

Produktivitas Kopi Arabika (*Coffea arabica* Linden.) pada Penaung Berbeda di Hutan Lindung Desa Sukalaksana Kabupaten Garut

(Productivity of Arabica Coffee [Coffea arabica Linden.] in Different Shade in the Protected Forest of Sukalaksana Village, Garut Regency)

Sri Wilujeng^{1*}, Ina Darliana¹, Syahrul Safari¹

¹ Fakultas Kehutanan Universitas Winaya Mukti, Jl. Raya Bandung - Sumedang KM. 29 Tanjungsari, Sumedang, Jawa Barat, 45362

E-mail: sriwilujeng2206@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Submitted: March 5, 2024

Accepted: May 30, 2024

Published: July 3, 2024

Keywords:

agroforestry,
branch-free,
bole height,
coffee farmers

ABSTRACT

The protected forest area managed by Perum Perhutani in Sukalaksana village is dominated by pine trees (*Pinus merkusii*) and rasamala trees (*Altingia excelsa*). Coffee farmers in Sukalaksana village grow arabica coffee using an agroforestry system under pine and rasamala stands within the framework of joint forest management. So that the arabica coffee commodity can have optimal economic value, coffee farmers in Sukalaksana village need to observe the productivity of arabica coffee plants. The research location is in the protected forest area of Sukalaksana village, Talegong district, Garut Regency. The object of observation was the soil in coffee plantations, Timtim varieties of arabica coffee plants, planted using an agroforestry system with rasamala trees and pine trees as shade. Data were analyzed descriptively using an uncorrelated t-test and linear regression analysis. Descriptively, there is no difference in the fertility level of coffee planting soil on land shaded by rasamala and land shaded by pine. The productivity of coffee plants under the rasamala shade is higher than that of coffee plants under the pine shade. This is caused by significant differences in the branch-free bole height of shade trees. The rasamala shade has its first crown branch, which is higher than the pine shade.



Copyright © 2024 Author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman paling populer di dunia dan menjadi komoditas dengan permintaan pasar tertinggi setelah minyak mentah (Bosso et al., 2021). Bagi pasar global, kopi bukan hanya sekedar minuman, tetapi sudah menjadi ikon pasar global. Pada awal, kopi dikonsumsi karena khasiat yang memberi energi dan memiliki manfaat medis. Kemudian saat ini, kopi telah berkembang dari simbol spiritual menjadi minuman yang mewakili penaklukan, kemandirian, intelektualitas, keramahtamahan, hedonisme, budaya tandingan, kemakmuran, gaya hidup kosmopolitan dan keterampilan (Triolo et al., 2023).

Kopi sebagai ikon pasar global, menjadikan komoditas andalan petani saat ini karena memiliki nilai ekonomis tinggi, pasar yang menjanjikan dan kelayakan pengembangan bisnis

yang telah diuji (Azhar et al., 2021). Sebagian besar spesies kopi tumbuh di daerah tropis dan subtropis, diantaranya di wilayah Ethiopia, Jamaika, India, Sudan dan Indonesia. Habitat utama kopi meliputi hutan, semi hutan, kebun dan perkebunan. Di hutan, kopi ditanam dengan pola agroforestri dengan pohon penaung yang sudah tersedia untuk menghindari biaya produksi yang tinggi dan diversifikasi hasil hutan (Weyesa & Tilahun, 2021).

Salah satu spesies kopi yang disukai konsumen karena memiliki cita rasa khas adalah kopi arabika (*Coffea arabica* Linden.) (Assa et al., 2021). Produktivitas kopi arabika sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, termasuk kesuburan tanah dan teknik budidaya. Berdasarkan (Marbun et al., 2020), menyatakan bahwa beberapa sifat fisik dan kimia tanah yang menentukan kesuburan tanah sebagai media pertanaman kopi arabika antara lain tekstur tanah, kapasitas tukar kation, C-organik, P-total dan K-total. Perlakuan teknik budidaya yang berpengaruh terhadap produktivitas kopi arabika di Gayo adalah pemangkasan, penggunaan penaung dan pemupukan (Karim et al., 2021).

