

## Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Karakteristik Agronomi Kopi Robusta pada Dua Tipe Penaung dalam Sistem Agroforestri

### *Influence of Environmental Factors on the Agronomic Characteristics of Robusta Coffee Under Two Types of Shade in an Agroforestry System*

Nilasari Dewi\*, Ken Ilmaya Chairani

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Jember, Jember, East Java 68121, Indonesia

Received June 26, 2024; Accepted August 14, 2024

#### ABSTRACT

Coffee plants are one of the plantation crops cultivated in Indonesia. Coffee cultivation is generally carried out in agroforestry systems with shade plants such as rubber and sengon. The type of shade planted in coffee cultivation can affect temperature, humidity, and light intensity, all of which can influence the agronomic characteristics of coffee plants. This study aimed to analyze the effects of temperature, humidity, and light intensity on the agronomic characteristics of coffee plants grown under two types of shade in the agroforestry system. The research was conducted by measuring temperature, humidity, light intensity, and the agronomic characteristics of coffee plants in each observation plot. The data obtained were analyzed using SEM analysis and correlation methods. The average temperature in the agroforestry areas with rubber and sengon was 29.30 and 29.42°C, respectively. The average humidity in the agroforestry areas with rubber and sengon shade was 65.72 and 64.76%, respectively. The average light intensity in the agroforestry areas with rubber shade was 35.79%, while in the sengon shade, it was 45.36%. Temperature and light intensity in both agroforestry systems exhibit a positive correlation with the number of productive branches and stomatal density of coffee plants. In contrast, humidity shows a negative correlation with chlorophyll content.

**Keywords:** Agroecosystem; Microclimate; Chlorophyll content; Photosynthesis; Productivity

**Cite this as (CSE Style):** Dewi N, Chairani KI. 2024. Pengaruh faktor lingkungan terhadap karakteristik agronomi tanaman kopi robusta pada dua tipe penaung dalam sistem agroforestri. *Agrotechnology Res J.* 8(2):101–110. <https://dx.doi.org/10.20961/agrotechresj.v8i2.91189>.

#### PENDAHULUAN

Tanaman kopi termasuk salah satu tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi kopi di Indonesia pada tahun 2021, yaitu sebesar 762 ribu ton (BPS Jember 2021), sedangkan pada tahun 2022 sebesar 786,2 ribu ton (BPS 2023). Kabupaten Jember, terutama Kecamatan Silo termasuk dalam salah satu daerah yang membudidayakan tanaman kopi. Berdasarkan data BPS Jember (2023), produksi kopi di Kecamatan Silo pada tahun 2021, yaitu sebesar 8.901,60 ton dan pada tahun 2022 sebesar 1.636,80 ton. Tingginya produksi kopi tersebut menunjukkan bahwa tanaman kopi memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan. Kopi merupakan tanaman yang menghendaki sinar matahari secara teratur namun tidak langsung karena dapat

mempengaruhi proses fotosintesis (Suwanto et al. 2014). Naungan 35-65% mendukung pertumbuhan tanaman kopi yang lebih baik selama tahap perkembangan dibanding kopi tanpa naungan (Baliza et al. 2012).

Pertumbuhan tanaman kopi dapat didukung oleh adanya faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya (Widiyani dan Hartono 2021). Faktor lingkungan berupa suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya dapat mempengaruhi karakteristik agronomi tanaman kopi, seperti tinggi tanaman, diameter batang, serta jumlah cabang produktif per pohon. Intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap faktor lingkungan lain berupa suhu dan kelembaban. Semakin rendah intensitas cahaya, maka suhu akan semakin rendah serta kelembaban semakin tinggi sehingga berpengaruh terhadap jumlah dan kerapatan stomata (Budiono et al. 2016). Suhu rendah dan kelembaban tinggi pada lokasi yang ternaungi dapat menurunkan jumlah stomata (Paluvi et al. 2015).

Tanaman kopi umumnya membutuhkan naungan untuk mengubah iklim mikro berupa mengurangi suhu serta mengurangi kehilangan air, baik melalui penguapan atau transpirasi (Rohdiana dan Suganda

\*Corresponding Author:  
E-Mail: [nilasaridewi@unej.ac.id](mailto:nilasaridewi@unej.ac.id)

2023). Tanaman penayang dalam budidaya kopi juga berperan untuk memenuhi kebutuhan cahaya matahari secara optimal. Tanaman kopi hanya memerlukan sekitar 60- 80% dari seluruh intensitas cahaya yang diterima untuk kebutuhan fotosintesis. Jenis naungan yang ditanam dalam budidaya kopi dapat mempengaruhi intensitas cahaya yang akan diterima oleh tanaman kopi. Jenis naungan yang digunakan untuk tanaman kopi seperti sengon, lamtoro (Agustiningih et al. 2022), gamal (Suherman et al. 2016), dan lain-lain. Kesesuaian penayang dalam budidaya kopi tentunya sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi.

Penaung yang ditanam dalam budidaya kopi juga dapat berpengaruh terhadap faktor lingkungan, baik itu suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya yang nantinya akan mempengaruhi karakteristik agronomi tanaman kopi. Desa Pace merupakan salah satu desa penghasil kopi terbaik di Kabupaten Jember. Jenis naungan di Desa Pace salah satunya adalah karet dan sengon. Penelitian mengenai pengaruh naungan terhadap karakteristik agronomi tanaman kopi pada sistem agroforestri tersebut masih belum diketahui. Oleh karena itu, kajian mengenai pengaruh faktor lingkungan terhadap karakteristik agronomi tanaman kopi pada dua tipe penayang berupa karet dan sengon dalam sistem agroforestri perlu dilakukan untuk mengetahui indikator pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi.

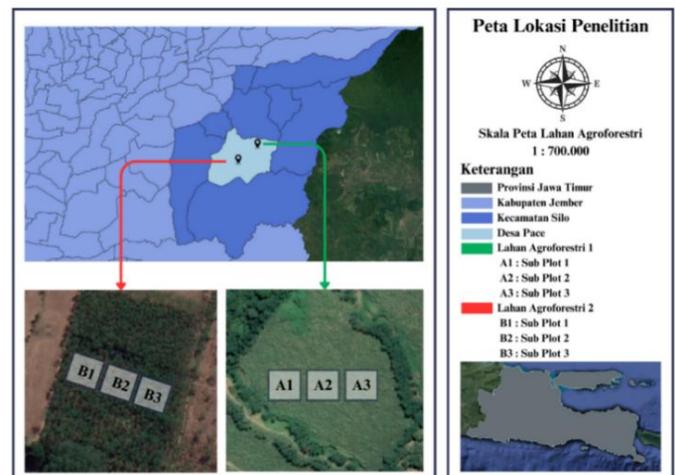
## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dan Laboratorium Kultur Jaringan, Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Lahan agroforestri 1 merupakan lahan dengan penayang karet yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember dan berada pada ketinggian 360 mdpl dengan titik koordinat 8°15'54.1"S 113°52'28.9"E, sedangkan lahan agroforestri 2 merupakan lahan dengan penayang sengon yang dikelola oleh masyarakat atau perorangan dan berada pada ketinggian 340 mdpl dengan titik koordinat 8°15'47.7"S 113°52'17.0"E (Gambar 1). Jarak tanam kopi pada kedua lokasi adalah 3 m x 3 m. Sedangkan jarak tanam karet sebagai penayang di lahan agroforestri 1 adalah 7 m x 3 m, dan jarak tanam sengon adalah 3 m x 3 m. Penelitian dilakukan pada bulan Januari – Juni 2024.

