

Vol. 12 No. 2, Bulan September, Tahun 2024

Respons Fisiologis Bibit Kopi Robusta dalam Kondisi Cekaman Kekeringan terhadap Aplikasi *Trichoderma* spp. Cair

Mochamad Arief Soleh, Reginna Salsabila Agusty, dan Cucu Suherman Victor Zar

Universitas Padjadjaran, Indonesia
m.arief@unpad.ac.id

(Received: Aug-30-2024; Accepted: Sept-10-2024; Published: Sept-30-2024)

ABSTRACT

Abiotic stresses caused by climate change can affect on the growth of coffee trees. The application of liquid Trichoderma spp. might stimulate growth and enhance plant defense mechanisms in suboptimal conditions. The purpose of this study was to Evaluating the physiological responses of Robusta coffee seedlings BP 939 and BP 308 and obtaining Robusta coffee seedlings that produce the best physiological responses under drought stress conditions against Trichoderma spp. applications in liquid medium. The experiment was carried out using a Randomized Group Design (RAG) with 8 treatments repeated 4 times, namely : coffea clone BP 939 control; coffea clone BP 308 control.; coffea clone BP 939 Trichoderma spp.; coffea clone BP 308 Trichoderma spp.; coffea clone BP 939 with drought; coffea clone BP 308 with drought; coffea clone BP 939 with drought + Trichoderma spp.; coffea clone BP 308 with drought + Trichoderma spp. The experiment results show that the application of Trichoderma spp. in liquid medium does not exhibit significant physiological responses, and the Robusta coffee seedlings of clones BP 939 and BP 308 show the same effect under drought stress conditions. However, the Robusta coffee clone BP 308 treated with Trichoderma spp. showed significant physiological responses at 12 hours after treatment.

Keywords: Abiotic stress; fungi; nursery

ABSTRAK

Cekaman abiotik yang disebabkan oleh perubahan iklim dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman kopi. Aplikasi *Trichoderma* spp. dapat dilakukan untuk merangsang pertumbuhan serta meningkatkan mekanisme pertahanan tanaman pada kondisi suboptimal. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk Mengevaluasi respons fisiologis bibit kopi Robusta klon BP 939 dan BP 308 dan memperoleh bibit kopi robusta yang menghasilkan respons fisiologis terbaik dalam kondisi cekaman kekeringan terhadap aplikasi *Trichoderma* spp. dalam medium cair. Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April tahun 2024 di Balai Tatanen, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 8 perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali, meliputi Klon BP 939 kontrol; Klon BP 308 kontrol; Klon BP 939 *Trichoderma* spp.; Klon BP 308 *Trichoderma* spp.; Klon BP 939 kekeringan; Klon BP 308 kekeringan; Klon BP 939 kekeringan + *Trichoderma* spp.; Klon BP 308 kekeringan + *Trichoderma* spp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* spp. dalam medium cair tidak menunjukkan respons fisiologis yang signifikan dan bibit kopi Robusta klon BP 939 dan BP 308 menunjukkan pengaruh yang sama dalam kondisi cekaman kekeringan, namun pada klon BP 308 yang diberi aplikasi *Trichoderma* spp. menunjukkan respons fisiologis yang signifikan pada umur 12 HSC.

Keywords: Cekaman abiotik, cendawan, pembibitan

PENDAHULUAN

Tanaman kopi (*Coffea* sp.) adalah salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia yang berkontribusi sebagai sumber devisa negara (Kementan, 2020). Pada tahun 2022,

Indonesia mencapai volume ekspor kopi sebesar 382.92 ribu ton dengan nilai penghasilan sebesar 0,85 miliar USD (Kementan, 2022). Indonesia adalah produsen kopi keempat terbesar di dunia dengan luas areal perkebunan sebesar 1,26 juta ha (BPS,



2021). Hasil tanaman kopi terus mengalami fluktuasi dengan luas areal tersebar di 10 provinsi (BPS, 2021). Sebagian besar kopi yang diperdagangkan secara global berasal dari varietas kopi Arabika dan Robusta.