Di Indonesia, kopi arabika banyak ditanam di hutan milik negara dengan tumbuhan berkayu yang sudah tersedia sebagai penaung. Penanaman kopi arabika ini menggunakan sistem agroforestri yakni penanaman kopi arabika di sela tumbuhan hutan. Menurut (Piato et al., 2021), sistem agroforestri dapat mengakomodir tujuan penanaman kopi dan memelihara keseimbangan ekosistem hutan. Hal ini selaras dengan hasil penelitian (Alvarez-Alvarez et al., 2021), bahwa penanaman kopi di hutan dengan penaung tumbuhan berkayu yang sudah terdapat di hutan, merupakan bentuk konservasi keanekaragaman hayati.

Analisis pengaruh penaung terhadap hasil kopi menunjukkan bahwa jumlah bunga kopi meningkat dan kehilangan buah kopi menurun selama tahap pematangan pada intensitas naungan ringan (Rigal et al., 2019). Pohon penaung pada sistem budidaya kopi di seluruh dunia bermanfaat terhadap konservasi keanekaragaman hayati, penyangga iklim, penyerapan karbon dan pengendalian hama dan patogen. Pohon penaung juga mampu mempengaruhi status unsur hara tanah melalui masukan serasah dan fiksasi nitrogen. Unsur hara tanah mempengaruhi kualitas dan rasa kopi, sehingga terdapat juga potensi pengaruh tidak langsung dari spesies pohon penaung terhadap kualitas kopi (Getachew et al., 2023). Persentase penutupan yang tinggi memiliki pengaruh negatif terhadap pertumbuhan produktivitas kopi. Pengelolaan penutupan naungan diperlukan untuk menekan serangan penyakit tanaman kopi, menekan efek alelopati terhadap tanaman kopi dan menciptakan iklim mikro yang kondusif bagi tanaman kopi (Durand-Bessart et al., 2020). Menurut (Sebuliba et al., 2021), karakteristik pohon penaung terbaik bagi tanaman kopi arabika di Uganda Timur adalah pohon yang dapat tumbuh cepat, ukuran daun kecil, tajuk lebar, selalu hijau sepanjang tahun dan tinggi pohon sedang.

Silva et al. (2022) membuat kategori tiga karakteristik dari variabel produksi kopi (*Coffea canephora*) di Amazon Barat yakni karakteristik arsitektur, karakteristik produksi dan karakteristik kekuatan tanaman. Karakteristik arsitektur dideskripsikan oleh variabel tinggi tanaman, panjang daun, panjang cabang plagiotropik, jarak antar roset. Karakteristik produksi dideskripsikan oleh variabel jumlah buah per roset, jumlah hari pematangan buah dan jumlah buah per tanaman. Karakteristik kekuatan dideskripsikan oleh variabel jumlah cabang plagiotropik produktif dan jumlah roset per plagiotropik cabang. Berdasarkan kategori tersebut, variabel produktivitas dapat dideskripsikan dari karakteristik produksi dan karakteristik kekuatan tanaman. Parameter jumlah buah per tanaman merupakan representasi dari karakteristik produksi

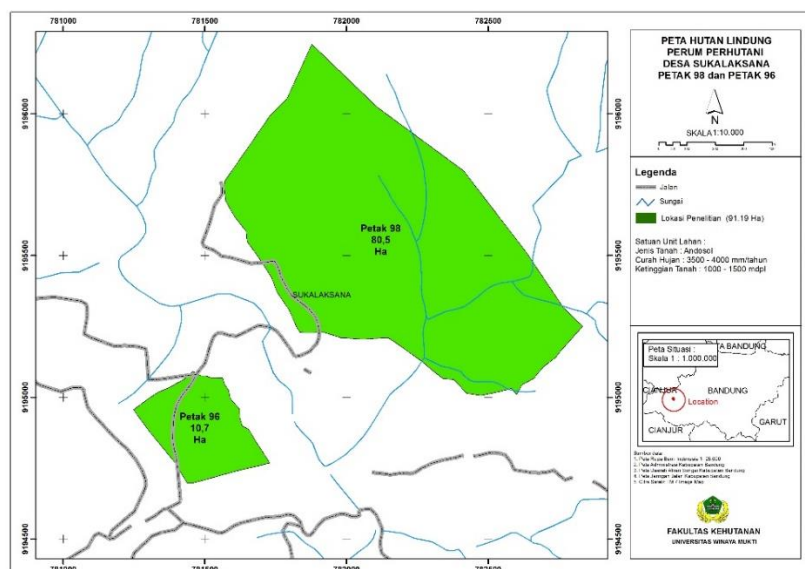
serta parameter jumlah dan panjang cabang produktif merupakan representasi dari karakteristik kekuatan tanaman.

