

PERTUMBUHAN BIBIT KOPI ARABIKA MALABAR (*Coffea arabica*) YANG DIAPLIKASIKAN PUPUK ORGANIK HAYATI PADAT DI GUNUNG MALABAR, KABUPATEN BANDUNG

*Growth Performance of Malabar Arabica Coffee (*Coffea arabica*) Seedlings Applied with
Solid Bio-Organic Fertilizer in Malabar Mountain, Bandung Regency*

**Sheli Mustikasari Dewi^{1*}, Istia Siti Amalia², Dewi Nurma Yanti Ningtyas³, Reza
Septianugraha⁴, Fahri Rijal Giffari⁵, Nanang Rohimat⁶**

^{1,2,3,4,5}) Program Studi Agroteknologi Universitas Sali Al-Aitaam,

Jl. Aceng Sali Al-Aitaam Ciganitri, Kab. Bandung, Jawa Barat 40287 Indonesia

⁶) Program Studi Agroteknologi Universitas Winaya Mukti

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 29 Tanjungsari, Jawa Barat, Indonesia

^{1*)}shelimustika@gmail.com

ABSTRAK

Kopi arabika merupakan tipe kopi tradisional dengan cita rasa terbaik. Keberhasilan produksi kopi jangka panjang sangat ditentukan oleh kualitas bibit pada fase pembibitan. Masalah utama dalam pembibitan kopi konvensional adalah ketergantungan pada penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Penggunaan pupuk organik hayati (POH) padat menawarkan pendekatan yang lebih holistik dalam manajemen nutrisi pembibitan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter pertumbuhan bibit kopi Arabika Malabar sebagai respon terhadap pemberian dosis POH padat yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus–Oktober 2024 di area pembibitan (*nursery*) yang berlokasi di Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Menggunakan metode eksperimental dengan analisis komparatif antara dua perlakuan, yaitu aplikasi 100% dosis rekomendasi pupuk kimia tunggal dan aplikasi Bio Soltamax + 50% dosis rekomendasi pupuk kimia. Hasil penelitian menunjukkan bibit yang diberi perlakuan Bio Soltamax + 50% pupuk kimia memiliki rata-rata tinggi sebesar 56,58 cm dan rata-rata jumlah daun sebanyak 31,89 helai. Hal ini membuktikan bahwa integrasi Bio Soltamax dengan pengurangan 50% dosis pupuk kimia merupakan perlakuan terbaik untuk memacu pertumbuhan bibit kopi Arabika Malabar, terbukti mampu meningkatkan tinggi bibit (56,58 cm) dan jumlah helai daun (128,7%) secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan kimia konvensional.

Kata kunci: *Kopi Arabika Malabar, Pembibitan, Pupuk Organik Hayati, Pupuk Kimia*

ABSTRACT

Arabica coffee is a type of traditional coffee with the best taste. The success of long-term coffee production is largely determined by the quality of the seedlings in the seedling phase. The main problem in conventional coffee nurseries is the reliance on excessive use of chemical fertilizers. The use of solid Bioorganic Fertilizers (POHs) offers a more holistic approach to nursery nutrient management. This study aims to analyze the growth parameters of Malabar Arabica coffee seedlings in response to the administration of different doses of solid POH. This research was carried out in a nursery area located in Tanjungsari District, Sumedang Regency, West Java. Using an experimental method with comparative analysis between two treatments, namely the application of 100% of the recommended dose of a single chemical fertilizer and the application of Bio Soltamax + 50% of the recommended dose of chemical fertilizer. The results showed that the seedlings treated with Bio Soltamax + 50% Chemical Fertilizer had an average height of 56.58 cm and an average number of leaves of 31.89 leaves. This proves that the integration of Bio Soltamax with a 50% reduction in the dose of chemical fertilizer is the best treatment to spur the growth of Malabar Arabica coffee seedlings, proven to be able to significantly increase the height of the seedlings (56.58 cm) and the number of leaf strands (128.7%) compared to conventional chemical treatments.

