

Pengaruh Biostimulan Keong Mas terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta dan Arabika Fase Siap Tanam pada Kondisi Cekaman Kekeringan

Sepdian Luri Asmono*, Rahmawati, dan Nisa Budi Arifiana

Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

Jl. Mastrip, PoBOX 164 Jember, Jawa Timur

*Alamat korespondensi: sepdian@polije.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 19-06-2025 Direvisi: 29-07-2025 Dipublikasi: 14-08-2025	The effect of golden apple snail biostimulant on the growth of Robusta and Arabica coffee seedlings ready for planting under drought stress conditions
Keywords: Media moisture content, Seedling height, Seedling weight, Stem diameter, Stomatal density	Drought stress directly impacts coffee plant growth and reduces productivity. One way to address this issue is through an environmentally friendly approach using the golden apple snail (GAS) biostimulant. This study aimed to examine the effect of the GAS biostimulant on the growth of Robusta and Arabica coffee seedlings ready for planting under drought stress. The study was conducted during the dry season from June to September 2024 in a greenhouse with an average temperature of 33-35 °C in the Jember area. The first experiment used measurements of several media water contents to determine optimal seedling growth conditions and drought conditions as a reference for subsequent experiments. The second experiment tested the growth response of coffee seedlings using the non-factorial RBD method with 6 treatments including: 1) Robusta coffee seedlings under normal media moisture content (SM) conditions, 2) Arabica coffee seedlings under normal SM conditions, 3) Robusta coffee seedlings under drought stress conditions, 4) Arabica coffee seedlings under drought stress conditions, 5) Robusta coffee seedlings under drought stress conditions + GAS biostimulant intake, and 6) Arabica coffee seedlings under drought stress conditions + GAS biostimulant intake. Each treatment had 4 blocks. Observations were carried out for 4 months with the observed variables including seedling height increase, stem diameter increase, root length, leaf number increase, leaf area, chlorophyll, stomatal density, fresh weight and dry weight. The results showed that coffee seedlings could still survive and grow at a media moisture content of 41% and began to dry out at a soil moisture content of <12%. The addition of golden apple snail biostimulant to Robusta and Arabica coffee seedlings had a significant role in seedling growth under drought stress conditions.
Kata Kunci: Bobot bibit, Diameter batang, Kadar air media, Kerapatan stomata, Tinggi bibit	Cekaman kekeringan berdampak langsung terhadap pertumbuhan tanaman kopi sehingga dapat menurunkan produktivitasnya. Salah satu upaya mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan pendekatan ramah lingkungan menggunakan biostimulan keong mas. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh biostimulan keong mas terhadap pertumbuhan bibit kopi Robusta dan Arabika fase siap tanam pada kondisi cekaman kekeringan. Penelitian dilaksanakan pada musim kemarau bulan Juni sampai September 2024 di rumah kaca dengan suhu rata-rata daerah Jember 33-35 °C. Metode yang digunakan pada percobaan pertama adalah pengukuran beberapa kadar air media untuk menentukan kondisi optimal bibit tumbuh dan kondisi kekeringan sebagai acuan percobaan berikutnya. Percobaan kedua melakukan pengujian respon

pertumbuhan bibit kopi menggunakan metode RAK non faktorial dengan 6 perlakuan meliputi: 1) Bibit kopi Robusta pada kondisi kadar air (KA) media normal, 2) Bibit kopi Arabika dengan kondisi KA normal, 3) Bibit kopi Robusta dengan kondisi tercekam keringan, 4) Bibit kopi Arabika dengan kondisi tercekam keringan, 5) Bibit kopi Robusta dengan kondisi tercekam kekeringan + asupan biostimulan, dan 6) Bibit kopi Arabika dengan kondisi tercekam kekeringan + asupan biostimulan. Setiap perlakuan terdapat 4 blok. Pengamatan dilaksanakan selama 4 bulan dengan variabel yang diamati meliputi pertambahan tinggi bibit, pertambahan diameter batang, panjang akar, pertambahan jumlah daun, luasan daun, klorofil, kerapatan stomata, bobot segar dan bobot kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit kopi masih tetap bisa bertahan dan tumbuh pada kadar air media 41% dan mulai mengering pada kadar air tanah <12%. Penambahan biostimulan keong mas pada bibit kopi Robusta dan Arabika memiliki peran signifikan terhadap pertumbuhan bibit dalam kondisi cekaman kekeringan.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia. Indonesia juga tercatat sebagai negara urutan ke-3 produsen kopi dunia setelah Brazil dan Vietnam. Saat ini, produksi kopi dunia, cenderung mengalami penurunan karena kondisi iklim yang tidak menentu. Negera penghasil kopi, seperti Vietnam dilaporkan mengalami penurunan produksi kopi sebanyak 20% pada tahun 2023/2024 karena pemanasan cuaca ekstrim (ICO, 2024). Selain itu, di Indonesia juga mengalami fluktuasi dan cenderung menurun sebesar 1,43% dari tahun 2021 ke tahun 2023 (BPS, 2023).