Kawasan hutan lindung di desa Sukalaksana didominasi oleh pohon pinus (*Pinus merkusii*) dan pohon rasamala (*Altingia excelsa*). Masyarakat Desa Sukalaksana Kecamatan Talegong Kabupaten Garut menanam kopi arabika di bawah tegakan pinus dan rasamala di hutan lindung. Upaya tersebut berkembang dan mendapat dukungan dari Perum Perhutani sebagai pemegang Hak Pengelolaan Hutan dalam kerangka Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM).

Untuk dapat meningkatkan nilai ekonomi komoditas kopi arabika di Desa Sukalaksana diperlukan pengamatan mengenai produktivitas tanaman kopi dibawah spesies naungan yang berbeda. Berdasarkan hal ini, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas kopi arabika pada penangun berbeda di Hutan Lindung Desa Sukalaksana Kabupaten Garut

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di kawasan hutan lindung desa Sukalaksana kecamatan Talegong kabupaten Garut, masuk ke dalam wilayah kerja Perum Perhutani Divisi Regional Jabar & Banten. Petak yang digunakan untuk penelitian yaitu petak 96 dengan luas 10,7 ha dan petak 98 dengan luas 80,5 ha. Pengamatan di lapangan dilakukan selama dua bulan, pada Juli – Agustus 2023. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS, hagameter, thermohigrometer dan pita ukur. Obyek pengamatan adalah tanaman kopi arabika berumur 8 tahun varietas Timtim, ditanam dengan sistem agroforestri dengan pohon rasamala dan pohon pinus sebagai penangun. Untuk memudahkan pemanenan buah kopi, tanaman dipangkas setinggi $\pm 1,5$ m. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Pengumpulan data dirancang menggunakan plot sampling berukuran 20 m x 20 m secara sistematis. Plot sampling diletakkan pada petak 96 seluas 10 ha dengan pohon penangun rasamala berumur 24 tahun dan petak 98 seluas 80 ha dengan pohon penangun pinus berumur 24 tahun. Pada petak 96 diperoleh 5 plot sampling, sementara pada petak 98 diperoleh 6 plot sampling. Sampling tanaman kopi dan pohon penangun diambil secara acak masing-masing sebanyak 7 tanaman setiap

plot sampling, sehingga total jumlah sampel yang digunakan adalah 77 pohon sampling kopi dan 77 pohon sampling penaung.

Data parameter produktivitas tanaman kopi arabika yang dikumpulkan adalah jumlah cabang produktif per pohon, panjang cabang produktif per pohon, dan jumlah buah per pohon. Parameter pohon penaung yang dikumpulkan adalah tinggi bebas cabang yang diukur menggunakan hagameter. Sampling tanah diambil secara komposit di masing-masing lokasi penanaman kopi. Data unsur iklim mikro yang diambil adalah suhu dan kelembaban udara. Pengukuran dilakukan menggunakan thermohigrometer sebanyak tiga ulangan yaitu pada posisi bawah, tengah dan atas/tajuk pohon di pukul 07.00–08.00, pukul 12.00–13.00, dan pukul 16.00–17.00 selama penelitian.

