

EFEKTIVITAS ASAM HUMAT DAN BAKTERI PENAMBAT NITROGEN DALAM PERTUMBUHAN BIBIT KOPI ROBUSTA

EFFECTIVENESS OF HUMIC ACID AND NITROGEN-FIXING BACTERIA IN THE GROWTH OF ROBUSTA COFFEE SEEDLINGS

Anindya Khairunnisa, Intan Ratna Dewi Anjarsari*, dan Mira Ariyanti

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: intan.ratna@unpad.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 19 February 2025

Peer Review: 11 July 2025

Accepted: 5 August 2025

KATA KUNCI:

Asam humat, *azospirillum*, fase vegetatif, kopi robusta

KEYWORDS:

Azospirillum, humic acid, robusta coffee, vegetative phase

© 2025 The Author(s).
Published by Department of
Agrotechnology, Faculty of
Agriculture, University of
Lampung.

ABSTRAK

Perkebunan kopi Robusta di Indonesia masih memiliki tingkat produktivitas yang rendah dibandingkan dengan negara lain seperti Vietnam yaitu 0,8 ton/ha dan 2,48 ton/ha. Salah satu faktor penentu produktivitas tanaman adalah penggunaan bibit. Fase pembibitan pada tanaman kopi merupakan fase penting yang sangat menentukan kualitas pertumbuhan dan produksi tanaman kedepannya. Peningkatan pertumbuhan fase pembibitan biasa dilakukan dengan pemenuhan nutrisi melalui pemberian pupuk anorganik. Pemberian pupuk anorganik secara intensif dengan dosis tinggi dapat menyebabkan terakumulasinya residu pupuk sehingga berdampak buruk bagi tanah dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk mengoptimalkan pertumbuhan vegetatif kopi Robusta pada fase pembibitan melalui pemberian asam humat dan *Azospirillum* sp. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2024 - September 2024 di kebun percobaan Ciparanje Universitas Padjadjaran. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tujuh kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak empat kali, masing-masing ulangan terdiri dari tiga tanaman. Perlakuan meliputi kontrol, 40 mL/polybag *Azospirillum*, 20 mL/polybag *Azospirillum*, 10 mL/polybag asam humat, 5 mL/polybag asam humat, dan kombinasi antar keduanya. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi asam humat 10 mL/polybag + *Azospirillum* 40 mL/polybag memberikan pengaruh pada pertambahan jumlah daun tetapi tidak menunjukan pengaruh signifikan pada luas daun, indeks klorofil, diameter batang, serta populasi *Azospirillum*.

ABSTRACT

Robusta coffee plantations in Indonesia still have low productivity levels compared to other countries such as Vietnam, namely, 0.8 tons/ha and 2.48 tons/ha. One of the factors determining plant productivity is the use of seeds. The seedling phase in coffee plants is a crucial stage that significantly influences the quality of future plant growth and production. Increasing the growth of the seedling phase is typically achieved by supplying essential nutrients through the application of inorganic fertilizers. Intensive application of inorganic fertilizers at high doses can accumulate fertilizer residues that harm the soil and the environment. Therefore, it is necessary to optimize the vegetative growth of Robusta coffee in the nursery phase by applying humic acid and *Azospirillum* sp. This research was conducted in June 2024 - September 2024 in the Ciparanje experimental field of Universitas Padjadjaran. The experimental design used was Randomized Group Design (RBD) with seven treatment combinations and repeated four times, each replicate consisting of three plants. Treatments included control, 40 mL/polybag *Azospirillum*, 20 mL/polybag *Azospirillum*, 10 mL/polybag humic acid, 5 mL/polybag humic acid, and a combination. The results showed that the combination of humic acid 10 mL/polybag + *Azospirillum* 40 mL/polybag had an effect on the increase in the number of leaves, but did not show a significant impact on leaf area, chlorophyll index, stem diameter, and *Azospirillum* population.