Dampak langsung cekaman kekeringan pada tanaman kopi adalah terhambatnya pertumbuhan bibit kopi melalui penurunan fotosintesis, gangguan keseimbangan air, dan akumulasi senyawa radikal bebas *reactive oxygen species* (ROS) yang merusak sel tanaman (Munné-Bosch & Alegre, 2004). Hal tersebut menjadi faktor pembatas utama dalam budidaya tanaman kopi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, Trovato *et al.* (2021) dan Nishad *et al.* (2020) menyatakan bahwa tanaman memerlukan stimulan yang dapat bekerja untuk meningkatkan mekanisme pertahanan alami tanaman, memperbaiki metabolisme, atau meningkatkan penyerapan nutrisi berupa zat seperti asam amino dan hormon tumbuhan, maupun berupa mikroorganisme seperti beberapa jenis bakteri. Dengan demikian, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pendekatan ramah lingkungan menggunakan biostimulan.

Biostimulan adalah bahan alami atau sintetik yang mengandung senyawa bioaktif seperti hormon

tanaman, asam amino, dan vitamin, yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan toleransi terhadap stres abiotik (Du Jardin, 2015). Salah satu sumber biostimulan yang potensial adalah keong mas (*Pomacea canaliculata*) (Asmono *et al.*, 2024), yang selama ini dikenal sebagai hama pada tanaman padi. Melalui proses fermentasi dengan mikroorganisme efektif (EM4), ekstrak keong mas dapat menghasilkan senyawa fitohormon seperti auksin dan asam amino esensial yang bermanfaat bagi tanaman (Rahmawati dkk., 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan mampu meningkatkan ketahanan tanaman pada beberapa kondisi cekaman lingkungan (Ramzan & Younis, 2022). Penggunaan ekstrak keong mas yang difermentasi juga dapat meningkatkan toleransi tanaman cabai terhadap kekeringan, dengan hasil pertumbuhan dan hasil panen yang setara dengan kondisi optimal (Eliyanti dkk., 2022). Namun, hingga saat ini, belum banyak penelitian yang mengevaluasi efektivitas biostimulan keong mas pada tanaman kopi yang mengalami cekaman kekeringan.

Fase awal penanaman pada lahan merupakan fase kritis yang rawan kondisi stres khususnya kekeringan. Diharapkan penambahan biostimulan mampu meningkatkan kondisi toleransi bibit dan tanaman tetap bisa melangsungkan proses metabolismenya pada kondisi kadar air yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh biostimulan keong mas terhadap pertumbuhan bibit kopi Robusta dan Arabika fase siap tanam pada kondisi pada cekaman kekeringan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Politeknik Negeri Jember yang berlokasi pada ketinggian 110 mdpl, koordinat -8.159802, 113.723151. Penelitian dilaksanakan pada saat musim kemarau dari bulan Juni hingga September 2024, dengan suhu udara rata-rata daerah Jember 33 ± 3 °C.

Metode Percobaan Ke-1: Penetapan Kondisi Kekeringan Bibit

Penelitian dilaksanakan melalui dua tahap percobaan. Pertama adalah menentukan kondisi normal maupun kondisi tercekaman kekeringan pada bibit kopi menggunakan penetapan kadar air (KA) media dan gejala kelayuan tanaman. Percobaan menggunakan 5 sampel media dalam polybag tanpa tanaman dan 5 sampel media dengan tanaman. KA kapasitas lapang (KL) diukur menggunakan metode gavimetri dengan rumus: $KA\% = \frac{(\text{berat tanah jenuh air (g)} - \text{berat tanah kering oven (g)})}{\text{berat tanah kering oven (g)}} \times 100$. Berat tanah jenuh air merupakan hasil setelah media pada kondisi jenuh air dan dibiarkan hingga tidak ada air menetes dari polybag, sedangkan berat tanah kering oven adalah hasil pengeringan media pada suhu 105 °C selama 24 jam (FAO, 2023). Pengukuran laju penurunan KA setiap dua hari dan dilakukan dalam rumah kaca dengan suhu rata-rata harian di dalam rumah kaca 35 ± 3 °C. Pengamatan juga dilakukan secara visual pada tingkat layu tanaman (León-Burgos *et al.*, 2022). Hasil pengamatan merupakan acuan dalam menentukan volume dan waktu penyiraman yang sesuai, untuk kondisi normal dan tercekam kekeringan pada tahap percobaan berikutnya.