### Alat dan bahan

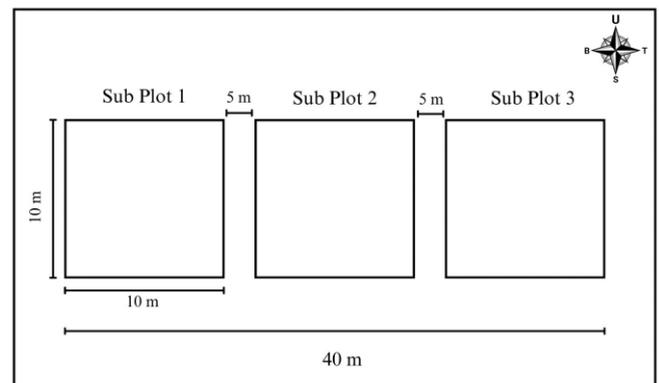
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian, antara lain yaitu, *lux meter*, termohigrometer, SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), mikroskop, kaca objek, gunting, tali rafia, pasak, meteran, kamera *smartphone*, dan ATK. Bahan yang digunakan, antara lain yaitu pewarna kuku bening, isolasi bening, kertas label, dan petakan lahan agroforestri kopi dengan dua tipe tanaman penayang.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian agroforestri kopi di Desa Pace, Kabupaten Jember

### Metode observasi

Plot penelitian dipilih secara *purposive sampling* dengan memilih lahan dengan jarak tanam seragam. Plot penelitian (Gambar 2) berukuran 40 m x 10 m, yang mana plot dibagi menjadi 3 sub plot berukuran 10 m x 10 m dengan jarak antar sub plot 5 m dengan jenis tanaman penayang yang berbeda (Hairiah dan Rahayu 2007). Pada setiap sub plot dipilih empat tanaman kopi yang tumbuh secara normal di bawah naungan untuk dijadikan sebagai sampel tanaman yang akan diamati karakteristiknya.



**Gambar 2.** Plot penelitian pada agroforestri dengan naungan berbeda

### Variabel penelitian

Pengamatan berupa faktor lingkungan dilakukan selama 30 hari dengan interval, setiap satu minggu sekali di atas kanopi kopi. Kemudian, pengukuran karakteristik agronomi dilakukan satu kali pada akhir pengamatan.

**Suhu.** Suhu diukur menggunakan alat termohigrometer yang dilakukan tiga kali sehari, yaitu pada pukul 07.00, 12.00, dan 16.00 WIB dan dinyatakan dalam satuan derajat celsius (°C).

**Kelembaban.** Kelembaban diukur menggunakan alat termohigrometer yang dilakukan tiga kali sehari, yaitu pada pukul 07.00, 12.00, dan 16.00 WIB dan dinyatakan dalam satuan persen (%).

**Intensitas cahaya.** Intensitas cahaya diukur menggunakan alat *lux meter* yang dilakukan pada atas tajuk tanaman kopi. Intensitas cahaya kontrol dilakukan di lahan tanpa naungan pada waktu yang sama. Persentase intensitas cahaya pada masing-masing sub plot dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [1].

$$IC(\%) = \frac{A}{B} \times 100 \dots\dots\dots [1]$$

dengan IC= intensitas cahaya A = Intensitas cahaya di atas tajuk dan B = Intensitas cahaya kontrol

**Tinggi tanaman.** Tinggi tanaman diukur menggunakan meteran dengan menarik meteran dari pangkal batang hingga ujung tajuk tanaman kopi dan dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).

**Diameter batang.** Diameter batang diukur menggunakan meteran yang diawali mengukur keliling batang dengan melingkarkan meteran pada batang tanaman kopi pada ketinggian 1 m dari pangkal batang. Hasil dari pengukuran keliling kemudian dibagi dengan pi ( $\pi$ ) atau sebesar 3,14. Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan diameter batang tanaman kopi yang dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).

**Jumlah cabang produktif.** Jumlah cabang pada tanaman kopi yang mampu menghasilkan bunga dan buah per pohon dihitung secara manual menggunakan *hand counter*.

**Kandungan klorofil daun.** Kandungan klorofil diukur menggunakan alat Chlorophyllmeter SPAD-502 dengan cara menjepit daun tanaman kopi pada sensor alat tersebut untuk memperoleh kandungan nilai klorofil secara non destruktif. Nilai total kandungan klorofil pada daun dinyatakan dalam satuan  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  dan dihitung menggunakan persamaan [2] seperti yang digunakan Netto et al. ( 2005) sebagai berikut.

$$Y = 44,5885 + 0,7188X + 0,0933X^2 \dots\dots\dots [2]$$

dengan Y = Hasil perhitungan nilai total klorofil dan X = Hasil pembacaan Chlorophyllmeter SPAD-502

**Kerapatan stomata.** Kerapatan stomata diketahui dengan pembuatan replika stomata dengan mengoles bagian bawah daun menggunakan kuteks bening, ditunggu hingga mengering, selanjutnya isolasi bening ditempelkan di atas olesan kuteks, kemudian dilepaskan secara perlahan dan direkatkan pada kaca objek (Haryanti 2010). Perhitungan ini dilakukan sebanyak 1 kali pada 1 daun dalam satu tanaman kopi. Visualisasi replika stomata dilakukan menggunakan mikroskop, kemudian jumlah dan luas bidang pandang replika stomata dapat diketahui menggunakan perangkat lunak Image Raster. Rumus yang digunakan untuk menghitung kerapatan stomata (Willmer dan Fricker 1996), yaitu sebagai berikut [3]:

$$\text{Kerapatan Stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata (sel)}}{\text{Luas bidang pandang (mm}^2\text{)}} \dots\dots\dots [3]$$