Kopi Robusta adalah jenis kopi yang populer di Indonesia karena memiliki tingkat adaptasi yang lebih baik dibandingkan dengan kopi Arabika (Panggabean, 2011). Perkebunan kopi Robusta di Indonesia memiliki areal yang luas karena kopi Robusta dapat tumbuh di dataran rendah dan tinggi serta tahan terhadap penyakit karat daun (Panggabean, 2011). Kopi Robusta mendominasi usaha perkebunan di Indonesia, mencakup sekitar 90 persen dari total luas lahan kopi (KPPU, 2020). Provinsi Sumatera Selatan mencatat kontribusi tertinggi dengan jumlah 36,07 persen dari total produksi kopi Robusta (Kementan, 2022).

Beberapa faktor yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman kopi adalah faktor genetika lingkungan, dan faktor teknik budidaya (Panggabean, 2011). Beberapa klon anjuran kopi Robusta yang umum digunakan adalah SA 203, BP 409, BP 939, BP 936, BP 534, BP 42, BP 358, dan BP 308. Menurut Rahardjo (2021), diketahui lebih dari 90 persen total luas areal kopi di Indonesia didominasi oleh perkebunan kopi Robusta dengan kriteria bibit cukup rentan terhadap kekeringan dibandingkan dengan bibit kopi Arabika (Sumirat, U. 2008). Selain itu, sebagian besar tanaman kopi umumnya dibudidayakan di lahan marginal atau lahan kering yang rentan terhadap cekaman lingkungan abiotik. (Gunathilaka *et al.*, 2018).

Cekaman abiotik yang disebabkan oleh perubahan iklim dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi. Perubahan iklim menyebabkan cuaca tidak menentu karena akumulasi gas rumah kaca, yang dapat menyebabkan pergeseran musim, anomali iklim, dan kondisi ekstrim seperti kekeringan (Hidayati & Suyanto, 2015). Kekeringan juga dapat berdampak negatif pada pertumbuhan, menghambat respirasi, fotosintesis, dan pergerakan stomata (Yang *et al.*, 2021).

Dampak negatif dari cekaman abiotik dapat diminimalisasi melalui penggunaan *Trichoderma* spp. yang diberikan pada awal tanam. *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres biotik dan abiotik, seperti kekeringan dan salinitas Ahmad *et al.* (2015). Aplikasi *Trichoderma* spp. dapat memperbaiki pertumbuhan akar, penyerapan air dan nutrisi serta memperbaiki distribusi air pada beberapa bagian tanaman (Rawal *et al.*, 2022). Selain itu, Scudeletti *et al.* (2021) menyatakan bahwa *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan nilai konduksi stomata, efisiensi tanaman dalam menggunakan air dan toleransi terhadap kondisi kekeringan.

Soesanto *et al.* (2019) menyatakan bahwa aplikasi *Trichoderma* yang pada bibit kakao mampu meningkatkan jumlah fenol tanaman, kemudian mampu berkontribusi dalam meningkatkan ketahanan tanaman. *Trichoderma* spp. cair ini dapat diperoleh melalui proses isolasi menggunakan isolat jamur dari kelapa atau tongkol jagung, ulat atau serangga mati karena jamur, gula pasir, air cucian beras dan air kelapa tua (Ditjen Perkebunan, 2018). Pandya & Saraf (2010) menyatakan bahwa *Trichoderma* adalah pengendali hayati yang efektif mengurangi serangan patogen serta dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman melalui produksi fitohormon seperti IAA dan sitokinin. IAA (*Indole Acetic Acid*) merupakan fitohormon auksin alami yang berfungsi sebagai pemicu pertumbuhan tanaman karena dapat meregulasi proses fisiologis tanaman (Idris *et al.*, 2007).

Dalam kondisi kekeringan dan cekaman abiotik lainnya, *Trichoderma* spp. mampu berperan penting dalam proses adaptasi tanaman, perlindungan dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres, serta mendukung pertumbuhan tanaman pada kondisi cekaman. Meskipun demikian, hingga saat ini belum diketahui pengaruhnya pada bibit kopi Robusta. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memahami peran *Trichoderma* spp. dalam meningkatkan pengetahuan dan

terutama pengaruhnya terhadap respons fisiologis.