Metode Percobaan ke-2: Pengaruh Biostimulan dan kondisi Cekaman Kekeringan pada Pertumbuhan Bibit Kopi

Percobaan kedua adalah pengkondisian bibit untuk mengetahui pengaruh biostimulan keong mas terhadap pertumbuhan bibit kopi yang dikondisikan pada KA normal dan tercekam kekeringan. Percobaan kedua ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok non Faktorial dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan sebagai berikut:

- Ro+N : Bibit Robusta pada kondisi normal (Kadar air media (KA) 41-79%; Kapasitas lapang (KL) 58-100%)
Ar+N : Bibit Arabika pada kondisi normal (KA 41-79%; KL 58-100%)

- Ro+K : Bibit Robusta pada kondisi tercekam kekeringan (KA 22-41%; KL 36-58%)
Ar+K : Bibit Arabika pada kondisi tercekam kekeringan (KA 22-41%; KL 36-58%)
Ro+K-Bio : Bibit Robusta kondisi tercekam kekeringan, dengan asupan biostimulan keong mas konsentrasi 5%
Ar+K-Bio : Bibit Arabika kondisi tercekam kekeringan, dengan asupan biostimulan keong mas konsentrasi 5%

Varietas kopi yang digunakan adalah Hibrida Propelegitim (BP 42 x BP 358) untuk Robusta dan Andungsari untuk Arabika yang siap tanam di lahan dengan umur 10 bulan. Media yang digunakan adalah media pasir dan top soil serta pupuk kandang pada rasio 2:1:1 yang ditanaman pada polybag berukuran 20x30 cm. Pada kondisi awal, semua perlakuan memiliki KA 79% dan dilakukan pencatatan data morfologi. Setelah itu KA diturunkan sesuai kondisi N (Normal) dan K (Kering) dan dipertahankan konstan melalui pengukuran berat polybag dan penambahan air. Sesuai dengan hasil percobaan pertama, penyiraman dilakukan setiap 5 hari ± 1 , baik untuk kondisi N atau K. Jumlah air yang ditambahkan dihitung dengan rumus: $JA = \frac{(BM_1 - BM_2)}{\rho}$ air, di mana JA: air yang ditambahkan (ml), BM₁: berat polybag pada kondisi N (KA 79%) dan K (KA 41%) (g), BM₂: berat polybag terukur (g) dan ρ air merupakan massa jenis air 1 g/ml (Palupi & Dedywiryanto, 2008).

Larutan biostimulan keong mas (biostimulan keong mas aromatik yang diperkaya ekstrak daun jeruk purut) pada konsentrasi 5% diberikan dengan cara dicampur dengan air pada saat penyiraman sesuai KA yang ditetapkan. Sesuai hasil penelitian Rahmawati dkk. (2024) dan Asmono *et al.* (2025) dalam biostimulan terdapat N-Total 0,957%, P₂O₅ 0,099%, K₂O 0,328%, hormon IAA, asam amino arginine, tyrosine, alanine, cysteine, glutamic acid, methi-onine, glycine, leucinei-soleucine, aspartic acid, proline, threonine, dan valine. Biostimulan diberikan sesuai dosis setiap 2 minggu sekali. Pengamatan dilakukan selama 3 bulan dan pengambilan data pada akhir penelitian, 12 minggu setelah perlakuan (MSP). Variabel yang diamati adalah: 1) pertambahan tinggi bibit (cm), 2) pertambahan diameter batang (mm), 3) pertambahan panjang akar (cm), 4) pertambahan jumlah daun, 5) luasan daun yang diukur menggunakan metode gavimetri (cm), 6) klorofil yang diukur menggunakan alat klorofilmeter/SPAD-502 (Soil Plant Analysis

Development-502, Minolta Japan), dengan kriteria nilai klorofil Nilai SPAD-502 <50 Rendah, 50-53 Sedang, >53 Tinggi (Prabowo dkk., 2018), 7) kerapatan stomata (unit/mm²), 8) bobot segar (g), dan 9) bobot kering (g) menggunakan metode oven 70 °C selama 48 jam. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan di akhir penelitian (bibit umur 16 MSP).

Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis statistik menggunakan program SPSS versi 2.0. Pengujian perbedaan antar perlakuan menggunakan analisis varians dengan uji lanjut DMRT taraf 5%.

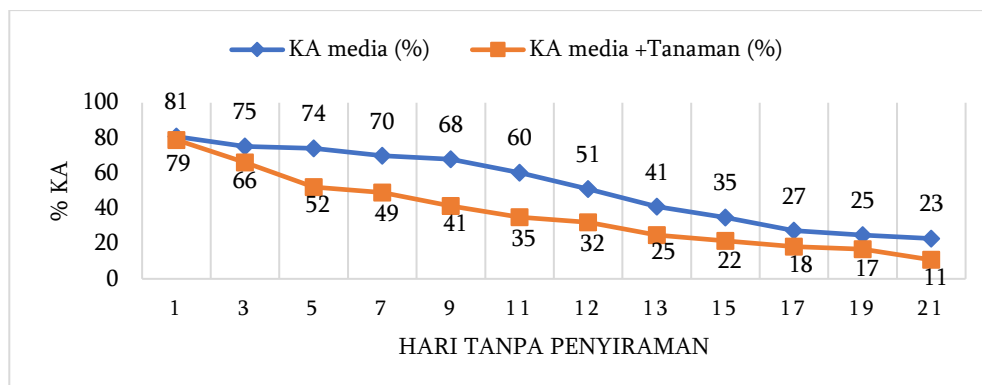
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan Kondisi Kekeringan Bibit