**Analisis data**

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis statistika dengan membandingkan *standard error* rata-

rata pada masing-masing nilai rata-rata setiap parameter (Clewer dan Scarisbrick 2001). *Standard error* rata-rata atau *Standard Error of Mean* (SEM) merupakan risiko atau kemungkinan kesalahan dalam pengambilan sampel. Nilai SEM semakin kecil, maka semakin representatif terhadap populasinya. Nilai SEM semakin besar, maka kemungkinan nilai rata-rata dari satu sampel yang dipilih dari suatu populasi juga semakin besar, sehingga akan jauh berbeda dari nilai rata-rata pada populasi yang diamati. Analisis SEM dilakukan menggunakan persamaan [4] seperti yang digunakan Zar (1999) sebagai berikut.

$$SEM = \frac{S}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots [4]$$

dengan S = standar deviasi dari sampel dan n = jumlah sampel

Data juga dianalisis menggunakan analisis korelasi untuk mengetahui tingkat hubungan antar variabel. Dua variabel dikatakan memiliki korelasi jika nilai signifikansi di bawah 0,05 dan 0,01. Analisis korelasi dilakukan menggunakan persamaan yang digunakan Zar (1999) sebagai berikut [5].

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[NX^2 - (\sum X^2)] [NY^2 - (\sum Y^2)]}} \dots\dots\dots [5]$$

dengan X = variabel independen, Y = variabel dependen, dan N = jumlah sampel dan dengan kriteria korelasi:

- 1 = korelasi sempurna
- 1 < r < -0,7 = korelasi kuat
- 0,7 ≤ r < -0,3 = korelasi sedang
- 0,3 ≤ r < 0 = korelasi lemah
- 0 = tidak ada korelasi
- 0 < r ≤ 0,3 = korelasi lemah
- 0,3 < r ≤ 0,7 = korelasi sedang
- 0,7 < r < 1 = korelasi kuat
- 1 = korelasi sempurna

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tanaman kopi pada kedua lahan agroforestri dengan penaung karet dan sengon memiliki umur yang sama, yaitu 10 tahun. Tanaman karet yang dijadikan sebagai penaung berumur sekitar 15 hingga 20 tahun, sedangkan tanaman sengon berumur sekitar 2 hingga 3 tahun. Lahan agroforestri kopi dengan penaung karet dikelola oleh Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember, sedangkan lahan agroforestri kopi dengan penaung sengon dikelola oleh masyarakat atau perorangan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola lahan, kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada lahan agroforestri dengan penaung karet, yaitu pemangkasan tanaman kopi, sedangkan pada lahan agroforestri dengan penaung sengon tidak dilakukan kegiatan pemeliharaan. Produktivitas tanaman kopi dalam satu kali pemanenan pada lahan agroforestri penaung karet dengan luasan lahan sebesar 1 hektar yaitu sebanyak 1,5 – 2 ton. Sedangkan produktivitas tanaman kopi dalam satu kali pemanenan pada lahan agroforestri penaung sengon dengan luasan lahan sebesar 0,15 hektar yaitu sebanyak 50 kg, sehingga jika dikonversikan dalam luasan lahan sebesar 1 hektar akan memiliki hasil panen sebanyak 333 kg.

**Iklim mikro lokasi selama durasi penelitian**

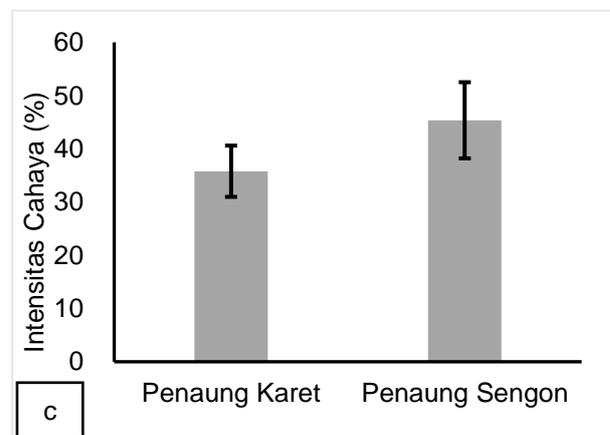
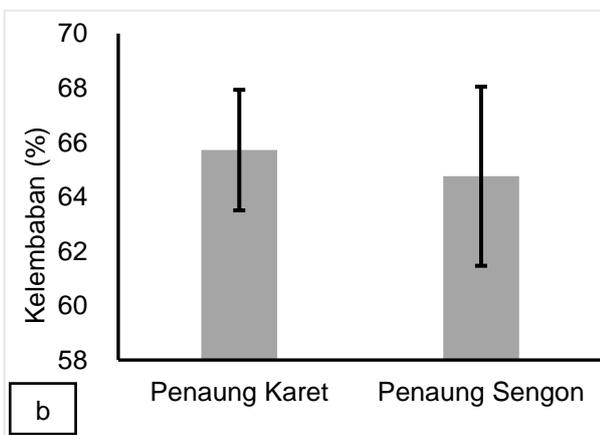
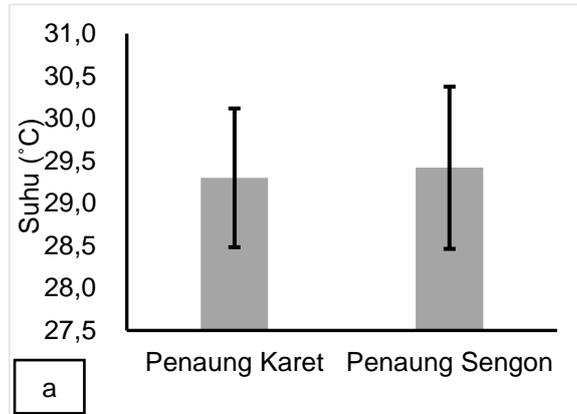
Tanaman kopi robusta dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi lingkungan yang sesuai. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kopi robusta, yaitu berkisar antara 18 – 31°C, tetapi pertumbuhan akan optimal pada suhu berkisar antara 20 – 24°C (Anam et al. 2023). Kondisi suhu pada lahan pengamatan sesuai dengan kisaran suhu yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kopi robusta, yaitu rata-rata sebesar 29,30 – 29,42 °C (Tabel 1). Kelembaban yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kopi robusta, yaitu berkisar antara 45 – 80% (Bare et al. 2022). Kondisi kelembaban pada lahan pengamatan juga sesuai dengan kisaran kelembaban yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kopi robusta, yaitu rata-rata sebesar 64,76 – 65,72%. Intensitas cahaya yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kopi robusta, yaitu berkisar antara 60 – 80%. Kondisi intensitas cahaya pada lahan pengamatan tidak sesuai dengan kisaran intensitas cahaya untuk pertumbuhan tanaman kopi robusta, yaitu rata-rata sebesar 35,79 – 45,36%. Namun, tanaman

kopi robusta pada lahan dapat tetap tumbuh dengan intensitas cahaya yang tidak sesuai dengan pertumbuhan tanaman kopi robusta.

Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya pada kedua lahan agroforestri kopi dengan penayang karet dan sengon tidak berbeda nyata (Gambar 3). Hal tersebut dapat terjadi karena lokasi lahan yang berdekatan sehingga memiliki kondisi lingkungan yang tidak berbeda secara signifikan. Selain itu, lokasi lahan juga memiliki ketinggian tempat yang tidak jauh berbeda, yaitu berada pada ketinggian 360 mdpl untuk lahan agroforestri kopi dengan penayang karet dan sebesar 340 mdpl untuk lahan agroforestri kopi dengan penayang sengon. Oleh karena itu, faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya pada kedua lahan tersebut tidak berbeda secara nyata. Ketinggian tempat sangat berkaitan dengan faktor lingkungan berupa suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Listia et al. 2019).

**Tabel 1.** Data faktor lingkungan di dua lokasi penelitian penayang karet dan sengon

Faktor Lingkungan	Penaung Karet		Penaung Sengon	
	Rentang	Rata-rata	Rentang	Rata-rata
Suhu (°C)	28,79 – 29,78	29,30	29,10 – 29,59	29,42
Kelembaban (%)	64,29 – 66,80	65,72	63,99 – 65,28	64,76
Intensitas Cahaya (%)	34,05 – 38,90	35,79	43,04 – 47,84	45,36



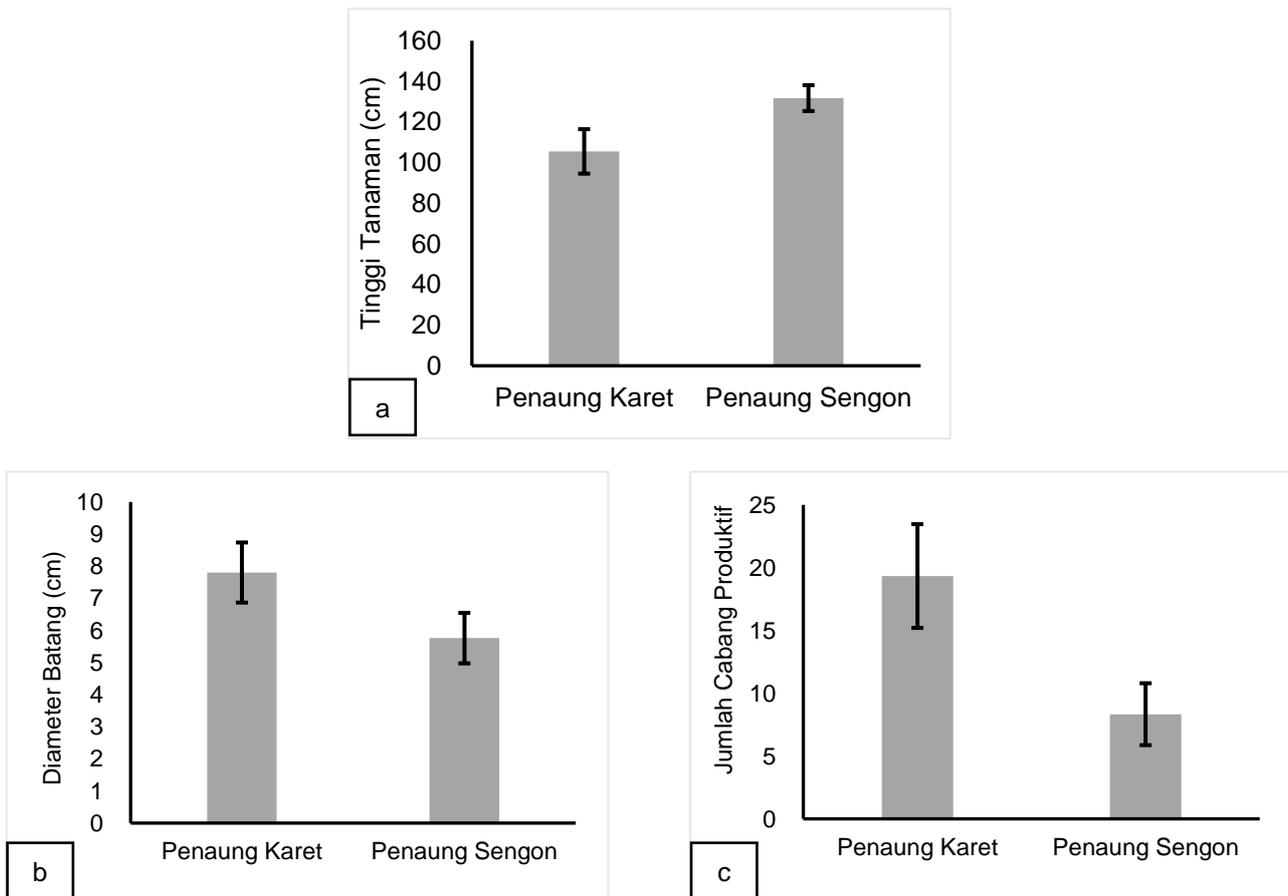
**Gambar 3.** Analisis SEM data (a) Suhu, (b) Kelembaban dan (c) Intensitas Cahaya

Menurut Istiawan dan Kastono (2019) faktor lingkungan pada kedua lahan tersebut juga dapat dipengaruhi oleh karakteristik penayang yang ditanam bersamaan dengan tanaman kopi. Intensitas cahaya pada kedua lahan tidak berbeda nyata, tetapi memiliki selisih yang cukup jauh (Gambar 3c). Lahan agroforestri kopi dengan penayang sengon memiliki intensitas cahaya yang lebih tinggi daripada lahan agroforestri kopi dengan penayang karet (Gambar 3c). Tanaman karet yang dijadikan sebagai penayang pada lahan agroforestri kopi berumur sekitar 15 hingga 20 tahun, sedangkan tanaman sengon yang dijadikan sebagai penayang berumur sekitar 2 hingga 3 tahun. Tanaman sengon yang ditanam sebagai penayang memiliki umur yang masih muda dan tajuk yang terbentuk belum lebat sehingga intensitas cahaya pada lahan agroforestri dengan penayang sengon lebih tinggi jika dibandingkan dengan lahan agroforestri dengan penayang karet. Jenis penayang yang berbeda juga menyebabkan perbedaan intensitas cahaya pada kedua lahan agroforestri kopi. Tanaman sengon memiliki daun majemuk dengan ukuran yang tergolong kecil dan berbentuk lonjong (Warisno dan Dahana 2009). Tanaman karet memiliki daun berbentuk elips, bagian ujung daun meruncing, dan

