CULTIVATE: Journal of Agriculture Science

https://journal.mahesacenter.org/index.php/cultivate/index

3 (2) 2025: 59-69
DOI: 10.34007/cultivate.v3i2.917
Diterima: 05 Juni 2025
Direview: 13 September 2025
Disetujui: 22 September 2025

ISSN 2987-3142 (online)

Inokulasi Mikrokapsul Bakteri Rizosfer Dari Tanah Erupsi Gunung Sinabung Sebagai Booster Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (Coffea canephora L.)

Inoculation Of Rhizosphere Bacteria Microcapsules from the Soil of Mount Sinabung Eruption as a Growth Booster for Robusta Coffee Seedlings (Coffea canephora L.)

Rico Kris Hadinata Tarigan, Kabul Warsito & Andi Setiawan*
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Indonesia
*Coresponding Email: kabulwarsito@dosen.pancabudi.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi pupuk mikrokapsul bakteri rizosfer dan pupuk kotoran ayam terhadap pertumbuhan bibit kopi robusta (Coffea canephora L.). Latar belakang penelitian didasari oleh kebutuhan akan bibit kopi unggul yang ramah lingkungan, mengingat penggunaan pupuk anorganik secara berkelanjutan berpotensi menurunkan kesuburan tanah. Pupuk hayati berbasis bakteri rizosfer diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara organik, sementara teknologi mikroenkapsulasi digunakan untuk meningkatkan efektivitas dan ketahanan bakteri di lingkungan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dua faktorial dengan 16 perlakuan dan 5 ulangan, melibatkan variasi dosis pupuk kotoran ayam (0, 100, 200, 300 gram) dan mikrokapsul bakteri rizosfer (0, 5, 7,5, 10 gram). Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, diameter batang, dan panjang akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mikrokapsul bakteri rizosfer dosis 7,5 gram (M2) secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman bibit kopi robusta, sedangkan dosis pupuk kotoran ayam 300 gram (K3) juga memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan tinggi tanaman. Namun, perlakuan tidak memberikan perbedaan nyata terhadap jumlah dan luas daun. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi pupuk mikrokapsul bakteri rizosfer dan pupuk kotoran ayam dapat menjadi solusi ramah lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kopi robusta secara optimal
Kata Kunci: Kopi Robusta; Pupuk Kotoran Ayam; Mikrokapsul Bakteri Rhizospher,

Abstract

This study aims to evaluate the effect of rhizosphere bacteria microcapsule fertilizer application and chicken manure fertilizer on the growth of robusta coffee seedlings (Coffea canephora L.). The background of the study is based on the need for environmentally friendly superior coffee seedlings, considering that the continuous use of inorganic fertilizers has the potential to reduce soil fertility. Rhizosphere bacteria-based biofertilizers are expected to be able to increase plant growth organically, while microencapsulation technology is used to increase the effectiveness and resistance of bacteria in the environment. This study used a two-factorial Completely Randomized Design with 16 treatments and 5 replications, involving variations in the dose of chicken manure fertilizer (0, 100, 200, 300 grams) and rhizosphere bacteria microcapsules (0, 5, 7.5, 10 grams). The parameters observed included plant height, number of leaves, leaf area, stem diameter, and root length. The results showed that the application of rhizosphere bacteria microcapsules at a dose of 7.5 grams (M2) significantly increased the height of robusta coffee seedlings, while the dose of 300 grams of chicken manure fertilizer (K3) also had a significant effect on plant height growth. However, the treatment did not provide a significant difference in the number and area of leaves. This study concluded that the combination of rhizosphere bacteria microcapsules and chicken manure fertilizer can be an environmentally friendly solution to optimally increase the growth of robusta coffee seedlings.
Keywords: Robusta Coffee; Chicken Manure Fertilizer; Rhizosphere Bacteria Microcapsules,

How to Cite: Tarigan, R.K.H., Warsito, K. & Setiawan, A. (2025). Inokulasi Mikrokapsul Bakteri Rizosfer Dari Tanah Erupsi Gunung Sinabung Sebagai Booster Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (Coffea canephora L.). *CULTIVATE: Journal of Agriculture Science*, 3(2) 2025: 59-69,

PENDAHULUAN

Kopi Robusta (*Coffea canephora L*) merupakan tanaman yang bernilai ekonomis tinggi di dunia dan mulai masuk di Indonesia sekitar tahun 1876 sebagai pengganti kopi arabika yang banyak terserang penyakit karat daun. Kopi Robusta menjadi salah satu jenis komoditas kopi unggulan yang banyak dibudidayakan di Indonesia, pada beberapa penelitian dijelaskan bahwa kopi robusta lebih tahan terhadap serangan penyakit dibandingkan kopi arabika (Hasbullah et. al., 2021).

