan BP 308 asal Bali dan Lampung. *Sirinov*, 3(2), 67–74.
- Puslitkoka. (2016). *Kopi: Sejarah, Botani, Proses, Produksi, Pengolahan, Produk Hilir, dan Sistem Kemitraan* (T. Wahyudi, Ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Rong-hua, L., Pei-po, G., Baum, M., Grando, S., & Ceccarelli, S. (2006). Evaluation of chlorophyll Content and fluorescence parameters as indicators. *Agricultural Sciences in China*, 5(10), 751–757. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(06\)60120-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60120-X).
- Randriani, E., & Dani. (2018). *Pengenalan Varietas Unggul Kopi* (2nd ed.). Jakarta: IAARD Press.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: ITB.
- Setiawati, T., Saragih, I. A., Nurzaman, M., & Mutaqin, A. Z. (2016). Analisis kadar klorofil dan luas daun Lampeni (*Ardisia humilis* Thunberg) pada tingkat perkembangan yang berbeda di Cagar Alam Pangandaran. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016* (pp: 122–126).
- Sholikhah, U., Munandar, D. A., & Pradana S, A. (2015). Karakter fisiologis klon kopi robusta BP 358 pada jenis penangung yang berbeda. *Agrovigor*, 8(1), 58–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/agrovigor.v8i1.749>.
- Sihotang, L. (2017). Analisis densitas stomata tanaman antanan (*Centella asiatica*, L) dengan perbedaan intensitas cahaya. *Jurnal Pro-Life*, 4(2), 329–338.
- Sirait, J. (2008). Luas daun, kandungan klorofil dan laju pertumbuhan rumput pada naungan dan pemupukan yang berbeda. *JITV*, 13(2), 109–116.
- Sitompul, S.M dan Guritno, B. (1995). *Analisis Pertumbuhan Tanaman (Pertama)*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sobari, I., Sakiroh, & Purwanto, E. H. (2012). Pengaruh jenis tanaman penangung terhadap pertumbuhan dan persentase tanaman berbuah pada kopi Arabika varietas Kartika 1. *Buletin RISTRI*, 3, 217–222. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v3n3.2012.p217-222>.

Sumenda, L., Rampe, H. L., & Mantiri, F. R. (2011). Analisis kandungan klorofil daun mangga (*Mangifera indica* L.) pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Jurnal Bioslogos*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/10.35799/jbl.1.1.2011.372>.

Wintermans, J. F. G. M., & De Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. *BBA - Biophysics Including Photosynthesis*, 109(2), 448-453. [https://doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](https://doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)