METODE

Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Januari - April tahun 2024 di Balai Tatanen, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat. Lokasi terletak pada ketinggian \pm 750 mdpl atau dataran medium dengan ordo tanah Inceptisol dan curah hujan tipe C.

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah bibit kopi Robusta Klon BP 939 dan Klon BP 308 berumur 6 bulan, polybag berukuran 20 x 20 cm, paranet 70%, kutek, selotip, preparat dan *Trichoderma* spp. dalam media cair. yang diperoleh dari UPTD Balai Perlindungan Perkebunan Provinsi Jawa Barat. Selain itu, media tanam yang digunakan yaitu berupa tanah dan pupuk NPK 16-16-16 dan pupuk Urea. Alat yang digunakan pada percobaan ini adalah mikroskop digital (SMITECH), *Thermal imaging camera TG165 (Flir inc)*, dan *SC-1 leaf porometer (Decagon Device inc.. US)*.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Percobaan ini terdiri dari 8 perlakuan dengan 4 ulangan dan setiap ulangan terdiri dari 2 sampel tanaman, jumlah tanaman yang digunakan yaitu sejumlah 64 tanaman. Perlakuan yang diberikan yaitu, A: Klon BP 939 kontrol; B: Klon BP 308 kontrol; C: Klon BP 939 *Trichoderma* spp.; D: Klon BP 308 *Trichoderma* spp.; E: Klon BP 939 kekeringan; F: Klon BP 308 kekeringan; G: Klon BP 939 kekeringan + *Trichoderma* spp.; H: Klon BP 308 kekeringan + *Trichoderma* spp.

Bibit kopi berumur enam bulan dipindah tanam ke dalam polybag berukuran 20 x 20 cm dengan media tanam tanah dan pupuk NPK serta jarak tanam \pm 7 cm. Pupuk urea di aplikasikan saat 2 dan 4 minggu setelah pindah tanam dengan dosis sebanyak 2 gram/ tanam. *Trichoderma* spp. murni yang digunakan yaitu

sebanyak 77,28 mL dan dilakukan pengenceran dengan air sebanyak 7.728 L untuk 48 tanaman. Setiap tanaman mendapatkan *Trichoderma* spp. sebanyak 161 ml/tanaman (kapasitas lapang) melalui aplikasi disiram pada permukaan tanah di sekitar perakaran, batang, dan tangkai daun.

Aplikasi dilakukan sebanyak lima kali dengan interval satu kali seminggu dan dimulai saat tanaman berumur 5 hingga 9 MST di sore hari untuk menghindari penguapan. Pelakuan cekaman kekeringan dilakukan selama 12 hari setelah aplikasi *Trichoderma* spp. dalam medium cair. Setelah akhir perlakuan cekaman kekeringan, bibit kopi disiram setiap hari untuk melihat respons *recovery* selama 6 hari.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap suhu permukaan daun, konduktansi stomata, kerapatan stomata, dan rasio tajuk akar. Pengamatan dilakukan pada 0 HSC, 6 HSC, dan 12 HSC (Hari Setelah Cekaman) serta 6 HSR (Hari Setelah Recovery). Hasil pengamatan kemudian disusun dalam tabel *Analysis of varians* (ANOVA) yang dianalisis ragam menggunakan uji F pada taraf 5%, pengujian dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan dengan taraf nyata 5% menggunakan aplikasi *SmartstatXL Add-Ins V3.6.5.3*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Permukaan Daun

Hasil analisis statistik menunjukkan respons suhu permukaan daun yang tidak berbeda nyata pada umur 0, 6, dan 12 Hari Setelah Cekaman (HSC), serta 6 Hari Setelah Recovery (HSR) seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Rata-rata suhu lingkungan selama 0 HSC hingga 6 HSR secara berurutan yaitu 24,3°C, 24,6°C, 25,4°C, dan 24,1 °C. Pada umur 0, 6 dan 12 HSC, suhu permukaan daun mengalami sedikit kenaikan dan menunjukkan respon tidak berbeda nyata antar perlakuan. Setelah tanaman melakukan *recovery* pada umur 6 HSR, nilai suhu permukaan daun kembali seperti keadaan semula dan tidak menunjukkan respon berbeda nyata antar perlakuan.