Sampling tanah dianalisis oleh Laboratorium Balittanah. Data produktivitas tanaman kopi arabika ini dianalisis dengan uji t tidak berkorelasi untuk membandingkan parameter produktivitas tanaman kopi pada pohon penaung yang berbeda dan tinggi bebas cabang pohon penaung. Analisis regresi linier untuk melihat pengaruh parameter jumlah cabang produktif dan panjang cabang produktif terhadap parameter jumlah buah. Analisis data menggunakan SPSS versi 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hutan lindung di desa Sukalaksana berada pada ketinggian 1000–1500 m dpl, dengan curah hujan 3500–4000 mm.tahun⁻¹ dan jenis tanah andosol. Masyarakat setempat menanam kopi arabika varietas Timtim dengan sistem *agroforestry* sejak 8 tahun yang lalu. Pohon penaung yang sudah ada adalah rasamala dan pinus yang berusia 24 tahun. Hasil analisis tanah di lokasi penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis tanah di lokasi penaung rasamala dan penaung pinus

Parameter	Lokasi Pengamatan	
	Penaung Rasamala	Penaung Pinus
Tekstur: Pasir (%)	8	16
Debu (%)	28	22
Liat (%)	64	62
(Kelas Tekstur)	Liat (clay)	Liat (clay)
pH (H ₂ O)	6,3 (AM)	5,7 (AM)
(KCl)	4,8	5,1
C-organik (%)	4,08 (ST)	4,51 (ST)
Nitrogen (%)	0,29 (S)	0,30 (S)
C/N	14 (S)	15 (S)
P-total (mg.100 g ⁻¹)	43 T	243 ST
K-total (me.100 g ⁻¹)	73 ST	50 T
P-tersedia (Olsen) ppm	27 ST	35 ST
P-tersedia (Bray I) ppm	28,3 ST	23,3 ST
K-tersedia (Morgan) ppm	697 ST	487 ST
Nilai tukar kation (KTK): Ca	17,52T	15,41T
Mg	5,09 T	3,97 T
K	1,38 ST	0,91 T
Na	0,39 S	0,33 R
Jumlah kation basa	24,38	20,62
KTK (cmol (+) kg ⁻¹)	28,46 T	29,41T
KB (%)	86 ST	70T
Al ³⁺	0,00	0,00
H ⁺	0,00	0,48

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium Balittanah Bogor

Keterangan: AM =agak masam; R = rendah; S = sedang; T = tinggi; ST = sangat tinggi

Kandungan bahan organik tanah dinyatakan dalam persentase C-organik. Hasil analisis menunjukkan bahwa C-organik tanah di kedua lokasi sangat tinggi. Kandungan nitrogen (N) tanah termasuk kriteria sedang, fosfor (P) total maupun tersedia sangat tinggi. Status P dan kalium (K) dalam tanah dinyatakan dalam bentuk total atau tersedia. P-tersedia di kedua lokasi tersebut sebesar 28,3 dan 23,3 ppm (sangat tinggi), meskipun pH relatif agak masam, sedangkan Al^{3+} tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa fosfat tersedia tidak terfiksasi oleh Al, sehingga mudah diserap tanaman. Berdasarkan sifat-sifat kimia tanah tersebut dapat disimpulkan bahwa tanah di kedua lokasi mempunyai status kesuburan tinggi.

Hasil penelitian di lahan kopi Ethiopia menunjukkan bahwa pH tanah, konsentrasi Nitrogen, konsentrasi P, konsentrasi K dan persentase bahan organik berbeda signifikan pada tanah di bawah pohon penaung dibandingkan dengan tanah terbuka tanpa pohon penaung. Angka-angka parameter tersebut lebih besar pada tanah yang ternaungi (Etafa, 2022). Setiap spesies pohon penaung memiliki pengaruh yang berbeda terhadap tanah pertanaman kopi. Terdapat dampak negatif yang signifikan pada spesies pohon penaung pengikat N terhadap pH tanah dan konsentrasi kation basa. Kehadiran pohon penaung *Albizia gummifera* L. berpengaruh positif karena dapat meningkatkan keberadaan hara P pada tanah pertanaman kopi (Getachew et al., 2023). Di hutan lindung desa Sukalaksana, pohon penaung pinus dan pohon penaung rasamala tidak memiliki perbedaan pengaruh terhadap kesuburan tanah pertanaman kopi.