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu tanaman perkebunan yang bernilai ekonomi tinggi. Menurut Rahardjo (2012), tanaman kopi berperan sebagai penyokong pendapatan masyarakat. Selain itu, hasil panen kopi juga ikut berkontribusi dalam menopang pembangunan nasional karena ikut serta meningkatkan devisa negara melalui ekspor biji mentah serta produk olahannya. Nilai ekspor nasional kopi pada tahun 2022 mencapai 437.555 ton dengan nilai 1.148.383 US\$, sedangkan impor kopi sebesar 4.203 ton dengan nilai 18.419 US\$ (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2023). Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam budidaya kopi adalah penggunaan bibit unggul sebagai bahan tanam dipastikan unggul dan sehat. Oleh sebab itu, diperlukan upaya peningkatan kualitas bibit tanaman kopi guna meningkatkan produktivitas tanaman kopi di Indonesia. Faktor utama yang dapat mempengaruhi kualitas pertumbuhan bibit kopi adalah ketersediaan nutrisi bagi tanaman.

Selama pertumbuhan, bibit kopi sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi yang diambil dari tanah. Tanah yang tidak dapat menyediakan nutrisi cukup dalam mendukung pertumbuhan tanaman perlu diberi tindakan pemupukan. Pemupukan yang digunakan pada pembibitan kopi memiliki dosis yang berbeda berdasarkan umurnya. Pada bibit berumur 3 bulan, dosis pupuk anorganik yang digunakan adalah Urea 10 g/m², TSP 5 g/m², dan KCl 5 g/m² (Thamrin *et al.*, 2020). Di sisi lain terdapat permasalahan dalam pemberian pupuk anorganik pada tanah yaitu pupuk anorganik tidak dapat diserap secara optimal seluruhnya oleh tanaman (Anjarsari *et al.*, 2015). Hal tersebut dikarenakan unsur hara yang diberikan pada tanah dapat mengalami penguapan, pencucian, serta pengikatan oleh tanah (Anjarsari *et al.*, 2015).

Kemungkinan munculnya dampak buruk tersebut terhadap lingkungan perlu dihindari dengan mengoptimalkan penyerapan unsur hara oleh tanaman. Salah satunya adalah dengan penggunaan asam humat. Penggunaan asam humat di dalam tanah dapat berperan sebagai pupuk, bahan amelioran, serta hormon perangsang tumbuh yang dapat menguntungkan tanaman melalui perbaikan sifat fisika, kimia, serta biologi tanah (Fourelita *et al.*, 2022). Selain dengan pemberian bahan yang dapat berperan sebagai pupuk, bahan amelioran, serta hormon perangsang tumbuh, pemberian mikroba yang memiliki kemampuan fiksasi unsur hara di dalam tanah, khususnya unsur N (nitrogen) juga dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif bagi bibit kopi. Berkaitan hal tersebut, unsur N memiliki peran yang sangat penting bagi tanaman dalam berjalannya proses fotosintesis yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif bibit kopi dan akan merangsang pertumbuhan secara pesat jika diberikan dengan dosis yang tepat dengan kebutuhan tanaman (Iqbal *et al.*, 2023). Menurut (Victolika & Ginting, 2014) pemberian asam humat melalui dapat mengurangi pupuk kimia. Hal ini sejalan dengan Shaaband *et al.*, (2010) yang mendapatkan bahwa pemberian asam humat melalui daun dapat mengurangi penggunaan pupuk NPK.

Salah satu mikroba yang memiliki kemampuan dalam membantu penyerapan unsur tersebut untuk tanaman adalah *Azospirillum* sp. Menurut Widawati (2015), *Azospirillum* sp. dapat menambat unsur N bebas di udara tanpa bersimbiosis dengan tanaman. Selain itu, bakteri ini juga menghasilkan hormon yang berperan menginisiasi pertumbuhan serta perkembangan tanaman seperti pemanjangan akar primer, pembentukan akar lateral dan adventif, serta memacu pertumbuhan akar yaitu IAA (Herlina *et al.*, 2016). Bakteri *Azospirillum* sp. hidup bebas dalam tanah di sekitar akar dan permukaan akar tanaman sekaligus sebagai bakteri pemantap agregat tanah.