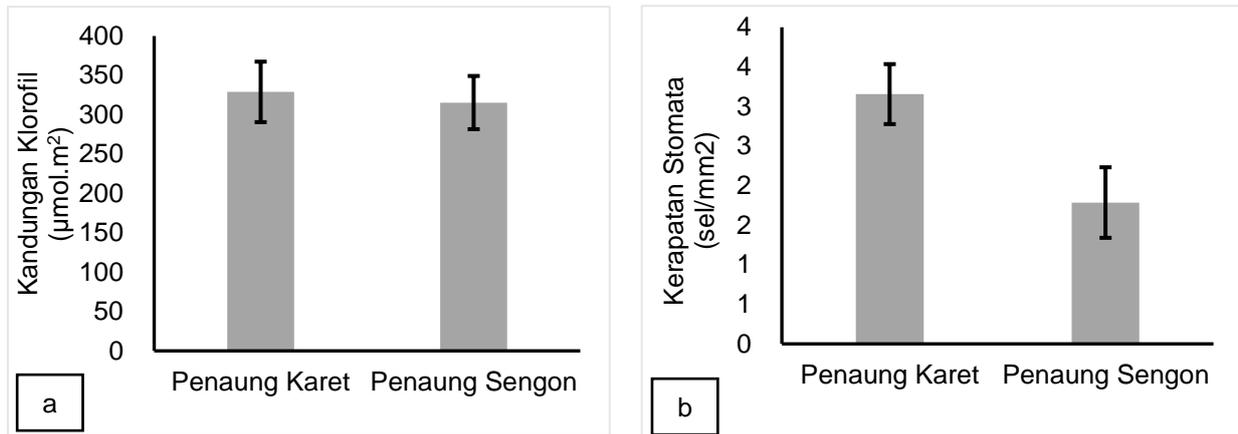
tepi daun rata (Adisa 2023). Tanaman sengon memiliki ukuran daun yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tanaman karet, sehingga cahaya matahari lebih mudah masuk. Tanaman karet memiliki tajuk yang lebih tebal jika dibandingkan dengan tajuk tanaman sengon. Vegetasi dengan tebal tajuk yang tinggi dapat menurunkan intensitas cahaya dan suhu serta meningkatkan kelembaban (Wibowo et al. 2020). Oleh karena itu, lahan agroforestri kopi dengan penayang karet memiliki intensitas cahaya yang lebih rendah daripada lahan agroforestri dengan penayang sengon.

### Karakteristik agronomi tanaman kopi

Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi (Gambar 4a), diameter batang (Gambar 4b) dan jumlah cabang produktif (Gambar 4c), serta kerapatan stomata (Gambar 5b) tanaman kopi pada kedua lahan agroforestri berbeda nyata, sedangkan kandungan klorofil tanaman kopi tidak berbeda nyata (Gambar 5a). Pertumbuhan tanaman kopi dengan naungan karet lebih baik dibanding naungan sengon meski faktor lingkungan keduanya sama. Pertumbuhan tanaman kopi pada kedua lahan agroforestri berbeda nyata diduga akibat perbedaan kegiatan pemeliharaan.



**Gambar 4.** Analisis SEM data (a) Tinggi tanaman kopi (b) Diameter batang kopi dan (c) Cabang produktif tanaman kopi



**Gambar 5.** Analisis SEM kandungan klorofil daun kopi (a) Analisis SEM kerapatan stomata (b)

Tanaman kopi pada lahan agroforestri dengan penaung karet dikelola oleh Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember, sedangkan tanaman kopi pada lahan agroforestri dengan penaung sengon dikelola oleh masyarakat atau perorangan. Perbedaan kepemilikan tersebut dapat menyebabkan kegiatan pemeliharaan dan pengelolaan tanaman yang berbeda, sehingga pertumbuhan tanaman kopi pada kedua lahan agroforestri dengan penaung karet dan sengon dapat dikatakan berbeda nyata. Umumnya kegiatan pemeliharaan oleh Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember dapat dikatakan lebih teratur jika dibandingkan dengan pemeliharaan yang dilakukan oleh masyarakat atau perorangan.

Salah satu kegiatan pemeliharaan tanaman kopi yang dilakukan oleh Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember yaitu teknik pemangkasan. Kegiatan pemeliharaan berupa pemangkasan bertujuan agar tanaman kopi memiliki tinggi yang mudah dijangkau sehingga dapat mempermudah pemeliharaan tanaman, memacu pertumbuhan cabang, mengurangi serangan penyakit, dan mempermudah ketika melakukan pemanenan buah (Khayati et al. 2019). Pemeliharaan tanaman kopi dengan teknik pemangkasan umumnya dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan cabang. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Sinaga dan Tyasmoro (2020), yang menerangkan bahwa pemangkasan dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan cabang-cabang produktif dan menyuburkan hasil buah pada tanaman kopi. Salah satu teknik pemangkasan yang dilakukan pada tanaman kopi, yaitu pemangkasan cabang primer yang bertujuan untuk membentuk pertumbuhan cabang sekunder yang merupakan tempat tumbuhnya buah kopi (Subantoro dan Azis 2019).

Kegiatan pemeliharaan pada tanaman kopi yang dikelola oleh masyarakat atau perorangan umumnya tidak dilakukan secara teratur. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dahang dan Munthe (2020), bahwa masyarakat yang membudidayakan tanaman kopi tidak sepenuhnya melakukan kegiatan pemeliharaan dengan baik, seperti tidak melakukan pemangkasan dan pemupukan. Kegiatan pemeliharaan yang tidak dilakukan dengan

penuh dan sesuai tentunya dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi kurang baik. Dengan demikian, tanaman kopi pada lahan agroforestri dengan penaung sengon yang dikelola oleh perorangan atau masyarakat memiliki pertumbuhan kurang baik daripada tanaman kopi pada lahan agroforestri dengan penaung karet yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember.

Pemilihan bibit atau bahan tanam yang berkualitas dan unggul juga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi. Penggunaan bahan tanam yang unggul termasuk langkah penting dalam budidaya tanaman kopi yang baik (Udayana et al. 2021). Penggunaan bahan tanam yang tidak sesuai dapat menyebabkan produktivitas yang rendah, sehingga pemilihan bibit termasuk dalam hal penting dalam budidaya tanaman kopi. Bibit atau bahan tanam untuk budidaya tanaman kopi yang dilakukan oleh perorangan termasuk bibit lokal dan diperoleh dari kebun masyarakat setempat (Dahang dan Munthe 2020). Budidaya tanaman kopi yang dilakukan oleh pihak perkebunan umumnya menggunakan bibit atau bahan tanam yang unggul dan berkualitas, sehingga dapat dihasilkan produktivitas yang tinggi. Oleh karena itu, tanaman kopi pada lahan agroforestri dengan penaung karet memiliki pertumbuhan yang lebih baik jika dibandingkan dengan tanaman kopi pada lahan agroforestri penaung sengon.