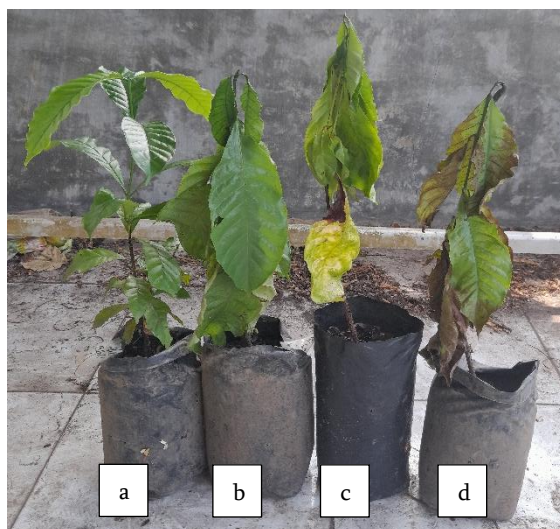
Berdasarkan hasil percobaan pertama, pengukuran penurunan kadar air (KA) hingga 21 hari tanpa penyiraman, tertera pada Gambar 1. Data hasil

pengamatan, menunjukkan bahwa KA normal untuk tanaman kopi mampu tumbuh baik pada 41-79%. Kondisi KA 79% merupakan kondisi kapasitas lapang (KL) 100% dan kadar air 41% merupakan kondisi KL 58%. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil penelitian Marzuki dkk. (2023) pada kapasitas lapang 50-75% merupakan kondisi potensial air cukup untuk benih kopi mencapai daya kecambah maksimal.

Secara visual, pada KA 41-79% tanaman terlihat segar. Namun, pada saat KA turun dari 41% atau saat memasuki hari ke-10 dan ke-11 tanpa penyiraman, perubahan tekanan turgor mulai terlihat pada pucuk daun. Kemudian pada KA 22% (KL 36%) semua daun mulai layu. Gejala *senescence* terlihat pada KA <22% dan daun mulai mengering pada KA <12% seperti pada Gambar 2. Kondisi media pada KA 41-79% (Gambar 2a) merupakan kondisi normal, dan pada KA 22-41% (Gambar 2b) mencerminkan kondisi tercekam kekeringan sebagai acuan percobaan kedua menggunakan biostimulan keong mas.



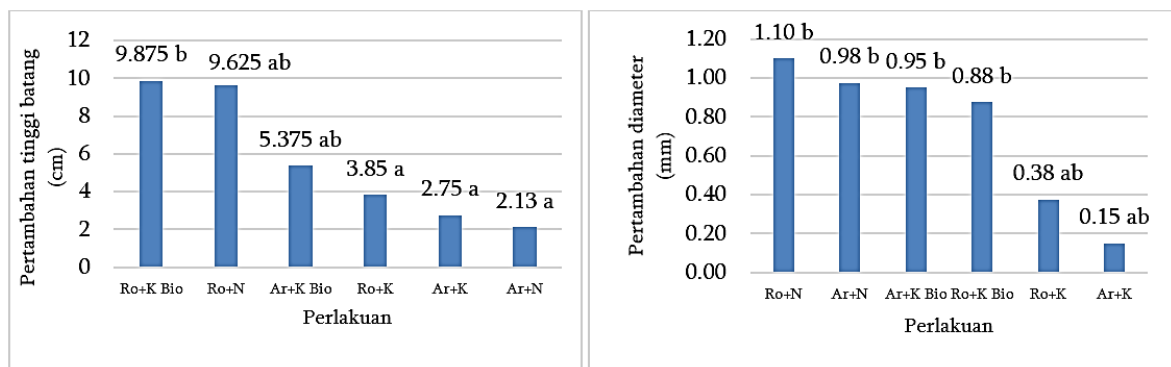
Gambar 1. Laju penurunan kadar air (KA) media.



Gambar 2. Kondisi visual bibit kopi Robusta berdasar kadar air media, (a) 41-79%, (b) 22-41%, (c) 12-22%, dan (d) <12%.

Pertambahan Tinggi dan Diameter Batang Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ANOVA, rata-rata pertambahan tinggi tanaman dan pertambahan diameter batang menunjukkan perbedaan yang nyata. Hasil rata-rata pertambahan tinggi dan diameter batang tertera pada Gambar 3. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bibit kopi robusta yang diberi aplikasi biostimulan pada kondisi kekeringan memiliki pertambahan tinggi tanaman paling pesat. Hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan bibit robusta yang tumbuh pada kondisi air normal. Selain itu, pada diameter batang juga menunjukkan bahwa bibit robusta maupun arabika yang tercekam kekeringan dan diberi asupan biostimulan mampu memacu perbesaran diameter sama dengan bibit yang tumbuh pada kondisi normal.