Menurut Suryatmana *et al.*, (2020) pemberian *Azospirillum* sp. ke dalam tanah yang bukan habitat alaminya dapat mengalami penurunan viabilitas dan penurunan kemampuan dalam menjalankan aktifitas metabolik sehingga perlu dilakukan upaya peningkatan daya hidupnya. Salah satunya adalah dengan pemberian bahan organik yang dapat berperan sebagai sumber nutrisi tambahan bagi inokulan *Azospirillum* sp. sehingga dapat menjaga serta meningkatkan viabilitas sel dan aktifitas *Azospirillum* sp. (Suryatmana *et al.*, 2020). Gunawan *et al.*, (2010) menyatakan bahwa

aktivitas dan perkembangan populasi mikroba perlu ditunjang oleh ketersediaan sumber karbon sebagai sumber energinya. Mikroba akan memperoleh energi tersebut dengan cara merubah karbon menjadi material sel melalui proses asimilasi (Gunawan *et al.*, 2010). Oleh karena itu, pemberian asam humat ke dalam tanah diharapkan dapat menunjang perkembangan *Azospirillum* sp. sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kopi dengan lebih efektif dan efisien. Menurut Tikhonov (2010) dalam (Santi, 2014) bahwa fungsi asam humat di dalam tanah adalah sebagai sumber karbon dan membantu ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan mikroorganisme tanah. Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai upaya optimalisasi pertumbuhan bibit kopi Robusta melalui pemberian asam humat dan *Azospirillum* sp. Pemberian asam humat dan inokulan *Azospirillum* sp. akan menunjukkan manfaatnya dengan baik jika diberikan dengan menggunakan dosis yang tepat. Berbagai kombinasi dosis antar keduanya akan memberikan hasil yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman sehingga perlu untuk diteliti kombinasi dosis asam humat dan *Azospirillum* sp. yang tepat agar dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kopi.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan bulan September 2024 dan dilaksanakan di kebun percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat yang berada pada ketinggian sekitar 750 meter di atas permukaan laut (mdpl).

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah jangka sorong, klorofil meter model SPAD Konica Minolta. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah bibit kopi Robusta klon kopi BP 436 umur 4 bulan ditanam dalam polibag berukuran $\pm 30 \times 20$ cm, berisi sekitar 10 kg tanah campuran (tanah:pupuk kandang 2:1), asam humat yang diperoleh dari Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman Universitas Padjadjaran, inokulan *Azospirillum* sp., air, pupuk kandang, insektisida Lannate 25WP, fungisida Antracol 70WP, polybag dan tanah. Inokulan *Azospirillum* sp. berbentuk cair yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.

2.3 Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari tujuh perlakuan berbagai dosis asam humat dan *Azospirillum* sp. Setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali. Dalam satu perlakuan terdiri atas tiga tanaman sehingga jumlah tanaman yang digunakan adalah 84 tanaman (84 polybag). Satu polybag setara dengan 10 kg tanah dan pupuk kandang (2:1). Berikut perlakuan yang digunakan: (A) = kontrol (tanpa asam humat dan tanpa *Azospirillum*); (B) = 40 mL/polybag *Azospirillum*; (C) = 10 mL/polybag asam humat; (D) = 10 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; (E) = 10 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*; (F) = 5 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; (G) = 5 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Persiapan Lahan

Lahan yang digunakan dalam penelitian ini berukuran 10 m x 7,5 m. Sebelum digunakan lahan diberi naungan terlebih dahulu menggunakan paranet 70%. Pemasangan naungan dilakukan untuk mengurangi intensitas cahaya matahari pada area pembibitan. Setelah itu, lahan dibersihkan dari gulma yang tumbuh disekitarnya.

2.4.2 Persiapan Media Tanam

Tanah yang digunakan adalah tanah Inceptisol yang diperoleh dari Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Sebelum digunakan tanah dibersihkan dari sisa gulma. Tanah dicampur pupuk kandang dengan perbandingan (2:1) (Sari *et al.*, 2019). Tanah yang telah dicampurkan dimasukkan ke dalam polybag berukuran 30 x 20 cm.

2.4.3 Penanaman Bibit Tanaman

Bibit tanaman yang digunakan merupakan klon kopi Robusta BP 436 yang berumur 4 bulan dengan tinggi rata-rata sekitar 25 cm. Bibit kopi diperoleh dari UPTD Balai Pengembangan dan Produksi Benih Perkebunan Jawa Barat. Bibit yang semulanya ditanam pada polybag berukuran 18 x 20 cm dipindah tanamkan ke dalam media tanam yang telah disiapkan di dalam polybag berukuran 30 x 30 cm. Masing-masing tanaman diberikan pupuk NPK sebanyak 2,5 g/polybag sebagai pemupukan dasar. Pupuk diberikan dengan cara membenamkannya di dalam lubang tugal dengan jarak 2 cm dari batang.