Hasil analisis korelasi yang diikuti oleh tanda bintang menunjukkan adanya korelasi. Faktor lingkungan suhu dan intensitas cahaya mempengaruhi kerapatan stomata tanaman kopi baik pada naungan karet (Tabel 2) atau sengon (Tabel 3) (Ulinnuha et al. 2023). Suhu dan intensitas cahaya dapat mempengaruhi proses membuka dan menutupnya stomata sehingga dapat berpengaruh terhadap tingkat transpirasi pada tanaman. Cahaya matahari dapat merangsang sel penutup untuk menyerap ion  $\text{K}^+$  dan air sehingga stomata membuka (Setiawati dan Syamsi 2019). Hal tersebut juga sejalan dengan pendapat Silaen (2021), cahaya matahari menyebabkan stomata terbuka sehingga proses transpirasi dapat terjadi. Proses transpirasi beriringan dengan terjadinya pengangkutan air dan zat hara terlarut pada tanaman, sehingga fotosintesis dapat berlangsung.

Suhu dan intensitas cahaya termasuk faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses fisiologi pada tanaman. Menurut Rosnir et al. (2019), suhu dan intensitas cahaya dapat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui proses reaksi biokimia dan fisiologi berupa fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses perubahan senyawa organik berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O menjadi senyawa organik lain yaitu karbohidrat dan O<sub>2</sub> dengan bantuan sinar matahari (Juanda DJS et al. 2020). Intensitas cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara langsung melalui proses fotosintesis, mekanisme pembukaan dan penutupan stomata, sintesis klorofil, serta diferensiasi sel berupa pertumbuhan tinggi, diameter, struktur batang dan daun (Mayasari et al. 2023).

Proses fotosintesis juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa suhu. Fotosintesis termasuk suatu proses yang memerlukan enzim, yang mana kinerja enzim dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa suhu (Saputri et al. 2022). Hasil dari proses fotosintesis berupa energi yang tersimpan dalam senyawa organik berfungsi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, termasuk pembentukan klorofil dan stomata, serta pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan cabang tanaman. Klorofil dan stomata memiliki peran penting dalam proses fotosintesis tanaman. Klorofil berfungsi untuk menyerap cahaya matahari dan stomata berfungsi sebagai tempat pertukaran CO<sub>2</sub> yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis (Dama et al. 2020).

**Tabel 2.** Analisis korelasi variabel iklim mikro terhadap variabel agronomi dan fisiologi kopi pada lahan penang karet

Variabel Iklim Mikro	Analisis	Tinggi Tanaman	Diameter Batang	Cabang Produktif	Kandungan Klorofil	Kerapatan Stomata
Suhu	<i>Pearson Correlation</i>	0,979	0,995	0,894	0,973	0,861
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,131	0,065	0,295	0,148	0,339
	<i>N</i>	3	3	3	3	3
Kelembapan	<i>Pearson Correlation</i>	-0,908	-0,992	-0,972	-1,000**	-0,954
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	-0,275	0,080	0,151	0,004	0,195
	<i>N</i>	3	3	3	3	3
Intensitas Cahaya	<i>Pearson Correlation</i>	0,756	0,919	0,999*	0,963	1,000*
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,454	0,259	0,028	0,175	0,016
	<i>N</i>	3	3	3	3	3

Keterangan: \*\*Korelasi signifikan pada 0,01 level (2-tailed); \* Korelasi signifikan pada 0,05 level (2-tailed)

**Tabel 3.** Analisis korelasi variabel iklim mikro terhadap variabel agronomi dan fisiologi kopi pada lahan penang sengon

Variabel Iklim Mikro	Analisis	Tinggi Tanaman	Diameter Batang	Cabang Produktif	Kandungan Klorofil	Kerapatan Stomata
Suhu	<i>Pearson Correlation</i>	0,759	0,931	0,779	0,981	1,000*
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,452	0,237	0,431	0,124	0,019
	<i>N</i>	3	3	3	3	3
Kelembapan	<i>Pearson Correlation</i>	-0,996	-0,909	-0,992	-0,821	-0,715
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,060	0,274	0,080	0,387	0,493
	<i>N</i>	3	3	3	3	3
Intensitas Cahaya	<i>Pearson Correlation</i>	0,987	0,984	0,992	0,938	0,868
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,102	0,113	0,081	0,226	0,331
	<i>N</i>	3	3	3	3	3

Keterangan: \*\*Korelasi signifikan pada 0,01 level (2-tailed); \* Korelasi signifikan pada 0,05 level (2-tailed)

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kelembaban mempengaruhi kandungan klorofil tanaman kopi (Tabel 2). Kelembaban termasuk salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses fisiologi berupa transpirasi pada tanaman. Transpirasi merupakan proses menguapnya air ( $H_2O$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ) melalui stomata dan lentisel (Silaen 2021). Tingkat transpirasi pada tanaman dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa kelembaban. Menurut Hopkins dan Hüner (2008), kelembaban mempengaruhi tingkat transpirasi karena dapat menentukan tingkat difusi air yang menguap di antara ruang udara bagian dalam stomata dan udara bebas atau atmosfer. Laju transpirasi dapat mempengaruhi tingkat pengangkutan air dan zat hara. Menurut Silaen (2021), semakin cepat laju transpirasi, maka pengangkutan air dan zat hara terlarut pada tanaman juga akan semakin cepat, begitu pula sebaliknya.

Proses transpirasi menyebabkan terjadinya aliran air yang berlangsung dari akar, batang, dan daun sehingga aliran tersebut dapat membantu proses penyerapan dan transportasi air tanah di dalam tanaman (Silaen 2021). Proses transpirasi yang beriringan dengan hilangnya air melalui daun dapat menyebabkan pergerakan air dari tanah ke akar maupun dari akar ke bagian tanaman yang lain. Proses transpirasi pada tanaman dapat dipengaruhi oleh kelembaban. Menurut Ulinnuha dan Farid (2023), kelembaban yang rendah dapat menyebabkan proses transpirasi menjadi berlebih atau meningkat. Ketika proses transpirasi meningkat, maka pengangkutan air dan zat hara pada tanaman juga semakin meningkat sehingga fotosintesis pada tanaman dapat berlangsung. Ketika proses fotosintesis berlangsung, maka tanaman dapat melakukan pertumbuhan termasuk pembentukan klorofil.

Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi suhu terhadap kerapatan stomata bernilai positif (Tabel 3). Hal tersebut sesuai dengan pendapat Sundari dan Atmaja (2011), bahwa semakin tinggi suhu, maka kerapatan stomata akan semakin meningkat. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saputri et al. (2022), bahwa semakin tinggi suhu maka laju fotosintesis akan meningkat, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman termasuk pembentukan klorofil serta stomata akan meningkat. Peningkatan suhu juga dapat mempengaruhi berlangsungnya aktivitas enzim, sehingga proses fotosintesis dapat meningkat (Andriani dan Karmila 2019). Dengan demikian, faktor lingkungan berupa suhu dapat mempengaruhi proses fotosintesis yang hasilnya dapat digunakan untuk pembentukan klorofil dan stomata serta pertumbuhan dan perkembangan tinggi, diameter batang, dan cabang tanaman.

Korelasi intensitas cahaya bernilai positif terhadap jumlah cabang produktif dan kerapatan stomata (Tabel 2). Hal tersebut selaras dengan pendapat Mayasari et al. (2023), bahwa intensitas cahaya yang rendah dapat menurunkan laju fotosintesis karena energi yang diterima tanaman berkurang. Ketika intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman meningkat, maka laju fotosintesis juga akan meningkat. Proses transpirasi juga dapat meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman.

Semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman, maka laju transpirasi akan semakin tinggi (Silaen 2021). Dengan demikian, intensitas cahaya dapat mempengaruhi fotosintesis dan transpirasi pada tanaman. Ketika tanaman dapat melakukan fotosintesis dan transpirasi, maka tanaman dapat melakukan pertumbuhan dan perkembangan tinggi, diameter batang, jumlah cabang produktif, kandungan klorofil, dan kerapatan stomata.

Korelasi kelembaban bernilai negatif terhadap kandungan klorofil (Tabel 2). Kelembaban yang tinggi akan menghambat transpirasi, sedangkan kelembaban yang rendah akan meningkatkan transpirasi (Silaen 2021). Ketika laju transpirasi meningkat maka pengangkutan air dan zat hara untuk proses fotosintesis juga akan semakin cepat. Dengan demikian, kelembaban dapat mempengaruhi laju transpirasi yang menyebabkan peningkatan pengangkutan air dan zat hara untuk proses fotosintesis. Ketika terjadi peningkatan pengangkutan air dan zat hara, maka laju fotosintesis akan semakin cepat dan hasilnya dapat digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman termasuk pembentukan klorofil pada daun.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu, kelembaban dan intensitas cahaya pada dua tipe penabung tidak berbeda secara signifikan. Sedangkan karakteristik agronomi kopi pada dua tipe penabung berbeda secara signifikan yang mana tinggi, jumlah cabang produktif, jumlah klorofil, dan kerapatan stomata tanaman kopi pada penabung karet lebih tinggi dibanding tanaman kopi pada penabung sengon. Faktor lingkungan suhu dan intensitas cahaya pada kedua lahan agroforestri dengan penabung karet dan sengon berkorelasi positif terhadap jumlah cabang produktif dan kerapatan stomata tanaman kopi. Sedangkan kelembaban berkorelasi negatif terhadap kandungan klorofil.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengelola Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Jember yang telah memberikan izin penelitian. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada Zuyyina Hafsa Salsabila dan Falzah Riski Khoirotul Aini yang telah memberikan bantuan lapangan yang sangat berharga untuk riset ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisa V. 2023. Budidaya pohon karet dengan mudah dan praktis. Monica, editor. Yogyakarta (ID): Pustaka Referensi.
- Agustiningih R, Suhartoyo H, Suharto E. 2022. Pengaruh naungan terhadap kualitas bubuk kopi pada lahan agroforestri. *J Glob For Environ Sci.* 2(2):56–60.
- Anam K, Sirappa MP, Sangkala, Nurwahyuningsih, Meilin A, Marda AB, Irawan NC, Handayani HT, Masrika NUE. 2023. Budidaya tanaman kopi dan budidayanya untuk kesehatan. Baguna FL, editor. Makassar (ID): CV. Tohar Media.