Keywords: *Malabar Arabica Coffee, Nursery, Biological Organic Fertilizer, Chemical Fertilizer*

PENDAHULUAN

Rantai nilai kopi Arabika Java Preanger di Manglayang Timur menunjukkan bahwa peningkatan nilai tambah dan daya saing sangat dipengaruhi

oleh jenis proses pascapanen serta integrasi antarpelaku usaha dari hulu hingga hilir, dengan kopi specialty memberikan nilai tambah yang lebih tinggi dibandingkan kopi konvensional (Ruhayana *et al.*, 2022).

Seiring dengan meningkatnya permintaan pasar global terhadap kopi spesial (*specialty coffee*), upaya perluasan lahan dan peremajaan tanaman menjadi agenda prioritas. Namun, keberhasilan produksi kopi jangka panjang sangat ditentukan oleh kualitas bibit pada fase pembibitan (*nursery stage*). Bibit yang berkualitas tidak hanya diukur dari pertumbuhan visualnya, tetapi juga dari kesiapan sistem perakaran dan ketahanan fisiologisnya saat menghadapi stres lingkungan di lapangan (Hidayat & Saputra, 2022).

Masalah utama dalam pembibitan kopi konvensional adalah ketergantungan pada media tanam yang miskin mikroba fungsional dan penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Meskipun pupuk anorganik memberikan suplai hara makro secara cepat, penggunaannya pada bibit muda berisiko menyebabkan plasmolisis pada akar dan ketidakseimbangan nutrisi jangka panjang (Pratama *et al.*, 2023). Selain itu, kondisi lingkungan di Gunung Malabar yang cenderung lembap dengan suhu rendah menuntut bibit memiliki sistem imun yang kuat agar terhindar dari patogen tular tanah seperti *Rhizoctonia solani* atau *Pythium spp.* yang sering menyerang bibit kopi muda.

Penggunaan pupuk organik hayati (POH) padat menawarkan pendekatan yang lebih holistik dalam manajemen nutrisi pembibitan. POH padat bertindak sebagai

agen biostimulan yang mengandung konsorsium mikroorganisme fungsional, seperti bakteri penambat nitrogen (misalnya *Azotobacter*), bakteri pelarut fosfat, serta mikoriza (Setyorini *et al.*, 2020). Menurut Lebrazi *et al.*, (2020), rhizobacteria yang memproduksi IAA memainkan peran penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, termasuk ukuran dan berat akar serta jumlah rambut akar (*root hairs*) dan akar lateral, yang memperluas area kontak tanah sehingga meningkatkan penggunaan sumber daya tanah dan penyerapan nutrisi tanaman.

Lebih jauh lagi, peran POH padat dalam memperbaiki struktur fisik dan kimia media tanam sangat krusial di wilayah dataran tinggi. Bahan organik dalam POH berfungsi meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan memperbaiki porositas, sehingga aerasi di zona perakaran tetap optimal meskipun curah hujan di Gunung Malabar cukup tinggi (Simanungkalit *et al.*, 2021). Integrasi mikroba hayati juga diketahui dapat memicu mekanisme *Systemic Acquired Resistance* (SAR) pada tanaman, yang memberikan perlindungan internal bagi bibit terhadap serangan penyakit (Wahyudi *et al.*, 2020).

Meskipun potensi POH padat sangat besar, efektivitas aplikasinya sangat bergantung pada dosis dan kecocokan dengan varietas kopi serta kondisi

mikroklimat setempat. Belum banyak penelitian yang secara spesifik mengevaluasi respon bibit kopi Arabika Malabar terhadap aplikasi POH padat dalam kondisi agroklimat asli Gunung Malabar.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis parameter pertumbuhan bibit kopi Arabika Malabar sebagai respon terhadap pemberian dosis POH padat yang berbeda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan teknis bagi petani dan penangkar bibit dalam memproduksi bibit kopi yang tangguh dan berkualitas tinggi secara berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di area pembibitan (*nursery*) yang berlokasi di Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat pada bulan Agustus–Oktober 2024. Penelitian dilakukan secara intensif. Kondisi lingkungan dikontrol sesuai dengan kebutuhan tumbuh bibit kopi pada fase pembibitan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi polibag, penggaris, dan instrumen pencatatan data. Bahan utama yang digunakan adalah bibit kopi arabika berumur 7 bulan, pupuk kimia tunggal (Urea, SP-36, KCl), dan pupuk organik hayati padat Bio Soltamax. Bio Soltamax

mengandung konsorsium bakteri pembenah tanah, dekomposer, PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), bakteri pelarut fosfat, serta unsur hara makro dan mikro (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil uji mutu pupuk organik hayati padat Bio Soltamax