Tingkat produktivitas tanaman kopi dalam hal ini ditunjukkan oleh parameter panjang cabang produktif per pohon, jumlah cabang produktif per pohon dan jumlah buah per pohon. Tinggi bebas cabang pohon penaung dapat menunjukkan besar jarak antara cabang tajuk pertama pohon penaung dengan permukaan tertinggi daun tanaman kopi. Perbedaan parameter produktivitas tanaman kopi karena perbedaan pohon penaung dan perbedaan tinggi bebas cabang pohon penaung disajikan pada Tabel 2.

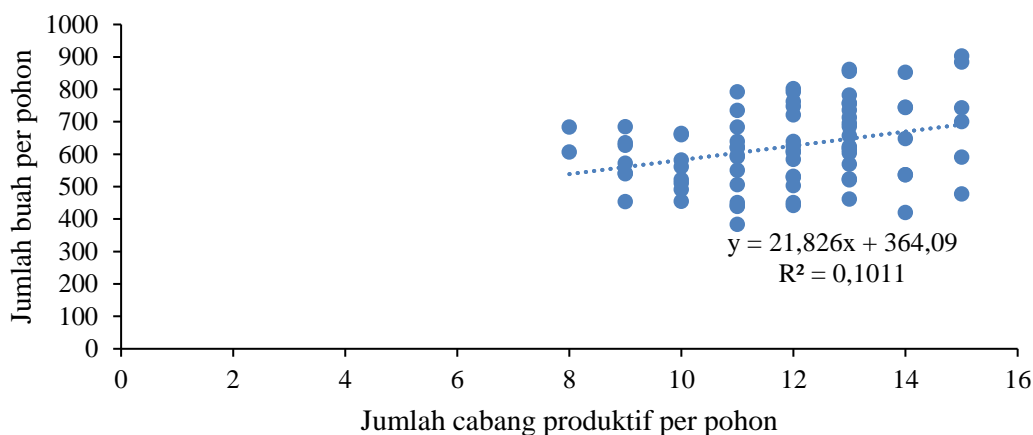
Tabel 2. Perbedaan parameter produktivitas tanaman kopi dan perbedaan tinggi bebas cabang pohon penaung

Parameter	t-hitung	Sig.	Rata-rata	
			Penaung rasamala	Penaung pinus
Jumlah cabang produktif per pohon	7,15	0,000	13,11	10,86
Panjang cabang produktif per pohon (cm)	3,91	0,000	1163,91	959,33
Jumlah buah per pohon	4,99	0,000	689,69	568,26
Tinggi bebas cabang penaung (m)	3,49	0,001	12,63	9,05

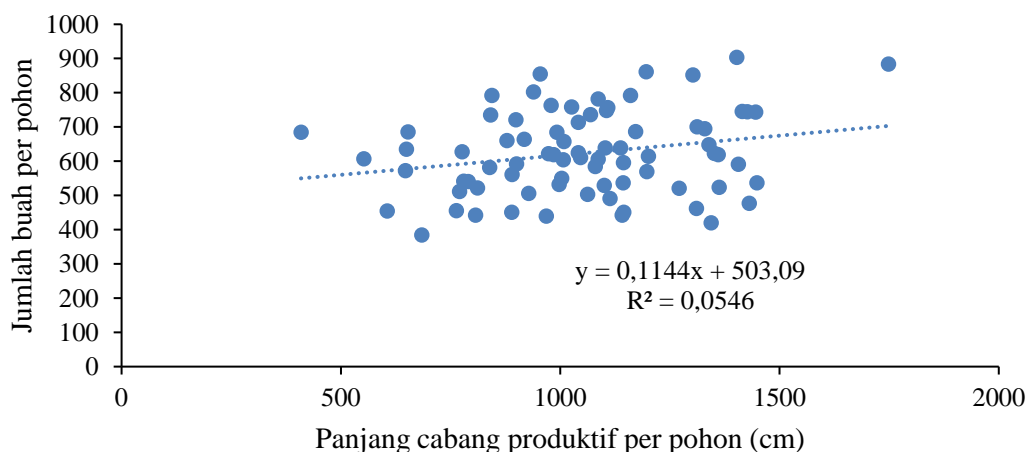
Kopi termasuk tanaman yang pertumbuhan dan perkembangannya sangat bergantung kepada naungan (Rigal et al., 2019). Oleh karena itu, perbedaan naungan antara pohon rasamala dan pinus menghasilkan parameter produktivitas kopi yang berbeda (Tabel 2). Parameter produktivitas tanaman kopi yakni jumlah cabang produktif per pohon, panjang cabang produktif per pohon dan jumlah buah per pohon menunjukkan naungan dari pohon penaung rasamala lebih tinggi dibanding penaung pinus. Hal ini karena dipengaruhi dari bentuk tajuk penaung, tajuk rasamala membentuk *rounded* dan berdaun lebar sedangkan, tajuk pinus membentuk *kolumnar* dan berdaun jarum. Bentuk tajuk dengan tipe *rounded* dan tipe daun lebar lebih menutupi lantai dasar hutan dari cahaya matahari dibanding bentuk tajuk *kolumnar* dan tipe daun jarum, sehingga intensitas cahaya matahari yang mengenai kopi dengan penaung rasamala lebih sedikit dibandingkan kopi dengan penaung pinus.