Dikarenakan tingginya permintaan produk olahan biji kopi sehingga mendorong kebutuhan penyediaan bibit kopi unggul dalam jumlah yang besar. Fase pembibitan menjadi tahap awal yang penting, dikarenakan bibit kopi yang berkualitas akan berpengaruh terhadap produktifitas tanaman dan mutu buah kopi, namun biji kopi memerlukan waktu yang cukup lama untuk berkecambah. Menurut penelitian sebelumnya (Suyamto,2017) pemupukan sangat berperan penting dalam pertumbuhan tanaman, namun petani di Indonesia masih menggunakan pupuk anorganik secara terus menerus yang berdampak negatif pada lingkungan dan kesuburan tanah.

Penggunaan pupuk anorganik secara berkelanjutan akan menurunkan kadar bahan organik tanah, daya simpan air rendah, mengurangi pH tanah dan kesuburan tanah, sehingga produktifitas kopi menurun (Ngantung et al., 2018). Karena itu, diperlukan alternatif pupuk yang dapat diperoleh dengan mudah, tidak mengganggu lingkungan dan pengaruhnya baik untuk pertumbuhan bibit kopi (Rasmito dan Hutomo, 2019)

Solusi untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik berkelanjutan adalah memanfaatkan mikroorganisme sebagai pupuk hayati untuk meningkatkan kesuburan tanah, produksi tanaman dan mendukung pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan (Itelima et al., 2018). Pupuk hayati bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme dan mempercepat proses mikrobiologis untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi bibit kopi. Pupuk hayati bermanfaat untuk mengaktifkan serapan hara oleh tanaman, menekan soil-borne disease (kerusakan tanah), mempercepat proses pengomposan, memperbaiki struktur tanah, dan menghasilkan substansi aktif yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kopi (Nildayanti, 2018).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0

Hubungan antara tumbuhan dan bakteri dapat mempengaruhi produktivitas tanaman secara langsung dan tidak langsung. Bakteri rizosfer berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, menyediakan nutrisi, pertumbuhan biomassa akar, menghasilkan hormon pertumbuhan, dan memperkuat ketahanan tanaman (Lengkong S.C, 2022). Isolat bakteri rizosfer diperoleh dari sekitar akar tanaman kopi (Afzal, et al., 2019).

Aplikasi pupuk hayati pada tanaman memerlukan beberapa Teknik khusus untuk memimgkatkan ketahanan dan efektivitas bakteri di lingkungan. Salah satu metode yang efektif adalah melalui Teknik enkapsulasi (Itelima et al., 2018). Mikroenkapsulasi merupakan teknologi untuk melapisi suatu zat inti dengan suatu lapisan dinding polimer untuk membentuk partikel berukuran mikro tujuannya yaitu melindungi zat inti dari pengaruh lingkungan, menutupi rasa dan bau tidak enak, menyatukan zat-zat yang tidak tersatukan baik secara fisika maupun secara kimia (Akhavan Mahdavi S, 2016). Berdasarkan hasil dari para peneliti, teknologi ini juga dapat melindungi fitokonstituen dari oksidasi, degradasi, suhu, kelembaban dan cahaya, sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk.

Kelebihan mikroenkapsulasi ini juga dapat melindungi senyawa bioaktif dari berbagai faktor lingkungan, seperti oksidasi yang dapat menjaga bahan aktif agar tetap optimal, (Pratiwi R, et al. 2019). Selain itu Mikroenkapsulasi juga meningkatkan stabilitas sehingga melindungi senyawa penting, mencegah penurunan aktivitas, dan meningkatkan stabilitas bahan aktif yang terdapat pada mikrokapsul tersebut (Karimi N, et all,2018)

Warsito *et al* (2024) menjelaskan bahwa bakteri rizosfer merupakan bakteri yang hidup pada sekitar perakaran tanaman yang berperan untuk meningkatkan kulitas biologi tanah, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan bibit kopi yang berkualitas. Populasi dan keragaman mikroorganisme tanah dipengaruhi oleh kadar bahan organik pada tanah. Dekomposisi bahan organik akan lebih cepat terjadi jika meningkatnya aktivitas organisme pada tanah.