2.4.4 Aplikasi Asam Humat

Asam humat diaplikasikan sebanyak satu kali pada tahap awal penelitian. Asam humat yang digunakan berbentuk cair diperoleh dari Laboratorium Kimia dan Nutrisi Tanaman Universitas Padjadjaran. Diaplikasikan dengan cara dikocorkan ke tanah sesuai dosis perlakuan yaitu 0 mL, 5mL, dan 10 mL per tanaman.

2.4.5 Aplikasi Azospirillum

Inokulan Azospirillum yang digunakan berbentuk cair. Diaplikasikan sebanyak satu kali pada tahap awal penelitian. Azospirillum diaplikasikan dengan cara dikocorkan pada tanah sekitar tanaman sesuai dosis perlakuan.

2.4.6 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penyiraman dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi media tanam dan cuaca. Apabila kondisi media tanam masih lembab dan cuaca turun hujan maka penyiraman tidak dilakukan. Penyiangan gulma dilakukan menggunakan cara manual yaitu dengan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar lahan menggunakan tangan serta cangkul atau parang. Selain itu dilakukan juga penyemprotan insektisida atau fungisida ketika terdapat gejala munculnya serangan hama ataupun penyakit. Jenis Hama yang menyerang pada umumnya adalah Kutu hijau (*Coccus viridis*). , kutu daun (*Aphis gossypii*) serta ulat penggulung daun (*Cydia leucostoma*). Jenis penyakit pada kopi diantaranya karat daun kopi. Hama dan penyakit dilakukan secara visual dengan melihat gejala dan kerusakan yang muncul akibat adanya hama atau penyakit. Pengendalian pada bulan pertama dan kedua hama hanya dikendalikan secara mekanis karena tidak menimbulkan kerusakan yang berarti.

Pengendalian secara kimiawi. menggunakan insektisida Lannate 25WP dan fungisida Antracol 70WP dengan konstrasi 1 g L⁻¹.

2.5 Variabel Pengamatan

2.5.1 Pertambahan Jumlah Daun (helai)

Pengamatan pertambahan jumlah daun dilakukan setiap 2 minggu sekali sejak tanaman berumur 4 MSP hingga 16 MSP (minggu setelah perlakuan). Daun yang dihitung merupakan daun yang telah membuka sempurna. Pertambahan jumlah daun dihitung dengan mengurangi jumlah daun pada umur tertentu dengan jumlah daun pada 0 MSP.

2.5.2 Luas Daun (cm²)

Pengamatan luas daun dilakukan saat tanaman berumur MSP. Luas daun ditentukan dengan mengukur panjang dan lebar daun. Setelah itu dihitung menggunakan rumus luas daun yaitu, Luas daun = 0,6626 (Panjang Daun x Lebar Daun)^{1,0116} (Antunes et al., 2008). Petambahan luas daun dihitung dengan mengurangi luas daun pada umur tertentu dengan jumlah daun pada 0 MSP.

2.5.3 Indeks Klorofil Daun (CCI)

Indeks klorofil daun diukur menggunakan klorofil meter digital model SPAD Konica Minolta. Pengamatan dilakukan terhadap dua helai daun sampel. Sampel daun dijepitkan pada sensor alat hingga angka tampil pada layar. Jumlah kedua indeks klorofil daun dirata-ratakan. Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu sekali sejak tanaman berumur 4 MSP hingga 16 MSP. Petambahan indeks klorofil daun dihitung dengan mengurangi indeks klorofil daun pada umur tertentu dengan indeks klorofil daun pada 0 MSP.

2.5.4 Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)

Pertambahan tinggi tanaman diukur pada saat tanaman berumur 4 MSP, 6 MSP, 8 MSP, 10 MSP, 12 MSP, 14 MSP, dan 16 MSP. Pengukuran dilakukan dari pangkal batang hingga titik tumbuh. Petambahan tinggi tanaman dihitung dengan mengurangi tinggi tanaman pada umur tertentu dengan tinggi tanaman pada 0 MSP.

2.5.5 Pertambahan Diameter Batang (mm)

Pertambahan diameter batang diukur setiap 2 minggu sekali sejak tanaman berumur 4 MSP hingga 16 MSP. Diameter diukur pada batang tanaman yang terletak 5 cm di atas permukaan tanah dengan menggunakan jangka sorong.