No	Keterangan	Pupuk Organik Hayati Padat
1.	Kandungan Mikroba	<i>Azotobacter sp.</i> , <i>Actinomyces sp.</i> , <i>Azospirillum sp.</i> , <i>Streptomyces sp.</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Cellulolytic bacteria</i> , <i>Paenibacillus polymyxa</i>
2.	Kandungan Unsur Hara	C-Organik 51,37%, C/N rasio 15,11, Nitrogen 3,40%, P ₂ O ₃ 3,73%, K ₂ O 1,47%, Fe tersedia 9,56 ppm, Mn 1053,58 ppm, dan Zn 463,42 ppm.

Sumber: Hasil uji mutu Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman Universitas Padjadjaran, (2019).

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan analisis komparatif antara dua perlakuan:

1. Kontrol Kimia: Aplikasi 100% dosis rekomendasi pupuk kimia tunggal.
2. Integrasi Hayati: Aplikasi Bio Soltamax + 50% dosis rekomendasi pupuk kimia.

Setiap perlakuan menggunakan 18 ulangan untuk menjamin akurasi data statistik.

Prosedur Penelitian dan Jadwal Aplikasi

1. Persiapan Media dan Bibit: Bibit dipilih berdasarkan keseragaman morfologi pada awal pengamatan.

2. Aplikasi Bio Soltamax (Intensif): Pupuk organik hayati Bio Soltamax diaplikasikan secara rutin setiap 7 hari. Aplikasi berkala ini bertujuan untuk menjaga populasi mikroba fungsional (PGPR dan pelarut fosfat) tetap stabil dan aktif di dalam zona perakaran bibit.
3. Pemupukan Kimia (Periodik): Pupuk kimia tunggal (N, P, K) diberikan setiap 2 minggu. Pada perlakuan integrasi hayati, dosis yang diberikan hanya 50% dari dosis rekomendasi pupuk kimia konvensional.
4. Pemeliharaan: Penyiraman harian dan pengendalian gulma dilakukan secara manual untuk memastikan pertumbuhan bibit tidak terhambat oleh faktor kompetisi hara.

Parameter Pengamatan

Pengamatan akhir dilakukan pada bibit umur 9 bulan meliputi:

1. Tinggi Tanaman (cm): Pengukuran dari pangkal batang hingga titik tumbuh tertinggi.
2. Jumlah Daun (Helai): Perhitungan total daun yang telah membuka sempurna.

Analisis Data

Data dianalisis secara statistik menggunakan Uji T (Independent Sample T-Test) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) melalui perangkat lunak statistik. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh efektivitas antara sistem pemupukan kimia murni

dengan sistem integrasi hayati terhadap kualitas bibit kopi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan pengamatan terhadap tinggi tanaman bibit kopi arabika, terdapat perbedaan performa pertumbuhan yang nyata antara kedua perlakuan yang diuji. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa bibit yang diberi perlakuan Bio Soltamax + 50% pupuk kimia memiliki rata-rata tinggi sebesar 56,58 cm. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 100% pupuk kimia yang hanya mencapai rata-rata 45,00 cm.

Tabel 2. Data hasil pengamatan tinggi tanaman bibit kopi arabika 2 bulan setelah perlakuan

Ulangan	Bio Soltamax+ 50% Pupuk Kimia (cm)	100% Pupuk Kimia (cm)
1	55	43
2	57,5	40,5
3	59	42,5
4	55	43
5	60	49
6	52,5	54,5
7	48	48
8	57	48,5
9	59	42
10	58,5	51
11	59	43,5
12	58,5	47,5
13	59	41
14	58	40,5
15	55,5	46
16	56	44
17	52,5	46,5
18	54	43
Rata-rata	56,58	45,00

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025)

Keterangan: Hasil uji T menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kedua perlakuan

Hasil analisis statistik menggunakan Uji T mengonfirmasi bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tinggi tanaman antara kedua perlakuan tersebut. Integrasi Bio Soltamax mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 25,7% dibandingkan dengan aplikasi pupuk kimia dosis penuh, meskipun dosis kimia pada perlakuan pertama dikurangi hingga 50%.