Tabel 1. Suhu Permukaan Daun Bibit Kopi Robusta dalam Kondisi Cekaman Kekeringan terhadap *Trichoderma* spp. Cair

Perlakuan	Suhu Permukaan Daun (°C)			
	0 HSC	6 HSC	12 HSC	6 HSR
A	23,8	24,2	25,1	22,1
B	23,8	24,0	25,3	22,3
C	23,6	24,0	25,0	22,0
D	23,6	23,8	24,9	21,9
E	24,2	25,5	26,2	22,9
F	24,2	24,9	26,0	22,8
G	24,0	24,9	25,4	22,4
H	23,8	24,8	25,4	22,4

Keterangan: Nilai yang tidak diikuti oleh huruf notasi pada kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 0,05.

Tabel 2. Konduktansi Stomata Bibit Kopi Robusta dalam Kondisi Cekaman Kekeringan terhadap *Trichoderma* spp. Cair

Perlakuan	Konduktansi Stomata (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)			
	0 HSC	6 HSC	12 HSC	6 HSR
A	39,0	39,3 ab	41,7	46,2
B	37,7	41,0 ab	46,7	48,7
C	40,4	43,0 b	47,7	49,7
D	41,6	45,7 b	51,5	53,5
E	35,5	34,7 a	31,6	36,7
F	36,5	35,2 a	31,9	37,3
G	40,0	38,6 ab	37,2	40,2
H	40,1	40,1 ab	38,6	42,0

Keterangan: Nilai yang tidak diikuti oleh huruf notasi pada kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 0,05.

Pada Tabel 1 perlakuan A, B, C, dan D menunjukkan nilai suhu permukaan daun yang tidak lebih tinggi dari suhu lingkungan. Apabila suhu permukaan daun lebih tinggi daripada suhu lingkungan seperti pada perlakuan E, F, G, dan H (kekeringan) menandakan bahwa tanaman mengalami cekaman lingkungan. Hal ini sesuai dengan penjelasan Tusi *et al.* (2015) apabila suhu daun lebih tinggi daripada suhu lingkungan dapat menjadi indikator cekaman lingkungan pada tanaman.

Konduktansi Stomata

Hasil analisis statistik konduktansi stomata menunjukkan respons berbeda nyata pada umur 6 hari setelah cekaman (HSC) dan menunjukkan respon tidak berbeda nyata pada umur 0 dan 12 HSC, serta 6 hari setelah recovery (HSR) seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Pada umur 6 HSC, konduktansi stomata perlakuan C dan D (*Trichoderma* spp.) menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan perlakuan E dan F (kekeringan). Namun, dalam kondisi cekaman kekeringan, aplikasi *Trichoderma* spp. tidak memberikan pengaruh yang berbeda.



Pada kondisi tidak tercekam kekeringan, klon BP 939 dan BP 308 mengalami peningkatan konduktansi stomata masing-masing sebesar 8% dan 11%. Dalam kondisi cekaman kekeringan, peningkatannya menjadi 10% untuk BP 939 dan 12% untuk BP 308. *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan konduktansi stomata hingga 12% pada tanaman tebu yang mengalami cekaman kekeringan (Scudeletti *et al.*, 2021).

Klon BP 308 menunjukkan kecenderungan lebih tinggi dalam konduktansi stomata dengan aplikasi *Trichoderma* spp., meskipun tidak signifikan. Pada umur 12 HSC, konduktansi stomata menurun tanpa perbedaan signifikan, sejalan dengan penelitian Setiawan dkk. (2012) yang menyatakan bahwa cekaman kekeringan mengurangi konduktansi stomata dan laju fotosintesis. Penutupan stomata adalah respons awal tanaman untuk menghindari kehilangan air (Chaves *et al.*, 2003).

Setelah pemulihan pada umur 6 HSR, konduktansi stomata meningkat tanpa perbedaan signifikan. Menurut Blackman *et al.* (2009), setelah penyiraman, tanaman dapat membuka stomata dan meningkatkan transpirasi. Peningkatan konduktansi stomata memfasilitasi pertukaran gas CO₂, menunjukkan bahwa tanaman berada dalam kondisi baik untuk fotosintesis (Soleh dkk., 2020).