- Andriani V, Karmila R. 2019. Pengaruh temperatur terhadap kecepatan pertumbuhan kacang tolo (*Vigna sp.*). STIGMA J Mat dan Ilmu Pengetah Alam Unipa. 12(1):49–53. <https://doi.org/10.36456/stigma.vol12.no01.a1861>.
- Baliza DP, Cunha RL, Guimarães RJ, Barbosa JPRAD, Ávila FW, Passos AMA. 2012. Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. *Agrária Rev Bras Ciências Agrárias*. 7(1):37–43. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i1a1305>.
- Bare Y, Timba F, Sari D, Nurak M. 2022. Kajian molekuler farmakoinformatika kulit kopi sebagai antivirus COVID-19. Pekalongan (ID): Penerbit NEM.
- [BPS Jember] Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. 2021. Luas panen rata-rata produksi dan total produksi padi menurut kecamatan di Kabupaten Jember, 2020. Jember (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. [diakses 2023 Mar 30]. <https://jemberkab.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjgxIzE=/luas-panen-rata-rata-produksi-dan-total-produksi-padi-menurut-kecamatan-di-kabupaten-jember--2020.html>.
- [BPS Jember] Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. 2023. Kabupaten Jember dalam angka 2023. Jember (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember.
- Budiono R, Sugiarti D, Nurzaman M, Setiawati T, Supriatun T, Mutaqin AZ. 2016. Kerapatan stomata dan kadar klorofil tumbuhan *Clausena excavata* berdasarkan perbedaan intensitas cahaya. In: Nurcahyanto G, Kartikasari S, editor. Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek 2016; Isu-Isu Kontemporer Sains, Lingkungan, dan Inovasi Pembelajarannya; 21 Mei 2016, ID, Surakarta. Surakarta (ID): Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Surakarta. hal. 61–65.
- Clewer AG, Scarisbrick DH. 2001. Practical statistics and experimental design for plant and crop science. Chichester (UK): John Wiley & Sons Ltd.
- Dahang D, Munthe KPSM. 2020. Pengaruh teknik budidaya terhadap produksi kopi (*Coffea spp. L.*) masyarakat Karo. *J Agroteknosains*. 4(2):47–62.
- Dama H, Aisyah S, Sudarsono, Dewi A. 2020. Respon kerapatan stomata dan kandungan klorofil padi (*Oryza sativa L.*) mutan terhadap toleransi kekeringan. *J Ilm Apl Isot dan Radiasi*. 16(1):1–6.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. Pengukuran 'karbon tersimpan' di berbagai macam penggunaan lahan. Bogor (ID): World Agroforestry Centre - ICRAF, Kantor regional Asia Tenggara, Universitas Brawijaya Indonesia.
- Haryanti S. 2010. Jumlah dan distribusi stomata pada daun beberapa spesies tanaman dikotil dan monokotil. *Bul Anat dan Fisiol*. 18(2):21–28.
- Hopkins WG, Hüner NPA. 2008. Introduction to plant physiology. 4th ed. London (UK): Jhon Wiley and Sons.
- Istiawan ND, Kastono D. 2019. Pengaruh ketinggian tempat tumbuh terhadap hasil dan kualitas minyak cengkik (*Syzygium aromaticum (L.) merr* di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo. *J Veg*. 8(1):27–41.
- Juanda DJS A, Roosmawati F, Haswen K. 2020. Analisa jumlah klorofil daun terhadap produksi kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) pada elevasi 300-600 mdpl di Kebun Pabatu. *BEST J Biol Educ Sains Technol*. 3(2):126–133.
- Khayati N, Wachjar A, Sudarsono. 2019. Pengelolaan pemangkasan tanaman kopi arabika (*Coffea arabica L.*) di Kebun Kalisat Jampit, PT Perkebunan Nusantara XII (Persero), Bondowoso, Jawa Timur. *Bul Agrohorti*. 7(3):295–301. <https://doi.org/10.29244/agrob.v7i3.30531>.
- Listia E, Pradiko I, Syarovy M, Hidayat F, Ginting EN, Farrasati R. 2019. Pengaruh ketinggian tempat terhadap performa fisiologis tanaman kelapa sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*). *J Tanah dan Iklim*. 43(1):33–42. <https://doi.org/10.21082/jti.v43n1.2019.33-42>.
- Mayasari S, Sudiarti, Yushardi. 2023. Analisis hubungan intensitas panas energi matahari dengan proses fotosintesis pada tanaman padi. *J Mekanova Mek Inovasi, dan Teknol*. 9(1):70–76.
- Netto AT, Campostrini E, Oliveira JG de, Bressan-Smith RE. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 104(2):199–209. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.08.013>.
- Paluvi N, Mukarlina, Linda R. 2015. Struktur anatomi daun , kantung dan sulur *Nepenthes gracilis* Korth. yang tumbuh di area intensitas. *Protobiont*. 4(1):103–107.
- Rohdiana D, Suganda DA. 2023. Pelatihan budi daya tanaman kopi di Desa Mekarmanik Kecamatan Cimencyan Kabupaten Bandung. *Amaliah J Pengabdian Kpd Masy*. 7(2):324–328.
- Rosniar N, Perdana I, Hamama SF. 2019. Klasifikasi jenis serangga dan peranannya pada tanaman kopi di Kampung Kenawat - Bener Meriah. In: Nurrahmah, Nur DR, Rahim R, Handayani L, Rahmawati C, Naufal A, Mirdayanti R, editor. Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA; Peran Pendidikan Tinggi dalam Mencetak SDM yang Kompetitif Di Era Revolusi Industri 4.0. Aceh besar (ID): LPPM Universitas Abulyatama. hal. 264–272.
- Saputri NVC, Surbakti DKB, Tarmizi AD, Supriatno B, Anggraeni S. 2022. Desain eksperimen fotosintesis pengaruh suhu bermuatan literasi kuantitatif. *J Basicedu*. 6(4):7608–7618. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3482>.

- Setiawati T, Syamsi IF. 2019. Karakteristik stomata berdasarkan estimasi waktu dan perbedaan intensitas cahaya pada daun *Hibiscus tiliaceus* Linn. di Pangandaran, Jawa Barat. *J Pro-Life*. 6(2):148–159.
- Silaen S. 2021. Pengaruh transpirasi tumbuhan dan komponen di dalamnya. *Agroprimattech*. 5(1):14–20. <https://doi.org/10.34012/agroprimattech.v5i1.2081>.
- Sinaga AP, Tyasmoro SY. 2020. Pengaruh taraf naungan dan pemangkasan terhadap produksi tanaman kopi arabika (*Coffea arabica* L.) di UB Forest Malang. *J Produksi Tanam*. 8(2):182–191.
- Subantoro R, Azis MA. 2019. Teknik pemangkasan tanaman kopi (*Coffea* sp). *Mediagro J Ilmu-Ilmu Pertan*. 15(1):52–65.
- [BPS] Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan Badan Pusat Statistik. 2023. Statistik kopi Indonesia 2022. Volume 7. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik (BPS).
- Suherman, Millang S, Asrul L. 2016. Respon morfofisiologi, fenologi, dan produksi tanaman kopi terhadap berbagai naungan dalam sistem agroforestri di Kabupaten Enrekang. *J Sains dan Teknol*. 16(2):197–202.
- Sundari T, Atmaja RP. 2011. Bentuk sel epidermis, tipe dan indeks stomata 5 genotipe kedelai pada tingkat naungan berbeda. *J Biol Indones*. 7(1):67–79.
- Suwarto, Octavianty Y, Hermawati S. 2014. Top 15 tanaman perkebunan. Pertama. Nugroho S, editor. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Udayana IGB, Situmeang YP, Mangku IGP, Suriati L, Sudita IDN, Sanjaya IGMP. 2021. Standar operasional prosedur (SOP) budidaya kopi arabica yang baik *good agriculture practices* (GAP). Sulistiawati NPA, editor. Surabaya (ID): Scopindo Media Pustaka.
- Ulinuha Z, Sarjito A, Farid N. 2023. Pengaruh kelembaban media terhadap pertumbuhan dan transpirasi lima varietas anggrek dendrobium. *Agromix*. 14(1):96–103. <https://doi.org/10.35891/agx.v14i1.3014>.
- Warisno, Dahana K. 2009. Investasi sengan : Langkah praktis membudidayakan pohon uang. Pertama. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Wibowo FAC, Putri RSM, Syarifuddin A, Muttaqin T. 2020. Sistem perbaikan ekofisiologi (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) di Kecamatan Wagir, Malang. *J Hutan Trop*. 8(2):161–171. <https://doi.org/10.20527/jht.v8i2.9063>.
- Widiyani DP, Hartono JSS. 2021. Studi eksplorasi agroklimat tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) Kabupaten Tanggamus, Lampung. *Agrinika*. 5(1):20–29.
- Willmer C, Fricker M. 1996. Stomata. 2nd ed. London (UK): Chapman & Hall.
- Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. Upper Saddle River (US): Prentice Hall.