Tabel 3. Data hasil pengamatan jumlah daun bibit kopi arabika 2 bulan setelah perlakuan

Ulangan	Bio Soltamax + 50% pupuk kimia (helai)	100% Pupuk Kimia (helai)
1	26	14
2	26	14
3	30	12
4	30	12
5	36	16
6	26	18
7	22	14
8	34	14
9	34	15
10	34	14
11	36	14
12	36	16
13	36	14
14	36	12
15	34	12
16	34	14
17	30	14
18	34	12
Rata-rata	31,89	13,94

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025)

Keterangan: Hasil uji T menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kedua perlakuan

Pengaruh aplikasi Bio Soltamax terlihat lebih kontras pada parameter jumlah daun bibit kopi arabika (Tabel 3). Perlakuan

Bio Soltamax + 50% Pupuk Kimia menghasilkan rata-rata jumlah daun sebanyak 31,89 helai. Sementara itu, perlakuan 100% pupuk kimia menghasilkan jumlah daun yang jauh lebih sedikit, yaitu rata-rata 13,94 helai.

Peningkatan jumlah daun ini mencapai 128,7% atau lebih dari dua kali lipat dibandingkan dengan kontrol kimia 100%. Hal ini menunjukkan bahwa konsorsium mikroba dalam Bio Soltamax, khususnya bakteri PGPR, bekerja sangat efektif dalam memacu pembentukan organ fotosintetik baru, yang sangat krusial bagi kesiapan bibit kopi sebelum dipindahkan ke area pertanaman tetap.

Pembahasan

Analisis Pertumbuhan Vegetatif Bibit Kopi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan pupuk organik hayati (POH) padat Bio Soltamax memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap fase pertumbuhan bibit kopi Arabika Malabar. Bibit yang mendapatkan kombinasi Bio Soltamax dengan 50% pupuk kimia berhasil mencapai tinggi rata-rata 56,58 cm, mengungguli perlakuan kontrol kimia 100% yang hanya mencatatkan tinggi 45,00 cm. Fakta bahwa terjadi peningkatan sebesar 25,7% ini menegaskan bahwa efisiensi input kimia hingga separuh dosis tetap mampu menghasilkan kualitas pertumbuhan yang

lebih baik selama disubstitusi dengan mikroba fungsional. Hal ini krusial karena fase pembibitan (*nursery stage*) yang optimal adalah fondasi utama bagi produktivitas tanaman kopi di masa depan. Hasil penelitian Ningtyas (2025), perlakuan dengan pupuk hayati baik dalam bentuk padat maupun cair, serta kombinasinya dengan pupuk anorganik, memberikan pengaruh yang berbeda terhadap tinggi tanaman tomat.



Gambar 1. Bibit tanaman kopi menggunakan Bio Soltamax (kiri) dan tanpa menggunakan Bio Soltamax (kanan)

Selanjutnya fenomena peningkatan yang paling mencolok terlihat pada parameter jumlah daun (Gambar 1 dan 2). Kelompok bibit yang diaplikasikan POH hayati memiliki rata-rata 31,89 helai daun, atau melonjak sekitar 128,7% dibandingkan dengan bibit kontrol yang hanya memiliki 13,94 helai. Hasil ini memberikan indikasi kuat bahwa keberadaan konsorsium mikroba dalam Bio Soltamax bekerja secara aktif dalam memicu perkembangan organ fotosintetik, yang sangat penting bagi bibit sebelum ditanam di lahan terbuka. Bibit dengan jumlah daun lebih banyak memiliki luas daun yang lebih besar, sehingga

mampu menangkap radiasi matahari secara optimal dan meningkatkan akumulasi biomassa (Taiz *et al.*, 2015).

Peningkatan yang paling kontras terlihat pada parameter jumlah daun, di mana perlakuan hayati menghasilkan rata-rata 31,89 helai, meningkat 128,7% dibandingkan kontrol kimia yang hanya menghasilkan 13,94 helai. Hal ini mengindikasikan bahwa konsorsium mikroba dalam Bio Soltamax bekerja sangat efektif dalam memacu pembentukan organ fotosintetik baru yang krusial sebelum bibit dipindahkan ke lahan tetap.