Kerapatan Stomata

Hasil analisis statistik menunjukkan respons kerapatan stomata yang berbeda nyata pada umur 6 dan 12 Hari Setelah Cekaman (HSC), serta 6 Hari Setelah Recovery (HSR). Pada umur 0 HSC menunjukkan pengaruh tidak nyata seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Pada umur 6 HSC, nilai kerapatan stomata perlakuan A (kontrol) menunjukkan respons berbeda nyata dengan perlakuan D (*Trichoderma* spp.). Setelah tanaman melakukan recovery pada umur 6 HSR, nilai kerapatan stomata kembali meningkat dan menunjukkan respons berbeda nyata pada perlakuan D (*Trichoderma* spp.) dengan perlakuan E (kekeringan) (Widianti *et al.*, 2017).

Secara keseluruhan, pada umur 6 HSC dan 6 HSR bibit kopi Robusta klon BP 939 dan BP 308 mengalami stres akibat kekeringan, sehingga tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam mengurangi stres akibat kekeringan pada tanaman. Aplikasi *Trichoderma* spp. maupun tanpa aplikasi juga memberikan pengaruh yang sama dalam menghadapi kondisi kekeringan. Hal tersebut terlihat pada nilai kerapatan stomata perlakuan E, F, G dan H (kekeringan).

Tabel 3. Kerapatan Stomata Bibit Kopi Robusta dalam Kondisi Cekaman Kekeringan terhadap *Trichoderma* spp. Cair

Perlakuan	Kerapatan Stomata (stomata/mm ²)			
	0 HSC	6 HSC	12 HSC	6 HSR
A	154,14	164,33 b	171,98 c	183,44 abc
B	150,32	169,43 bc	184,71 cd	210,19 bc
C	160,51	182,17 bc	193,63 cd	214,02 bc
D	165,60	205,10 c	210,19 d	235,67 c
E	154,14	123,57 a	115,93 a	135,03 a
F	160,51	126,12 a	121,02 ab	157,96 ab
G	161,79	151,60 ab	134,31 ab	174,52 abc
H	165,60	157,96 ab	145,23 b	179,62 abc

Keterangan: Nilai yang tidak diikuti oleh huruf notasi pada kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 0,05.



Pada 12 HSC nilai semakin mengalami penurunan. Penurunan nilai kerapatan stomata bertujuan untuk mengurangi transpirasi pada kondisi cekaman kekeringan (Riaz *et al.*, 2013). Nilai kerapatan stomata pada 12 HSC perlakuan A (kontrol) menunjukkan respons berbeda nyata dengan perlakuan D (*Trichoderma* spp.). Selain itu, pada perlakuan E (kekeringan) menunjukkan respons berbeda nyata dengan perlakuan H (kekeringan + *Trichoderma* spp.).

Dalam kondisi cekaman kekeringan, aplikasi *Trichoderma* spp. pada klon BP 308 (perlakuan H) menunjukkan nilai kerapatan stomata lebih tinggi dibandingkan tanpa aplikasi *Trichoderma* spp. pada klon BP 939 (perlakuan E). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* spp. dan penggunaan klon BP 308 memiliki potensi untuk mengurangi stres akibat kekeringan pada budidaya tanaman kopi (Oliveira *et al.*, 2020).

Tanaman dengan kerapatan stomata lebih tinggi umumnya mampu menghadapi kondisi kekeringan. Aplikasi *Trichoderma* spp. dapat

meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan dengan meningkatkan kerapatan stomata dengan penggunaan air lebih efisien dan kinerja fotosintesis lebih baik dalam kondisi kekurangan air (Oliveira *et al.*, 2020; Widiarti *et al.*, 2017).

Rasio Tajuk Akar

Hasil analisis statistik menunjukkan respons berbeda nyata pada umur 12 Hari Setelah Cekaman (HSC) seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Pada 12 HSC, rasio tajuk akar berkisar antara 1,31 g hingga 3,44 g, menunjukkan perbedaan signifikan antara perlakuan D (*Trichoderma* spp.) dan perlakuan E, F, G, serta H (kekeringan). Dalam kondisi cekaman kekeringan, baik dengan maupun tanpa aplikasi *Trichoderma* spp., pengaruhnya serupa. Rasio tajuk akar dapat menjadi indikator kesehatan tanaman, yang beradaptasi dalam persaingan cahaya dan penyerapan nutrisi serta air (Agathokleous *et al* 2019).