Dengan demikian jenis bakteri di rizosfer, menentukan sifat bakteriom rizosfer yang umum pada berbagai tanaman dan kondisi lingkungan, antara rizosfer bakteri umum dan fungsi yang terkait dengan kapasitas seluruh jenis rizosfer dan proses daur ulang nutrisi individu. Berikut merupakan beberapa jenis bakteri rizosfer yang sering

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.

digunakan sebagai pupuk hayati antara lain Pseudomonas, Azotobacter, Agrobacterium, Cellulomonas, Micrococcus, Bacillus dan Flavobacter

Warsito *et al*. (2024), menjelaskan bahwa penggunaan bakteri rizosfer sebagai pupuk hayati mampu menjaga kesuburan tanah dan solusi terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kopi secara organik. Untuk saat ini, pengaplikasian mikrokapsul masih dilakukan secara konvensional, seperti disiram langsung ataupun dicampurkan dengan media tanam seperti pupuk kotoran hewan atapun kompos. Namun pengaplikasian dengan cara tersebut masih kurang efektif dikarenakan ketahanan bakteri terhadap lingkungan yang kurang sesuai. Bakteri rhizosfer ini dapat merangsang pertumbuhan bibit kopi, menambat nitrogen, melarutkan fosfat, serta menghambat penyakit, namun efektivitasnya akan tidak stabil ataupun dapat menurun jika kondisi lingkungan yang tidak sesuai ataupun tidak mendukung.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, bibit kopi robusta 60 pokok yang berumur 1 bulan,dan bahan pembuatan microkapsul yaitu Alginal,Inulin, Cairan infus NaCl 0,9%, Bakteri rhizosper, Aquadest Steril, $CaCl_2$, dan menggunakan media tanam yaitu,Top soil,Kompos yang terbuat dari dedaunan,sekam bakar dan Kotoran ayam,dan dicampur rata dengan takaran 25%. Pada penelitian ini menggunakan bakteri rhizosfer dari tanah erupsi gunung sinabung,

Alat yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah, polybag, paranet, cangkul, atap plastik yang tebal dan jarum suntik 1 ml dan 3 ml.

Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktorial yang terdiri dari 16 perlakuan dengan 5 kali ulangan. Faktor pertama yaitu menggunakan Pupuk Kotoran ayam dengan taraf yang digunakan dari K0: 0 gr; K1: 100 gr; K2: 200 gr ; dan K3 : 300 gr. Faktor kedua adalah menggunakan Mikrokapsul dari bakteri Rhizosper dengan taraf yang terdiri dari K0: 0 gr; K1: 5 gr; K2: 7,5 gr; dan K3: 10 gr. Mikrokapsul diaplikasikan pada bulan ke 2 setelah dilakukan penanaman. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan hasil analisis sidik ragam dilanjutkan

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0

dengan uji jarak berganda Duncan.

Pembuatan Microkapsul

Sebanyak 14,7 gram $CaCl_2$ lalu dilarutkan dalam 1000 ml aquades menggunakan labu ukur dan diaduk hingga homogen, kemudian larutan disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Larutan NaCl 0,9% disiapkan dengan mencampurkan 1 liter aquades steril, lalu ditambahkan bakteri rhizosfer dan diaduk hingga tercampur merata. Larutan natrium alginat steril yang mengandung suspensi bakteri rhizosfer dimasukkan ke dalam jarum spuit dan diteteskan ke dalam larutan $CaCl_2$ 0,1 M, lalu didiamkan selama satu jam hingga terbentuk mikrokapsul padat. Mikrokapsul yang terbentuk kemudian dipindahkan ke dalam aquades steril dan diaduk secara perlahan menggunakan shaker selama satu jam untuk menghilangkan residu $CaCl_2$, kemudian disaring dan dibilas dengan aquades. Pembuatan larutan natrium alginat dilakukan dengan melarutkan 2% alginat dalam aquades, ditambahkan 2% inulin, diaduk hingga merata, dan dicukupkan volumenya hingga 50 ml, lalu disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dan ditambahkan suspensi bakteri rhizosfer sebanyak 50 ml setelah larutan dingin. (Warsito *et al*. 2024)