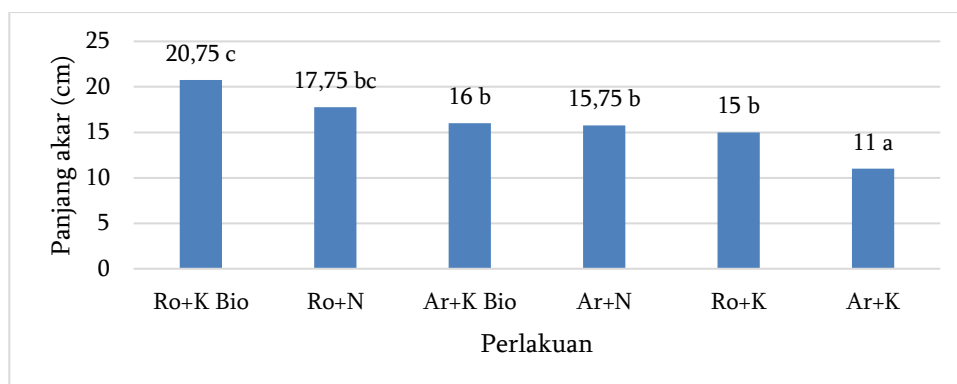
Gambar 3. Rata-rata pertambahan tinggi dan diameter batang bibit kopi pada perlakuan kondisi kadar air dan penambahan biostimulan keong mas umur 12 MSP. Ro+N: bibit Robusta kondisi normal, Ar+N: bibit Arabika kondisi normal, Ro+K: bibit Robusta kondisi kekeringan, Ar+K: bibit Arabika kondisi kekeringan, Ro+K-bio: bibit Robusta kondisi kekeringan + biostimulan, Ar+K-bio: bibit Arabika kondisi kekeringan + biostimulan.

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa penambahan biostimulan mampu mendukung upaya tanaman dalam melangsungkan metabolisme dalam kondisi cekaman air (Pereira *et al.*, 2021). Pertambahan panjang batang maupun diameter dapat dipacu dengan pembelahan sel yang pesat pada area meristem apikal maupun meristem pada kambium. Kondisi tersebut disebabkan adanya hormon yang bekerja pada area meristem tersebut (Mäkilä *et al.*, 2023). Keberadaan hormon auksin didukung berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa dalam formulasi biostimulan keong mas terdapat fitohormon auksin yang diduga memacu pembelahan sel pada area meristem pucuk dan kambium (Asmono *et al.*, 2024). Selain itu, bibit Robusta (Ro+K) maupun Arabika (Ar+K) yang tumbuh pada kondisi kering menunjukkan pertumbuhan paling lambat (Gambar 3). Hal tersebut merupakan konsekuensi perlakuan

cekaman kekeringan pada tanaman yang akan memengaruhi proses metabolisme dan menyebabkan pertumbuhannya terganggu (Seleiman *et al.*, 2021).

Panjang Akar

Berdasarkan hasil analisis ANOVA, panjang akar menunjukkan perbedaan yang nyata, seperti yang tertera pada Gambar 4. Kopi Robusta yang tumbuh pada perlakuan biostimulan dalam kondisi kekeringan ternyata memiliki perakaran paling panjang dan berbeda tidak nyata pada kondisi normal. Begitu juga kopi Arabika yang ditumbuhkan dalam kondisi cekaman kekeringan masih bisa memacu perakaran ketika ada asupan biostimulan, dan berbeda nyata dengan bibit kopi Arabika yang tumbuh dalam kondisi kering. Secara visual kondisi bibit dan perakaran tertera pada Gambar 5.



Gambar 4. Rata-rata panjang akar kopi pada perlakuan kondisi kadar air dan penambahan biostimulan keong mas umur 12 MSP. Ro+N: bibit Robusta kondisi normal, Ar+N: bibit Arabika kondisi normal, Ro+K: bibit Robusta kondisi kekeringan, Ar+K: bibit Arabika kondisi kekeringan, Ro+K-bio: bibit Robusta kondisi kekeringan + biostimulan, Ar+K-bio: bibit Arabika kondisi kekeringan + biostimulan.



Gambar 5. Pertumbuhan bibit kopi Arabika pada beberapa kondisi, (a) Normal (N), (b) Tercekam kekeringan + biostimulan (K+Bio), dan (c) Tercekam kekeringan (K).

Pemanjangan akar masih terjadi pada perlakuan kondisi cekaman kekeringan dengan pemberian biostimulan keong mas, baik untuk jenis Robusta maupun Arabika. Hal tersebut diduga karena pengaruh dari biostimulan keong mas yang ditambahkan mengandung hormon IAA, nutrisi, dan bakteri PGPR. Biostimulan membantu tanaman untuk proses adaptasi tanaman dalam kondisi kekeringan melalui pemanjangan akar. Menurut Thomas *et al.* (2024), dalam kondisi stres air yang sedang, bibit mungkin tidak menunjukkan perubahan signifikan dalam ukuran pertumbuhannya. Namun, tanaman akan meningkatkan pertumbuhan akar sebagai respons adaptasi untuk mengakses kelembapan tanah yang lebih dalam, sehingga mengurangi dampak keterbatasan ketersediaan air. Penambahan biostimulan yang mengandung osmoregulator seperti prolin dan glisin betain dapat menjaga keseimbangan osmotik sel tanaman, dan membantu tanaman tetap terhidrasi saat kekurangan air (Harefa & Lase 2024). Lebih lanjut PGPR yang terdapat dalam biostimulan terbukti meningkatkan ekspresi gen-gen terkait toleransi kekeringan pada akar, seperti dehydrin, vacuolar H⁺-ATPase, small heat shock protein, dan pathogenesis-related protein 10 yang berperan dalam perlindungan sel akar terhadap stres air (Lim & Kim 2013).