Tabel 4. Rasio Tajuk Akar Bibit Kopi Robusta dalam Kondisi Cekaman Kekeringan terhadap *Trichoderma* spp. Cair

Perlakuan	Rasio Tajuk Akar
	12 HSC
A	2.04 ab
B	2.17 ab
C	2.72 ab
D	3.45 b
E	1.31 a
F	1.37 a
G	1.45 a
H	1.69 a

Keterangan: Nilai yang tidak diikuti oleh huruf notasi pada kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 0,05.

Secara keseluruhan, bibit kopi Robusta klon BP 939 dan BP 308 mengalami stres kekeringan tanpa perbedaan signifikan dalam pengurangan stres. Aplikasi *Trichoderma* spp. maupun tanpa aplikasi menunjukkan hasil yang sama, terlihat dari kerapatan stomata pada

perlakuan E, F, G, dan H. Meskipun perlakuan G dan H (dengan *Trichoderma* spp.) menunjukkan rasio tajuk akar yang lebih tinggi dibandingkan E dan F (tanpa *Trichoderma* spp.), perbedaan ini tidak signifikan. Hal ini menunjukkan potensi *Trichoderma* spp. dalam



mengurangi stres kekeringan pada tanaman kopi.

Cekaman kekeringan menghambat pertumbuhan daun dan akar, memaksa tanaman untuk mengoptimalkan penyerapan air melalui pertumbuhan akar, sehingga rasio tajuk akar menurun (Ai & Torey, 2013). Menurut Suwahyono & Wahyudi (2004), *Trichoderma* spp. dapat menghasilkan hormon auksin yang merangsang pembentukan akar, yang berpotensi memicu pertumbuhan akar pada kondisi cekaman kekeringan.

KESIMPULAN

Aplikasi *Trichoderma* spp. dalam medium cair tidak menunjukkan respons fisiologis yang signifikan dan bibit kopi Robusta klon BP 939 dan BP 308 menunjukkan pengaruh yang sama dalam kondisi cekaman kekeringan, namun pada klon BP 308 yang diberi aplikasi *Trichoderma* spp. menunjukkan respons fisiologis yang signifikan pada umur 12 HSC.

REFERENCES

- Agathokleous, E., Belz, R. G., Kitao, M., Koike, T., & Clabrese, E. J. 2019. Does The Root to Shoot Ratio Show a Hormetic Response to Stress? An Ecological and Environmental Perspective. *Journal of Forestry Research*, 30(5), 1569–1580.
- Ai, N. S., & Torey, P. 2013. Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman (Root morphological characters as water-deficit indicators in plants). *Jurnal Bios Logos*, 3(1).31-39.
- Blackman, C. J., Brodribb, T. J., & Jordan, G. J. 2009. Leaf hydraulics and drought stress: response, recovery and survivorship in four woody temperate plant species. *Plant, Cell & Environment*, 32(11), 1584-1595.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan. 2018. Pembuatan MOL (Mikroorganisme Lokal) dan Pembuatan Metabolit Sekunder Agen Pengendali Hayati. Jakarta. <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/2fca9eb2-e6df-469b-93f3-b74f156a7fc0/content>
- Gunathilaka, R. P. D., Smart, J. C. R., & Fleming, C. M. 2018. Adaptation to climate change in perennial cropping systems: Options, barriers and policy implications. *Environ. Sci. Policy*. 82: 108-116.
- Hidayati, I. N & Suryanto. 2015. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi pertanian dan strategi adaptasi pada lahan kekeringan. *Jurnal Ekonomi Dan Studi Pembangunan*, 16(1), 42–52
- Idris, E. E., Iglesias, D. J., Talon, M., & Borriss, R. 2007. Tryptophan- Dependent Production of Indole-3-Acetic Acid (IAA) Affects Level of Plant Growth Promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 20: 619-626.
- Komisi Pengawas Persaingan Usaha. 2020. Penelitian Pelaku Usaha Dan Struktur Pasar Pada Komoditas Kopi. Ringkasan Eksekutif, 1-12. Retrieved Oktober 1, 2023, from <https://kppu.go.id/wp-content/uploads/2021/01/Kopi-Ringkasan-Eksekutif.pdf>.
- Oliveira, C. M., Almeida, N. O., da Rocha, M. R., Rezende, M. H., Carneiro, R. G. D. S., & Ulhoa, C. J. 2020. Anatomical changes induced by isolates of *Trichoderma* spp. in soybean plants. *Plos one*, 15(11), e0242480.
- Pandya, U., & Saraf, M. 2010. Application of fungi as a biocontrol agent and their biofertilizer potential in agriculture. *J. Adv. Dev. Res*, 1(1), 90-99.
- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. Jakarta Selatan: PT Agro Media Pustaka.
- Rahardjo, P. 2021. *Panduan Berkebun Kopi*. Penebar Swadaya Grup.
- Rawal, R., Scheerens, J. C., Fenstemaker, S. M., Francis, D. M., Miller, S. A., & Benitez, M. S. 2022. Novel *Trichoderma* isolates alleviate water deficit stress in susceptible tomato genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 13, 869090.
- Riaz, A., Younis, A., Taj, A. R., Karim, A., Tariq, U., Munir, S. & Riaz, S. 2013. Effect of drought stress on growth and flowering of