Gambar 2. Perbedaan visual populasi bibit tanaman kopi tanpa menggunakan Bio Soltamax (kiri) dan menggunakan Bio Soltamax (kanan)

Peran Konsorsium Mikroba Bio Soltamax

Keunggulan pertumbuhan yang teramati erat kaitannya dengan aktivitas biologis mikroorganisme bermanfaat yang terkandung di dalam Bio Soltamax:

1. Optimalisasi Nutrisi dan Biostimulan:
Kandungan bakteri seperti *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., serta bakteri

pelarut fosfat di dalam Bio Soltamax berfungsi sebagai biostimulan alami. Sebagaimana dijelaskan oleh Setyorini *et al.*, (2020), peran mikroba semacam ini sangat vital dalam manajemen hara mandiri. Argumentasi ini diperkuat oleh temuan Adesemoye *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa inokulasi konsorsium mikroba dapat meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara, sehingga ketergantungan pada pupuk anorganik dapat dikurangi. Sari (2013), menyatakan bahwa ketersediaan fotosintat berperan dalam merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, meningkatkan jumlah serta ukuran organ tanaman, dan berfungsi sebagai sumber energi bagi tanaman.

2. Bakteri dari golongan PGPR, khususnya *Paenibacillus polymyxa*, diketahui menyekresikan hormon *indole-3-acetic acid* (IAA) yang memacu pemanjangan sel dan pertumbuhan akar. Bhattacharyya & Jha (2012) menekankan bahwa PGPR mampu mengontrol kadar auksin tanaman yang berimplikasi langsung pada kecepatan pembentukan daun.
3. Kehadiran *Actinomyces* sp. dan *Pseudomonas* sp. mampu mengaktifkan sistem pertahanan tanaman atau *Systemic Acquired Resistance* (SAR).

Selain produksi hormon, PGPR juga berkontribusi dalam meningkatkan

ketersediaan unsur hara melalui proses fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, dan produksi *siderofor* yang membantu penyerapan besi oleh tanaman (Backer *et al.*, 2018; Oleńska *et al.*, 2020). Siderofor merupakan mekanisme utama yang meningkatkan kemampuan *Pseudomonas* untuk menekan pertumbuhan patogen di bawah kondisi besi terbatas, serta peranannya dalam konsorsium bakteri menguntungkan (Shao *et al.*, 2024). Kombinasi mekanisme tersebut menyebabkan sistem perakaran menjadi lebih berkembang dan efisien dalam menyerap nutrisi, meskipun dosis pupuk kimia dikurangi hingga 50%.

Dalam konteks bibit kopi arabika, keberadaan konsorsium mikroba di rhizosfer juga berperan dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres lingkungan serta menekan patogen tular tanah melalui kompetisi ruang dan nutrisi (Poria *et al.*, 2025). Hal ini menjelaskan mengapa perlakuan Bio Soltamax mampu menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dibandingkan dengan pupuk kimia dosis penuh, yang hanya menyediakan unsur hara tanpa dukungan biologis.

Adanya *Actinomyces* sp., *Streptomyces* sp., dan *Pseudomonas* sp. membantu memicu mekanisme *Systemic Acquired Resistance* (SAR). Hal ini memberikan perlindungan internal bagi

bibit terhadap patogen tular tanah seperti *Rhizoctonia solani* yang sering menyerang di lingkungan lembap dengan suhu rendah seperti Gunung Malabar (Wahyudi *et al.*, 2020). Produksi siderofor oleh *Pseudomonas* meningkatkan hambatan terhadap patogen bakteri tanah (*R. solanacearum*) dengan mekanisme kompetisi besi di rizosfer (Shao *et al.*, 2024).