Pertambahan Jumlah Daun, Luasan Daun, Klorofil dan Kerapatan Stomata

Hasil data ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh signifikan terhadap

pertambahan jumlah daun, luasan daun, klorofil, dan kerapatan stomata. Data hasil analisis dan uji lanjut tertera pada Tabel 1. Hasil pengamatan pertambahan daun, jenis Robusta dan Arabika pada kondisi normal maupun kondisi tercekam kekeringan dengan asupan biostimulan mampu memacu pertambahan jumlah daun dan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Pada variabel luasan daun jenis kopi Robusta yang tumbuh dalam kondisi normal dan tercekam kekeringan dan diberi asupan biostimulan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Sementara itu, bibit yang ditumbuhkan pada kondisi kering terlihat pertambahan jumlah daun paling sedikit, dan daun yang lebih kecil.

Dalam kondisi stres air, diduga biostimulan mampu mempertahankan kondisi tanaman melalui kandungan asam amino dan hormon tumbuhan agar sel pada daun tetap bertahan sehingga tanaman masih bisa melakukan pertumbuhan pada daun. Berdasarkan penelitian sebelumnya biostimulan keong mas yang digunakan mengandung hormon IAA, NPK, dan berbagai macam jenis asam amino (Asmono *et al.*, 2024). Hal tersebut juga didukung pernyataan Cao *et al.* (2013) dan Montesinos *et al.* (2024), bahwa ketika sel-sel tanaman mulai kehilangan air, terjadi peningkatan biosintesis zat-zat osmotik pengatur (osmolit) untuk mempertahankan tekanan turgor. Zat-zat osmotik pengatur meliputi molekul organik seperti asam amino (prolin), molekul yang berasal dari asam amino (glisin, betain, dan poliamina), atau gula (manitol, fruktosa, atau sukrosa) atau kalium.

Tabel 1. Pengaruh perlakuan kondisi kadar air media dengan penambahan biostimulan keong mas terhadap pertambahan jumlah daun, luasan daun, klorofil dan kerapatan stomata bibit kopi umur 12 MSP

Perlakuan	Pertambahan jumlah daun	Luasan daun (mm ²)	Klorofil	Kerapatan stomata (unit /mm ²)
Ro+N	11,00 b	6,30 c	65,88 b (tinggi)	207 c
Ar+N	9,75 b	3,14 ab	68,60 b (tinggi)	106 a
Ro+K Bio	6,75 ab	6,14 c	52,33 a (sedang)	212 c
Ar+K Bio	11,25 b	3,22 ab	52,40 a (sedang)	174 bc
Ro+K	2,25 a	4,37 b	47,38 a (rendah)	182 bc
Ar+K	3,75 a	2,24 a	48,70 a (rendah)	145 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. Ro+N: bibit Robusta kondisi normal, Ar+N: bibit Arabika kondisi normal, Ro+K: bibit Robusta kondisi kekeringan, Ar+K: bibit Arabika kondisi kekeringan, Ro+K-bio: bibit Robusta kondisi kekeringan + biostimulan, Ar+K-bio: bibit Arabika kondisi kekeringan + biostimulan. Kriteria nilai klorofil <50 Rendah; 50-53 Sedang; >53 Tinggi (Prabowo dkk., 2018).

Berdasarkan data pada nilai klorofil, pembentukan klorofil lebih tinggi pada kondisi normal dibanding dengan kondisi kekeringan. Pada kondisi cekaman kekeringan dengan penambahan biostimulan kandungan klorofil dalam kategori sedang, dan pada kondisi cekaman kekeringan memiliki kadar klorofil rendah (Prabowo dkk., 2018). Penurunan kadar klorofil dapat disebabkan oleh kondisi stres air. Pada kondisi tersebut dapat meningkatkan tingginya akumulasi molekul ROS yang berpotensi merusak membran tilakoid, tempat klorofil berada, di dalam kloroplas (Monteoliva *et al.*, 2021).

Berdasarkan Tabel 1, stomata pada bibit Robusta yang tumbuh dalam kondisi kering dan diberi asupan biostimulan memiliki jumlah paling tinggi, dan tidak berbeda nyata dengan Arabika yang tumbuh dalam kondisi kekeringan dan diberi perlakuan biostimulan yang sama. Berdasarkan hasil tersebut, diduga aplikasi biostimulan keong mas dalam kondisi cekaman kekeringan dapat berpotensi mengurangi stres akibat kekeringan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian aplikasi *Trichoderma* spp. pada klon BP 308 mampu meningkatkan kerapatan stomata ketika diaplikasikan pada kondisi cekaman kekeringan. Tanaman dengan stomata lebih tinggi umumnya mampu beradaptasi dengan kondisi kekeringan (Soleh dkk., 2024).