Persiapan Lahan

Sebelum pengolahan lahan dilakukan, dapat dipersiapkan lahan yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Sebaiknya pengolahan lahan dipersiapkan pada saat 2 minggu sebelum penanaman. Persiapan lahan ini biasanya menggunakan alat seperti, Cangkul, parang, babat dan lain sebagainya. Dan persiapan lahan tersebut juga termasuk pada pembuatan rumah kasa sebagai naungan pembibitan yang bertujuan untuk meminimalisir tingkat suhu panas yang akan mengakibatkan bibit kopi mati, dan mengurangi kontaminasi terhadap pupuk Microkapsul yang di aplikasikan.

Persiapan Media Tanam

Media tanam digunakan Top Soil, Kompos, Sekam bakar, dan Kotoran ayam, dengan perbandingan campuran yaitu 25% yang akan diisi pada 60 polybag. Untuk membuat media tanam yang baik, harus disterilkan terlebih dahulu dikarenakan mengandung banyak mikroba ataupun mikroorganisme yang dapat merugikan tanaman. Dengan mengukus tanah tersebut di dalam drum atau panci besar dengan

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.

menggunakan suhu panas 150°C dalam waktu 8 jam dalam 2 hari.

Pengaplikasian Pupuk Kotoran Ayam

Pupuk kotoran ayam di aplikasikan sebelum media tanam di sterilkan, pupuk kotoran ayam tersebut di masukkan ke dalam polybag dengan taraf K_0: Kontrol, K_1: 100 gr, K_2: 200 gr, K_3: 300 gr.

Persiapan Bibit Kopi

Bibit yang digunakan adalah bibit kopi varietas robusta yang sudah berdaun dua, bibit tersebut diambil dari daerah Tapanuli Selatan. Dan sebelum dilakukan penanaman dilakukan pemilihan bibit kopi yang memiliki umur yang setara agar memudahkan dilakukannya perlakuan dan melihat perbedaan pada tiap perlakuannya.

Penanaman Bibit Kopi

Penanaman bibit kopi menggunakan polybag berukuran 15 cm x 10 cm. Polybag diisi dengan media tanam campuran dari top soil, kompos, sekam bakar dan kotoran ayam yang sudah di sterilkan terlebih dahulu. kemudian disiram air hingga basah dan ditugal sedalam ± 10 cm. Setelah bibit ditanam, tanah dipadatkan agar akar tidak menggantung.

Pengaplikasian Microkapsul

Pengaplikasian pupuk bakteri mikrokapsul tersebut mulai di aplikasikan pada saat bibit kopi sudah mulai tumbuh sempurna atau 2 bulan setelah pindah tanam. Pengaplikasian mikrokapsul dengan dosis sesuai taraf perlakuan yang sudah ditetapkan. M_0: Kontrol, M_1: 5 gr, M_2: 7,5 gr, M_3: 10 gr

Pemeliharaan Bibit

Pemeliharaan bibit kopi dilakukan dengan cara menyiram bibit kopi selama 2 hari sekali dan menjaga bibit kopi tersebut dari gulma, agar bibit kopi tidak berebut unsur hara dengan gulma.

Parameter Pengamatan

Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini adalah, Pengamatan Tinggi Tanaman (cm), Jumlah Daun (Helai), Diameter Batang (Mm), Luas Daun (Cm^2),

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0

Panjang akar (Cm^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Pengamatan Tinggi Tanaman dilakukan pada kopi berumur 1 sampi 4 bulan setelah dilakukannya penanaman bibit kopi. Dari hasil pengamatan pada bulan pertama sampai dengan bulan ke empat, bibit kopi robusta yang berinteraksi pada pupuk mikrokapsul dapat dilihat pada 3 MAP dan 4 MAP, dikarenakan setelah penanaman bibit kopi tersebut pengaplikasian mikrokapsul dilakukan pada bulan kedua setelah penanaman bibit kopi Robusta, jarak hasil duncant dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata rata tinggi tanaman Bibit Kopi Robusta, dengan perlakuan Pupuk Kotoran Ayam dan Perlakuan Mikrokapsul Bakteri Rhizosfer