Azotobacter sp. juga mampu memproduksi berbagai fitohormon dan vitamin. Fitohormon yang dihasilkan meliputi IAA dan giberelin, sedangkan vitamin yang diproduksi antara lain thiamin dan riboflavin. Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam merangsang perkecambahan, pertumbuhan akar, serta meningkatkan bobot tanaman (Rahmi, 2014; Kholida *et al.*, 2015). Mikroba bermanfaat lainnya seperti *Azospirillum sp.* diketahui dapat menghasilkan fitohormon IAA, poliamina, dan trehalosa yang berperan dalam merangsang pemanjangan dan percabangan akar, meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, sehingga berdampak pada peningkatan tinggi dan bobot tanaman, serta membantu tanaman beradaptasi terhadap cekaman lingkungan (Cruz-Hernández *et al.*, 2022).

Paenibacillus polymyxa berperan dalam meningkatkan ketersediaan fosfat melalui pelarutan P, menghasilkan hormon IAA, memfiksasi nitrogen, serta memproduksi senyawa antibiotik yang

berfungsi melindungi tanaman dari serangan patogen (Xie *et al.*, 2016). Peningkatan ketersediaan unsur hara fosfat juga dapat dilakukan oleh bakteri *Pseudomonas sp.* dan *Lactobacillus sp.* berkontribusi melalui produksi asam organik, khususnya asam laktat, yang berperan dalam melarutkan fosfor dan kalium sehingga lebih mudah diserap tanaman (Jaffar *et al.*, 2023). Sementara itu, *Streptomyces sp.* dan *Actinomyces sp.* yang terdapat dalam pupuk organik hayati berfungsi sebagai mikroorganisme dekomposer yang mampu menguraikan bahan organik menjadi unsur hara tersedia, terutama melalui proses dekomposisi bahan pembawa.

Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Lingkungan

Karakteristik tanah vulkanik di kawasan Gunung Malabar menuntut pola pemupukan yang lebih menyeluruh. Bio Soltamax, dengan kandungan C-Organik sebesar 51,37% (Tabel 1), membantu meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) pada media tanam (Simanungkalit *et al.*, 2021). Hal ini sangat bermanfaat dalam mencegah hilangnya unsur hara akibat pencucian oleh curah hujan yang tinggi di wilayah Bandung. Selain itu, transisi ke POH padat membantu menghindari risiko plasmolisis atau kerusakan akar akibat paparan pupuk kimia dosis tinggi secara terus-menerus (Pratama *et al.*, 2023).

Dari perspektif keberlanjutan lingkungan, pengurangan penggunaan pupuk kimia memiliki implikasi positif dalam menekan degradasi tanah, pencemaran air tanah, dan penurunan keanekaragaman mikroba tanah yang sering terjadi akibat pemupukan anorganik berlebihan (Oleńska *et al.*, 2020). Integrasi pupuk hayati berbasis PGPR juga mendukung pendekatan pertanian berkelanjutan dengan menjaga keseimbangan biologis tanah serta meningkatkan kesehatan agroekosistem dalam jangka panjang (Sun *et al.*, 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Integrasi Bio Soltamax dengan pengurangan 50% dosis pupuk kimia merupakan perlakuan terbaik untuk memacu pertumbuhan bibit kopi Arabika Malabar. Metode ini terbukti mampu meningkatkan tinggi bibit (56,58 cm) dan jumlah helai daun (128,7%) secara signifikan dibandingkan perlakuan kimia konvensional. Mikroba fungsional yang ada di dalamnya berperan ganda sebagai penyedia nutrisi, pemicu hormon pertumbuhan, sekaligus agen pelindung tanaman.

Saran

Penggunaan Bio Soltamax sangat disarankan sebagai solusi pengganti sebagian pupuk kimia dalam proses

pembibitan kopi di dataran tinggi. Disarankan pula adanya penelitian lanjutan untuk memantau seberapa lama efektivitas mikroba ini bertahan setelah bibit dipindahkan dari polybag ke lahan perkebunan.