Bobot Segar dan Bobot Kering

Data bobot segar dan bobot kering hasil perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan hasil analisis ANOVA, dengan hasil uji lanjut tertera pada Tabel 2. Berdasarkan data pada Tabel 2, kondisi kecukupan air pada media atau kondisi normal terbukti meningkatkan bobot segar bibit, dan pada kondisi kering juga pasti memiliki

bobot segar yang kecil. Dalam bobot kering data menunjukkan bahwa biomasa kopi Arabika dan Robusta dalam kondisi normal juga menunjukkan nilai paling tinggi, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan kondisi kering dengan asupan biostimulan keong mas. Selain bobot kering paling kecil secara signifikan terlihat pada bibit kopi Robusta dan Arabika dalam kondisi kekeringan.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan kondisi kadar air media dengan penambahan biostimulan keong mas terhadap bobot segar dan bobot kering bibit kopi umur 12 MSP

Perlakuan	Bobot segar (g)	Bobot kering (g)
Ro+N	76,20 c	29,65 de
Ar+N	48,34 b	33,64 e
Ro+K Bio	33,35 a	26,80 cd
Ar+K Bio	29,77 a	20,61 bc
Ro+K	30,89 a	16,32 ab
Ar+K	24,12 a	10,80 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. Ro+N: bibit Robusta kondisi normal, Ar+N: bibit Arabika kondisi normal, Ro+K: bibit Robusta kondisi kekeringan, Ar+K: bibit Arabika kondisi kekeringan, Ro+K-bio: bibit Robusta kondisi kekeringan + biostimulan, Ar+K-bio: bibit Arabika kondisi kekeringan + biostimulan.

Perbedaan biomasa tanaman dalam kondisi stres kekeringan dan tanaman yang tercukupi air sudah tidak dapat dipungkiri lagi. Menurut Zahra *et al.* (2023), dalam kondisi stres air akan terjadi penurunan laju fotosintesis dan transpirasi yang selanjutnya menyebabkan penurunan biomassa. Namun, penambahan biostimulan dalam kondisi stres akan memberikan kondisi yang lebih baik daripada tidak ada upaya mitigasi yang dilakukan.

Berdasarkan studi yang telah dilaksanakan Ertani *et al.* (2015), biostimulan dapat meningkatkan asimilasi nitrogen dan secara tidak langsung pada peningkatan biomasa tanaman.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bibit kopi masih tetap bisa bertahan dan tumbuh pada kadar air media 41% atau 9 hari tanpa penyiraman, sedangkan tanaman mulai mengering pada kadar air tanah <12% (21 hari tanpa penyiraman). Selain itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penambahan biostimulan Keong Mas untuk bibit kopi robusta dan arabika memiliki peran signifikan terhadap tinggi tanaman, diameter batang, panjang akar, pertambahan jumlah daun, luasan daun, kerapatan stomata, dan bobot kering dalam kondisi cekaman kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmono, SL, Rahmawati, NB Arifiana, DP Andini, and M Syarief. 2025. Biochemical and sensory characteristics of the fermented golden apple snail extract with the addition of kaffir lime (*Citrus hystrix*) leaves at several ratios. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 1446(1):12014. DOI: 10.1088/1755-1315/1446/1/012014.
- Asmono, SL, Rahmawati, NB Arifiana, and Suharjono. 2024. Phytohormone and amino acid content in golden apple snail (*Pomacea canaliculata* L.) extract which fermented at several effective microorganism 4 (EM4) concentrations. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 1338(1):12008. DOI: 10.1088/1755-1315/1338/1/012008.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Indonesia. 2023. Indonesia Coffee Statistic. Jakarta.
- Cao, X, C Chen, D Zhang, B Shu, J Xiao, and R Xia. 2013. Influence of nutrient deficiency on root architecture and root hair morphology of trifoliate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) seedlings under sand culture. Scientia Horticulturae (Amsterdam). 162(23): 100–105. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.07.034.
- Eliyanti, E, Z Zulkarnain, B Ichwan, T Novita, and J Sihotang. 2022. Improving drought tolerance in chili pepper by the application of local microorganisms (LMO). Jurnal Lahan Suboptimal. 11(1):104–111. DOI: 10.36706/jlso.11.1.2022.566.
- Ertani, A, P Sambo, C Nicoletto, S Santagata, M Schiavon, and S Nardi. 2015. The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2: 11. DOI: 10.1186/s40538-015-0039-z.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. Standard Operating Procedure for Soil Moisture Content by Gravimetric Method. Global Soil Laboratory Network. Rome.
- Harefa, O, dan Lase NK. 2024. peningkatan produktivitas tanaman padi melalui aplikasi bakteri PGPR (Plant Growth Promotion Rhizobacteria). Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan. 1(2):101–106. DOI: 10.70134/penarik.v1i2.201.
- [ICO] International Coffee Organization. 2024. Coffee Market Report. London.
- Du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Sci Hort (Amsterdam). 196:3–14.
- León-Burgos, AF, CA Unigarro, and HE Balaguera-López. 2022. Soil waterlogging conditions affect growth, water status, and chlorophyll “a” Fluorescence in coffee plants (*Coffea arabica* L.). Agronomy. 12(6): 1270. DOI: 10.3390/agronomy12061270.
- Lim, JH, and SD Kim. 2013. Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. Plant Pathology Journal. 29(2): 201–208. DOI: 10.5423/PPJ.SI.02.2013.0021.
- Mäkilä, R, B Wybouw, O Smetana, L Vainio, A Solé-Gil, M Lyu, L Ye, X Wang, R Siligato, MK Jenness, AS Murphy, and AP Mähönen. 2023. Gibberellins promote polar auxin transport to regulate stem cell fate decisions in cambium. Nature Plants. 9(4): 631–644. DOI:10.1038/s41477-023-01360-w.
- Marzuki, I, F Polnaya, dan Fajrin. 2023. Respons benih kopi Tuni (*Coffea canephora*) pada fase pembibitan pada kondisi defisit air kapasitas lapang. Agrologia: Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman. 12(2): 185–192. DOI: 10.30598/ajibt.v12i2.10929.
- Monteoliva, M, M Guzzo, and G Posada. 2021. Breeding for drought tolerance by monitoring chlorophyll content. Gene Technology. 10: 165. DOI: 10.35248/2329-6682.21.10.165.