- marigold (*Tagetes erecta* L.). Pakistan Journal of Botany. 45: 123–131.
- Scudeletti, D., Crusciol, C. A. C., Bossolani, J. W., Moretti, L. G., Momesso, L., Servaz Tubaña, B., De Castro, S. G. Q., De Oliveira, E. F. & Hungria, M. 2021. *Trichoderma asperellum* inoculation as a tool for attenuating drought stress in sugarcane. *Frontiers in Plant Science*, 12, 645542.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Manan, A. 2019. Raw secondary metabolites application of two *Trichoderma harzianum* isolates towards vascular streak dieback on cocoa seedlings. *Pelita Perkebunan*. 35(1):22– 32. DOI: <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelita.perkebunan.v35i1.346>.
- Sekretariat Jenderal. 2022. Analisis Kinerja Perdagangan Kopi. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Analisis_Kinerja_Perdagangan_Kopi_2022.pdf
- Sekretariat Jenderal Perkebunan. 2022. Outlook Komoditas Perkebunan. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku_Outlook_Kopi_2022_compressed.pdf.
- Senizza, B., Araniti, F., Lewin, S., Wende, S., Kolb, S., & Lucini, L. 2023. *Trichoderma* spp.-mediated mitigation of heat, drought, and their combination on the *Arabidopsis thaliana* holobiont: a metabolomics and metabarcoding approach. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1190304.
- Setiawan, Tohari, & Shiddieq, D., 2012. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap akumulasi prolin tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Ilmu Pertanian*. 15(2): 85-99.
- Soleh, M. A., Anjarsari, I. R. D., & Rosniawaty, S. 2020. Penurunan nilai konduktansi stomata, efisiensi penggunaan cahaya, dan komponen pertumbuhan akibat genangan air pada beberapa genotip tanaman tebu. *Kultivasi*, 19(2), 1114 – 1118.
- Sumirat, U. 2008. Dampak Kemarau Panjang Terhadap Perubahan Sifat Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Pelita Perkebunan. 24 (2): 80-94.
- Suwahyono, U. & Wahyudi, P. 2004. Penggunaan Biofungisida pada Usaha Perkebunan. Dalam internet: http://www.iptek.net.id/ind/terapan/terapan_idx.php?doc=artikel_12 tanggal 20 Mei 2024
- Tusi, A., Suhandy, D., Agista, D., & Oktafri. 2015. Penentuan Jumlah Titik Pengambilani Spektra Suhu Daun Tanaman Kopi Menggunakan Infrared Thermometer. *Seminar Nasional Sains & Teknologi*, 6(11), 360–374.
- Widianti, P., Violita, V., & Chatri, M. 2017. Luas dan indeks stomata daun tanaman padi (*Oryza sativa* L.) varietas cisokan dan batang piaman akibat cekaman kekeringan. *Bioscience* 1(2) : 77-86.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. 2021. Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3), 1-3.