Perlakuan	Rata Rata Tinggi Tanaman (cm)			
	1stMAP	2nd MAP	3rd MAP	4th MAP
Perlakuan Kotoran Ayam (K)				
K0 = 0 gr	4.18^{baB}	6.25^{cB}	7.31^{cC}	9.68^{cC}
K1 = 100 gr	5.29^{bB}	7.11^{bAB}	9.76^{aA}	12.9^{aA}
K2 = 200 gr	4.45^{aaB}	7.89^{aA}	8.36^{bB}	11.29^{bB}
K3 = 300 gr	3.43^{bB}	6.30^{cB}	8.59^{bB}	15.35^{bB}
Penambahan Mikrokapsul (M)				
M0 = 0 gr	4.23^{aA}	6.9^{aA}	8.83^{aA}	11.7 ^{aAB}
M1 = 5 gr	4.99^{aA}	6.95^{aA}	8.20^{aA}	10.58 ^{bB}
M2 = 7.5 gr	4.29^{aA}	6.73^{aA}	8.38^{aA}	111.09^{abB}
M3 = 10 gr	4. 26^{aA}	6.96^{aA}	8.63^{aAB}	11.7625^{aA}

Jumlah Daun

Pengamatan Jumlah daun bibit kopi robusta dilakukan pada bulan kedua sampai bulan ke empat setelah dilakukan penanaman. Pemberian Pupuk Kotoran ayam Dan Mikrokapsul Bakteri Rhizosfer tidak terlihat berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah daun (helai) kopi robusta tersebut, jarak hasil duncant dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata rata Jumlah Daun Bibit Kopi Robusta, dengan perlakuan Pupuk Kotoran Ayam dan Perlakuan Mikrokapsul Bakteri Rhizosfer

Perlakuan	Rata Rata Jumlah Daun (Helai)		
	2th MAP	3th MAP	4th MAP
Penambahan Kotoran Ayam (K)			
K0 = 0 gr	4.50^{aA}	6.00^{bB}	9.25^{aA}

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.

K1 = 100 gr	5.25^{aA}	7.75^{aA}	10.75^{aA}
K2 = 200 gr	4.50^{aA}	6.25^{aB}	10.75^{aA}
K3 = 300 gr	4.50^{aA}	6.25^{bC}	10.25^{Aa}
Penambahan Mikrokapsul (M)			
M0 = 0 gr	4.40^{aA}	6.05^{aAB}	10.00^{aA}
M1 = 5 gr	4.75^{aA}	6. 50^{aB}	10.25^{aA}
M2 = 7.5 gr	4.75^{aA}	6.25^{aaB}	10.25^{aA}
M3 = 10 gr	4.75^{aA}	6.50^{aA}	10.15^{aA}

Luas Daun

Pengamatan luas daun bibit kopi dilakukan pada bulan ke empat atau pada pengamatan terakhir, pada perlakuan Pupuk Kotoran Ayam dan Perlakuan Mikrokapsul Bakteri Rhizosfer yang telah di aplikasikan, hasil pengamatan luas daun bibit kopi robusta tersebut tidak berbeda nyata, jarak hasil duncant dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata rata Luas Daun (cm^2) Bibit Kopi Robusta, dengan perlakuan Pupuk Kotoran Ayam dan Perlakuan Mikrokapsul Bakteri Rhizosfer.

Perlakuan	Luas Daun (cm^2)
Penambahan Kotoran Ayam (K)	
K0 = 0 gr	20.283^{Aa}
K1 = 100 gr	26.574^{aA}
K2 = 200 gr	26.310^{aA}
K3 = 300 gr	27.342^{aA}
Penambahan Mikrokapsul (M)	
M0 = 0 gr	20.3815^{aA}
M1 = 5 gr	24.5652^{aA}
M2 = 7.5 gr	24.7515^{aA}
M3 = 10 gr	22.9687^{aA}

PEMBAHASAN

1. TINGGI TANAMAN

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman kopi robusta meningkat pada perlakuan yang menggunakan pupuk kotoran ayam pada bulan pertama, tetapi pada bulan kedua sampai keempat mikrokapsul bakteri rhizosfer lebih meningkat yaitu pada taraf perlakuan M2 dengan pengaplikasian mikrokapsul

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0

sebanayak 200 gr, jika dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan). Tanaman yang mendapat kombinasi pupuk kotoran ayam dan mikrokapsul bakteri rhizosfer umumnya memiliki pertumbuhan tinggi paling optimal (Marziah et al., 2020).