- Montesinos, C, P Benito, R Porcel, J Bellón, M González-Guzmán, V Arbona, L Yenush, and JM Mulet. 2024. Field evaluation and characterization of a novel biostimulant for broccoli (*Brassica oleracea* var. italica) cultivation under drought and salt stress which increases antioxidant, glucosinolate and phytohormone content. *Sci Hortic* (Amsterdam). 338(2): 113584. DOI: 10.1016/j.scienta.2024.113584.
- Munné-Bosch, S, and L Alegre. 2004. Die and let live: Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Funct Plant Biol.* 31(3): 203–216. DOI: 10.1071/FP03236.
- Nishad, R, T Ahmed, VJ Rahman, and A Kareem. 2020. Modulation of plant defense system in response to microbial interactions. *Frontiers in Microbiology.* 11: 1298. doi:10.3389/fmicb.2020.01298.
- Palupi, ER, dan Y Dedywiryanto. 2008. Kajian karakter ketahanan terhadap cekaman kekeringan pada beberapa genotipe bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agronomi Indonesia.* 36(1): 24–32. DOI: 10.24831/jai.v36i1.1341.
- Pereira, RV, CC Filgueiras, J Dória, MFGV Peñaflor, and DS Willett. 2021. The effects of biostimulants on induced plant defense. *Frontiers in Agronomy.* 3: 630596. DOI: 10.3389/fagro.2021.63059.
- Prabowo, RY, R Rahmadwati, dan P Mudjirahardjo. 2018. Klasifikasi kandungan nitrogen berdasarkan warna daun melalui color clustering menggunakan metode Fuzzy C Means dan Hybrid PSO K-Means. *Jurnal EECCIS.* 12(1):1–8. DOI: 10.21776/jeccis.v12i1.461.
- Rahmawati, R, SL Asmono, S Suharjono, NB Arifiana. 2024. Pengaruh fermentasi ekstrak keong mas (*Pomacea canaliculate* L.) dalam Effective Microorganism 4 (EM4) terhadap kadar NPK, asam amino dan fitohormon. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan.* 24(4): 642–649. DOI: 10.25181/jppt.v24i4.3376.
- Ramzan, F, and A Younis. 2022. Chapter 20 - Use of biostimulants in tolerance of drought stress in agricultural crops. Pp. 429–446 *In* Emerging Plant Growth Regulators in Agriculture: Roles in Sgstress Tolerance (T Aftab, M Naeem, Eds.). Academic Press. New Delhi.
- Seleiman, MF, N Al-Suhaibani, N Ali, M Akmal, M Alotaibi, Y Refay, T Dindaroglu, HH Abdul-Wajid, and ML Battaglia. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants* (Basel, Switzerland). 10(2): 0259. DOI:10.3390/plants10020259.
- Soleh, MA, RS Agusty, dan CSV Zar. 2024. Respons fisiologis bibit kopi Robusta dalam kondisi cekaman kekeringan terhadap aplikasi *Trichoderma* spp. cair. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian.* 12(2): 434–441. DOI: 10.35138/paspalum.v12i2.843.
- Thomas, A, BK Yadav, and J Šimůnek. 2024. Water uptake by plants under nonuniform soil moisture conditions: A comprehensive numerical and experimental analysis. *Agricultural Water Management.* 292: 108668. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108668.
- Trovato, M, D Funck, G Forlani, S Okumoto, and R Amir. 2021. Editorial: Amino acids in plants: Regulation and functions in development and stress defense. *Frontiers in Plant Science.* 12: 772810. DOI: 10.3389/fpls.2021.772810.
- Zahra, N, MB Hafeez, A Kausar, M Al Zeidi, S Asekova, KHM Siddique, and M Farooq. 2023. Plant photosynthetic responses under drought stress: Effects and management. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 209(5): 651–672. DOI: 10.1111/jac.12652.