Menurut (Alvarez-Alvarez et al., 2021), karakter fenotip jumlah dan panjang cabang produktif sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari karena intensitas cahaya matahari mempengaruhi dalam kerja auksin. Aktivitas auksin bekerja dengan baik pada intensitas cahaya yang rendah. Sistem kerja auksin berperan untuk memacu pembelahan dan pembesaran sel yang menyebabkan jumlah dan panjang cabang produktif kopi arabika.

Adapun pengaruh parameter jumlah cabang produktif per pohon dan panjang cabang produktif per pohon terhadap jumlah buah per pohon dilakukan analisis regresi linier. Grafik masing-masing pengaruh parameter ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Grafik pengaruh jumlah cabang produktif per pohon terhadap jumlah buah per pohon



Gambar 3. Grafik pengaruh panjang cabang produktif per pohon terhadap jumlah buah per pohon

Gambar 2 menunjukkan terdapat pengaruh jumlah cabang produktif per pohon terhadap jumlah buah per pohon sebesar $Y = 21,826x + 364,09$ dengan koefisien korelasi $R = 0,318^{**}$. Hal ini sesuai dengan formula (Wardiana et al., 2024), bahwa jumlah buah kopi per pohon berbanding lurus dengan jumlah cabang produktif per pohon dan ruas per cabang produktif. Gambar 3 memperlihatkan jumlah buah per pohon dipengaruhi oleh panjang cabang produktif per pohon sebesar $Y = 0,1144x + 503,09$ dengan koefisien korelasi $R = 0,234^*$. Hasil analisis ini sesuai dengan (Damayanti et al., 2022), yang menyatakan bahwa terdapat korelasi yang sangat signifikan antara panjang cabang

dengan jumlah buah yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, dapat diketahui bahwa banyaknya jumlah dan panjang cabang produktif mendukung untuk meningkatnya jumlah buah per pohon. Kopi dengan penaung rasamala lebih banyak menghasilkan jumlah buah per pohon dibanding kopi dengan penaung pinus. Hasil penelitian ini juga didukung oleh Villarreyna et al., (2020), yang menyatakan bahwa pohon penaung berpengaruh terhadap hasil kopi, karena pengaruhnya terhadap pengaturan beban buah.