Pupuk kotoran ayam mengandung unsur hara makro dan mikro yang lengkap, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang sangat penting untuk pertumbuhan awal tanaman, perbedaannyaa degan Pupuk Mikrokapsul bakteri rhizosfer yang di aplikasikan pada bulan Kedua setelah penanaman berfungsi meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang membantu penyerapan nutrisi oleh akar tanaman secara lebih efisien. (Ritonga et al.,2022 ; Duma et al., 2023)

Perbedaannya:

Tanaman yang hanya diberi pupuk kotoran ayam tumbuh lebih tinggi dibanding kontrol, namun belum seoptimal kombinasi dengan mikrokapsul. Sementara perlakuan mikrokapsul saja juga meningkatkan tinggi tanaman, tetapi tidak sebesar perlakuan kombinasi. Kombinasi keduanya memberikan efek sinergis, di mana nutrisi yang tersedia dapat langsung dimanfaatkan dengan bantuan bakteri yang memperbaiki lingkungan akar(singh et al., 2023).

2. Jumlah Daun

Pada Tabel 2, rata-rata jumlah daun bibit kopi robusta pada bulan kedua belum begitu terlihat, pada perlakuan mikrokapsul bulan ketiga dan keempat meningkat pada perlakuan taraf M1 dan M2. Pupuk kotoran ayam mempercepat pertumbuhan tunas dan perkembangan daun berkat kandungan nitrogen yang tinggi.Mikrokapsul bakteri rhizosfer membantu akar menyerap unsur hara lebih baik, sehingga pertumbuhan daun lebih optimal (Sari et al., 2019).

Perbedaannya:

Perlakuan kombinasi menghasilkan jumlah daun terbanyak, menandakan tanaman memiliki area fotosintesis yang lebih luas dan pertumbuhan yang lebih sehat. Perlakuan tunggal (hanya pupuk atau hanya mikrokapsul) juga meningkatkan jumlah daun, tetapi tidak sebaik kombinasi. (Kumar *et al.,*2022)

3. Luas Daun

Tabel 3 memperlihatkan bahwa luas daun (cm^2) tertinggi juga tercapai pada perlakuan kombinasi pupuk kotoran ayam dan mikrokapsul bakteri rhizosfer. Perlakuan tunggal meningkatkan luas daun dibanding kontrol, namun tidak sebesar

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.

kombinasi.

Pupuk kotoran ayam mendukung pembentukan daun yang lebih besar karena ketersediaan unsur hara yang cukup. Mikrokapsul bakteri rhizosfer meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi, sehingga daun berkembang lebih optimal (Arista, 2017).

SIMPULAN

Pupuk kotoran ayam berperan sebagai sumber nutrisi utama yang mempercepat pertumbuhan vegetatif tanaman tetapi pupuk kotoran ayam tersebut tidak seeferktif pupuk mikrokapsul.

Mikrokapsul bakteri rhizosfer meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh akar, sehingga tanaman lebih responsif terhadap pupuk dan perbedaan pengamatan yang terlihat nyata pada pengamatan Tinggi tanaman yaitu pada taraf M2 dengan menggunakan mikrokapsul sebanyak 7,5 gr.

Perbedaannya terletak pada efek sinergis yang dihasilkan dari kombinasi perlakuan, di mana tanaman mendapatkan suplai nutrisi yang optimal dan lingkungan akar yang lebih sehat, sehingga pertumbuhan menjadi maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Afzal I, Shinwari ZK, Sikandar S, Shahzad S. 2019. Bakteri Endofit yang Menguntungkan Tumbuhan: Mekanisme, Keanekaragaman, Kisaran Inang dan Penentu Genetik.Penelitian Mikrobiologi221: 36-49.

Akhavan Mahdavi S, Jafari SM, Assadpoor E, Dehnad D.2016;85:379–85 Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *Int J Biol Macromol*.

Ali H, Kermelita D. 2018. Efektifitas Mikroorganisme Lokal (MOL) Rebung Bambu Sebagai Aktivator Pembuatan Kompos Tahun 2014. Journal of Nursing and Public Health 6(1): 8-14.

Arista, R. S. dan A. M. (2017). Isolasi dan Kraterisasi Bakteri Endofit Akar Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.) Penghasil hormon Indole Acetic Acid (IAA). Seminar Malang 2017 , 2(4) 143-152.