Untuk mendapatkan pertumbuhan bibit kopi yang optimal dan mendukung keberlanjutan lahan di kawasan Gunung Malabar, direkomendasikan penggunaan pupuk organik hayati padat sebagai substitusi sebagian pupuk kimia. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek residu mikroba Bio Soltamax setelah bibit dipindahkan ke lahan (fase tanaman belum menghasilkan) untuk melihat konsistensi performa pertumbuhannya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesemoye, A. O., Torbert, H. A., & Kloepper, J. W. (2017). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58(4), 921-929.
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473.
- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence in Agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327-1350.
- Cruz-Hernández, M. A., Mendoza-Herrera, A., Bocanegra-García, V., & Rivera, G. (2022). *Azospirillum* spp. from plant growth-promoting bacteria to their use

- in bioremediation. *Microorganisms*, 10(5), 1057.
- Hidayat, A., & Saputra, R. (2022). Manajemen pembibitan kopi arabika pada dataran tinggi di Jawa Barat. *Jurnal Tanaman Perkebunan*, 14(1), 45-58.
- Jaffar, N. S., Jawan, R., & Chong, K. P. (2023). The potential of lactic acid bacteria in mediating the control of plant diseases and plant growth stimulation in crop production - A mini review. *Front. Plant Sci*, 13, 1047945.
- Kholida, F. T., & Zulaika, E. (2015). Potensi azotobacter sebagai penghasil hormon IAA (Indole-3-Acetic Acid). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), 4–6.
- Lebrazi, S., Fadil, M., Chraibi, M., & Fikri-Benbrahim, K. (2020). Screening and optimization of indole-3-acetic acid production and phosphate solubilization by rhizobacterial strains isolated from *Acacia cyanophylla* root nodules and their effects on plant growth (open access). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 18, 71. <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00090-2>
- Ningtyas, D. N. Y., Dewi, S. M., Giffari, F. R., & Septianugraha, R. (2025). Pengaruh jenis konsorsium bakteri pupuk hayati terhadap efisiensi pupuk anorganik dan produktivitas tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Biogenerasi Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 968-977.
- Oleńska, E., Małek, W., Wójcik, M., Swiecicka, I., & Thijs, S. (2020). Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in sustainable agriculture. *Microbiological Research*, 231, 126374.
- Poria, R., Singh, A., Kumar, M., & Gupta, R. (2025). Abiotic stress tolerance and antifungal activities of rhizobacteria for the management of soil-borne pathogens. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 24. <https://doi.org/10.1007/s44447-025-00088-7>
- Ruhyana, N. F., Mardianis, M., Roseline, H., & Wulandari, S. N. (2022). Value chain and competitiveness of Manglayang Timur Java Preanger Arabica Coffee. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 13(1), 43–56.
- Pratama, R., Santoso, B., & Handoko, T. (2023). dampak penggunaan pupuk kimia jangka panjang terhadap kesehatan tanah di Indonesia. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 25(1), 12-20.
- Rahmi. (2014). Kajian efektivitas mikroba *Azotobacter* sp. sebagai pemacu pertumbuhan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Galung Tropika*, 3(2), 44–53.
- Sari, V.I. (2013). *Peran Pupuk Organik Dalam Meningkatkan Efektivitas Pupuk NPK Pada Bibit Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.) di Pembibitan Utama*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setyorini, D., Saraswati., Rasti., & Anwar, E.K. (2020). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati: Standar Kualitas dan Rekomendasi Aplikasi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Shao, Z., Gu, S., Zhang, X., Xue, J., Yan, T., Guo, S., Pommier, T., Jousset, A., Yang, T., Xu, Y., Shen, Q., & Wei, Z. (2024). Siderophore interactions drive the ability of *Pseudomonas* spp. consortia to protect tomato against *Ralstonia solanacearum*. *Horticulture Research*, 11(9), uhae186. <https://doi.org/10.1093/hr/uhae186>
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. (2021). *Prospek Pupuk Organik dan Pupuk Hayati di Indonesia*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., & Cheng, Q. (2024). The roles of plant growth-promoting rhizobacteria-based biostimulants in agricultural production systems. *Plants*, 13(5), 613.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates, Sunderland.

- Vessey, J. K. (2003). Plant Growth Promoting Rhizobacteria as biofertilizer. *Plant Soil*, 255, 571-586.
- Wahyudi, A., et al. (2020). Pemanfaatan metabolit sekunder sebagai bahan pembawa mikroba fungsional pada pupuk organik. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*, 15(3), 142-155.
- Xie, J., Shi, H., Du, Z., Wang, T., Liu, X., & Chen, S. (2016). Comparative genomic and functional analysis reveal conservation of plant growth promoting traits in *Paenibacillus polymyxa* and its closely related species. *Scientific Reports*, 6, 21329.