Selanjutnya, pada tinggi bebas cabang penaung rasamala lebih tinggi sangat signifikan dibandingkan dengan tinggi bebas cabang penaung pinus (Tabel 2). Hal ini karena besar jarak antara cabang tajuk pertama pohon penaung dengan permukaan tertinggi daun tanaman kopi menunjukkan besarnya sirkulasi udara. Sirkulasi udara di permukaan daun kopi lebih besar pada penaung rasamala dibandingkan dengan sirkulasi udara di permukaan daun kopi pada penaung pinus. Menurut (Rigal et al., 2019), sirkulasi udara ini mempengaruhi iklim mikro di sekitar tanaman kopi. Data iklim mikro pada tanaman kopi dari perlakuan kedua penaung dalam penelitian ini memiliki perbedaan yang signifikan, dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3. Data iklim mikro tanaman kopi di penaung rasamala dan pinus

Unsur iklim	t-hitung	Sig.	Rata-rata	
			Rasamala	Pinus
Suhu (°C)	8,46	0,000	25,32	23,81
Kelembaban (%)	4,38	0,000	70,59	72,51

Data pada Tabel 3 merupakan data pendukung untuk data parameter tinggi bebas cabang, yang mendukung pernyataan tinggi bebas cabang dari penaung rasamala yang lebih tinggi dibanding penaung pinus mempengaruhi iklim mikro pada tanaman kopi seperti suhu dan kelembaban. Hal ini karena besarnya jarak antara tajuk tanaman kopi dengan cabang pertama penaung memberika ruang kosong untuk mempermudah masuknya cahaya matahari yang menyebabkan suhu di sekitar tanaman kopi dengan penaung rasamala lebih tinggi dan kelembaban yang rendah dibanding tanaman kopi dengan naungan pinus. Namun, menurut (Lara-Estrada et al., 2023), pohon penaung terbaik yang diperlukan untuk tanaman kopi adalah penaung yang dapat memberikan kondisi mendekati suhu optimal bagi lingkungan pertanian yaitu sekitar 18–25°C. Penggunaan penaung rasamala dan pinus masih termasuk dalam kategori memenuhi syarat tumbuh kopi arabika walaupun terdapat perbedaan suhu pada tanaman kopi dari kedua penaung.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan tingkat kesuburan tanahnya, tanaman kopi arabika (*Coffea arabica* Linden.) di hutan lindung Desa Sukalaksana Kabupaten Garut walaupun berbeda naungan tidak terdapat perbedaan. Namun, apabila diamati pada parameter produktivitas tanaman kopi seperti jumlah cabang produktif per pohon, panjang cabang produktif per pohon dan jumlah buah per pohon, terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara produktivitas di bawah penaung rasamala dan penaung pinus. Produktivitas tanaman kopi pada penaung rasamala lebih tinggi dibandingkan dengan

produktivitas tanaman kopi di bawah penaung pinus. Oleh karena itu, penanaman kopi di bawah penaung rasamala lebih direkomendasikan dibanding menggunakan penaung pinus.

Saran

Pada tanaman kopi dengan penaung pinus dapat dilakukan tindakan – tindakan silvikultur yang lebih intensif pada bagian pemeliharaannya seperti kegiatan pemupukan untuk meningkatkan produksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez-Alvarez, E., Almazán-Núñez, R., González-García, F., Brito-Millán, M., Méndez Bahena, A., & García-Ibáñez, S. (2021). Shade coffee plantations maintain woody plant diversity and structure in a cloud forest landscape of southern Mexico. *Journal of Forestry Research*, 32, 637–648. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01143-5>
- Assa, A., Loppies, J. E., Amalia, A. N., Indriana, D., Mamang, Utami, R. R., Ariyanti, M., & Winaldi, A. (2021). Chemical compounds and sensory characteristics of Arabica coffee (*Coffea arabica*) as a novel specialty coffee from Sinjai Regency, Indonesia. *Food Research*, 5(S2), 107–112. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S2\).001](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S2).001)
- Azhar, I., Rahmawaty, R., Saraan, M., Taufik, M., Muamar, Aulin, F., Situmeang, D., & Barus, K. (2021). Marketing analysis and feasibility analysis of coffee (*Coffea* sp.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 782, 022033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/2/022033>
- Bosso, H., Barbalho, S., Goulart, R., & Otoboni, A. (2021). Green coffee: Economic relevance and a systematic review of the effects on human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1948817>
- Damayanti, N. L. P. S. D., Udayana, I. G. B., & Situmeang, Y. P. (2022). Arabica Coffee Plant Response to Atonic Concentration and Production Pruning. *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 6(1), 10–15. <https://doi.org/10.22225/seas.6.1.4881.10-15>
- Durand-Bessart, C., Tixier, P., Quinteros, A., Andreotti, F., Rapidel, B., Tauvel, C., & Allinne, C. (2020). Analysis of interactions amongst shade trees, coffee foliar diseases and coffee yield in multistrata agroforestry systems. *Crop Protection*, 133, 105137. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105137>
- Etafa, A. T. (2022). Effect of dominant shade tree species on selected soil physicochemical properties and coffee production in Sayyo district, western Ethiopia. *Trees, Forests and People*, 8, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100245>
- Getachew, M., Verheyen, K., Tolassa, K., Tack, A. J. M., Hylander, K., Ayalew, B., Boeckx, P., Landuyt, D., & De Frenne, P. (2023). Effects of shade tree species on soil biogeochemistry and coffee bean quality in plantation coffee. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 347, 108354. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108354>
- Karim, A., Hifnalisa, H., & Manfarizah, M. (2021). Analysis of arabica coffee productivity due to shading, pruning, and coffee pulp-husk organic fertilizers treatments. *Coffee Science*, 16, 1–8. <https://doi.org/10.25186/v16i.1903>