Duma, A. (2023). Penggunaan Kotoran Unggas untuk Meningkatkan Ketersediaan Unsur Hara. Seminar Nasional Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret.

Hasbullah, Umar Hafidz Asyari, et al. 2021. Kopi Indonesia. Yayasan Kita Menulis

Itelima, J.U., Bang, W.J., Sila, M.D, Onyimba, I.A., Egbere, O.J. 2018. A review: biofertilizer; a key player in enhancing soil fertility and crop productivity. J Microbiol Biotechnol Rep. 2(1): 22-28.

Kumar, A., Singh, A., & Singh, P. (2022). Synergistic effect of biofertilizers and organic amendments on plant growth and photosynthetic efficiency in crops. Agronomy, 12(3), 789.

Karimi N, Ghanbarzadeh B, Hamishehkar H, Mehramuz B. Antioxidant , Antimicrobial and Physicochemical Properties of Turmeric Extract-Loaded Nanostructured Lipid Carrier (NLC). 2018;22(November 2017):18–24.

Kumalawati, Z., Ridwan, A. dan Kafrawi, K. 2018. Jamur mikoriza arbuskula di rizosfer kakao (Theobroma cacaoL.) pada berbagai jenis kemiringan lahan.AgroPlantae7(2):1-7 (dalam bahasa Indonesia).

Lengkong S.C., Siahaan, P., Tangapo, A. M. (2022). Analisis Analisis Karakteristik dan Uji Bioaktivitas

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0

Bakteri Rizosfer PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Isolat Kalasey J Bios Logos. Vol. 12. (2)

Marziah, A., Nurhayati, N., & Nurahmi, E. (2020). Respon Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika (Coffea arabica L.) Varietas Ateng Keumala akibat Pemberian Pupuk Organik Cair Buah-buahan dan Dosis Pupuk Fosfor. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 4(4), 11–20. https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i4.12871

Ngantung, Jeanete A.B, Jenny J. Rondonuwu, & Rafli I. Kawulasari. 2018. Respon Tanaman Sawi Hijau (Brassica juncea L.) terhadap Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik di Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur. Eugenia. Vol. 24. No. 1.

Nildayanti, N. 2018. Eksplorasi rizosfer kakao jamur berpotensi sebagai agen hayati. Agroplantae: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan 7(1): 23-27 (dalam bahasa Indonesia). Rahmi, R.

Rasmito, A., Hutomo, A., Hartono, A.P., 2019. Pembuatan pupuk organik cair dengan cara fermentasi limbah cair tahu, starter filtrat kulit pisang dan kubis, dan bioaktivator EM4. Jurnal IPTEK 23 (1), 55– 62.

Ritonga, M., et al. (2022). Peran Mikrokapsul Bakteri Rhizosfer dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 7(2), 101-110.

Sari, R. R., Marliah, A., & Hereri, A. I. (2019). Pengaruh Komposisi Media Tanam Dan Dosis Npk Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (Coffea chanephora L.). Jurnal Agrium, 16(1), 28.

Singh, R., Kumar, V., & Sharma, S. (2023). Synergistic effects of organic manure and plant growth-promoting rhizobacteria on growth and yield of vegetable crops. Agriculture, 13(2), 345.

Syahputra, Hendri., Arnia, Fitri., dan Munadi, Khairul. 2019. Karakterisasi Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Warna Kulit Kopi Menggunakan Histogram dan Momen Warna. Jurnal Nasional Teknik Elektro 8(1): 42-50

Warsito, K., Hafiz, M., Irawan, I., & Friski, F. (2024). Potential of Rhizosphere Bacteria Microcapsules Isolated from Sinabung Volcano in Stimulating Arabica Coffee Growth (Coffea arabica L.)Vol11(11), 481-488

Warsito, K., Hafiz, M., Irawan, I., & Friski, F. (2024). APLIKASI BIOFERTILIZER PADA TANAMAN KOPI ARABIKA (Coffea arabica L.)Penerbit : CV. RASKHA MEDIA GROUP., Cetakan, November 2024, 978-623-10-5023-6.

Wathoni N, Yuan Shan C, Yi Shan W, Rostinawati T, Indradi RB, Pratiwi R, et al. Characterization and antioxidant activity of pectin from Indonesian mangosteen (Garcinia mangostana L.) rind. Heliyon [Internet]. 2019;5(8).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.