- Lara-Estrada, L., Rasche, L., & Schneider, U. (2023). Exploring the cooling effect of shading for climate change adaptation in coffee areas. *Climate Risk Management*, 42, 100562. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100562>
- Marbun, P., Nasution, Z., Hanum, H., & Karim, A. (2020). The classification, characteristics, and assessment of soil profile fertility on *Coffea arabica* productivity in North Sumatra. *Bulg. J. Agric. Sci*, 26(3), 622–632.
- Piato, K., Subía, C., Pico, J., Calderón, D., Norgrove, L., & Lefort, F. (2021). Organic Farming Practices and Shade Trees Reduce Pest Infestations in Robusta Coffee Systems in Amazonia. *Life*, 11, 413. <https://doi.org/10.3390/life11050413>
- Rigal, C., Xu, J., Hu, G., Qiu, M.-H., & Vaast, P. (2019). Coffee production during the transition period from monoculture to agroforestry systems in near optimal growing conditions, in Yunnan Province. *Agricultural Systems*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102696>
- Sebuliba, E., Mwanjalolo, M., Isubikalu, P., Turyahabwe, N., Eilu, G., & Ekwamu, A. (2021). Characteristics of shade trees used under Arabica coffee agroforestry systems in Mount Elgon Region, Eastern Uganda. *Agroforestry Systems*, 96. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00688-6>
- Silva, N. G., Barroso, M. A. L., Cruz, D. C., Rocha, B. R., & Ferreira, M. F. (2022). Factor analysis for plant and production variables in *Coffea canephora* in the Western Amazon. *Coffee Science*, 17, 1–8. <https://doi.org/10.25186/v17i.1985>
- Triolo, F., Figueiredo, B., Martin, D., & Farrelly, F. (2023). Coffee: A global marketplace icon. *Consumption Markets & Culture*, 26, 1–10. <https://doi.org/10.1080/10253866.2023.2206129>
- Villarreyra, R. A., Avelino, J., & Cerda, R. (2020). Ecosystem-based adaptation: Effect of shade trees on ecosystem services in coffee plantations. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 499–516. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.37591>
- Wardiana, E., Randriani, E., Dani, D., Izzah, N., Ibrahim, M., Sasmita, K., Saefudin, Pranowo, D., Herman, M., Supriadi, H., Aunillah, A., Purwanto, E. H., & Listyati, D. (2024). Yield performance and stability analysis of three cultivars of Gayo Arabica coffee across six different environments. *Open Agriculture*, 9. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0249>
- Weyesa, G., & Tilahun, R. (2021). Documentation of Traditional Knowledge on “Coffee” (*Coffea arabica*) in Jimma, Ilubabor and Wollega Zones. *European Journal of Biophysics*, 9, 1–8. <https://doi.org/10.11648/j.ejb.20210901.11>