2.5.6 Populasi *Azospirillum*

Jumlah total bakteri penambat N *Azospirillum* sp. dihitung setelah tanaman berumur 16 MSP. Sampel tanah diberikan ke Laboratorium Biologi Tanah, Universitas Padjadjaran untuk diuji dengan menggunakan metode TPC (Total Plate Count).

2.5.7 Data Iklim

Data iklim didapatkan dari Stasiun Klimatologi Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran sejak awal hingga akhir penelitian. Data iklim meliputi suhu, kelembaban udara, dan curah hujan. Data diambil pada periode bulan Juni hingga September dengan interval waktu setiap hari.

2.5.8 Analisis Media Tanam

Analisis media tanam dilakukan untuk mengetahui pH, C-organik, N-total, P tersedia, K, rasio C/N, serta kapasitas tukar kation (KTK) media tanam. Analisis dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman Fakultas Pertanian Unpad.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Iklim Cuaca

Perubahan iklim merupakan kondisi beberapa unsur iklim (curah hujan, suhu udara) yang magniutude dan /atau intensitasnya cenderung mengalami perubahan atau menyimpang dari dinamika rata-rata menuju ke arah (trend) tertentu (meningkat atau menurun) (Supriadi, 2015). Mengidentifikasi perubahan iklim sangat penting khususnya dalam budidaya kopi agar bisa memilih teknologi yang adaptif dan mitigative pad tanaman kopi terhadap adanya perubahan iklim(Supriadi, 2015) Keadaan iklim dapat mempengaruhi pertumbuhan dan proses fisiologi bagi tanaman yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap produktivitas.

Data iklim yang diamati meliputi kelembapan, suhu, dan curah hujan selama empat bulan yaitu sejak bulan Juni hingga bulan September 2024. Berdasarkan data yang diperoleh rata-rata kelembapan udara selama penelitian berlangsung adalah sebesar 86%. Kelembaban udara tertinggi mencapai 88% terjadi pada bulan Juni dan Juli sedangkan kelembaban udara terendah adalah 84% terjadi pada bulan Agustus dan September. Rata-rata suhu selama penelitian berlangsung adalah 22,8°C. Rata-rata suhu tertinggi terjadi pada bulan Juni dan September yaitu mencapai 23,3°C. Rata-rata suhu terendah terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 22,2°C. Kondisi suhu selama percobaan tersebut sudah dapat dikatakan sesuai untuk pertumbuhan tanaman kopi. Hal tersebut didasari oleh pernyataan (Tarigan *et al.*, 2015), bahwa kopi dapat tumbuh optimal pada suhu 20°C-24°C.

Curah hujan selama penelitian berlangsung memiliki rata-rata 51 mm/bulan. Pada bulan Juni dan Juli memiliki curah hujan sebesar 72,7 mm/bulan dan 37,5 mm/bulan. Rata-rata curah hujan tertinggi terjadi pada bulan September yaitu 90,5 mm/bulan. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu 3,5 mm/bulan. Kondisi ini termasuk ke dalam kategori bulan kering. Sesuai pernyataan Supriadi *et al.* (2018) bahwa tanaman kopi Robusta memerlukan fase bulan kering dengan curah hujan kurang dari 60 mm/bulan selama 3 bulan.

3.2 Analisis Media Tanam

Hasil analisis media tanam menunjukkan bahwa media yang digunakan untuk menanam bibit kopi memiliki pH yang agak asam yaitu 6,2. Kondisi tersebut merupakan kondisi yang tepat untuk pertumbuhan tanaman kopi. Hal ini sesuai dengan pendapat Wardana *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa pH antara 5,5-6,5 merupakan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan kopi. Amelia *et al.*, (2018) menyatakan bahwa derajat kemasaman tanah (pH) penting untuk menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara tersedia bagi tanaman sehingga unsur hara dapat diserap tanaman karena reaksi tanah sangat mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Semakin unsur hara tersedia dan tercukupi dengan baik maka pertumbuhan tanaman akan optimal.

Kandungan C-organik pada media tanam yang digunakan tergolong sangat tinggi yaitu 5,0%. Menurut Wardana *et al.*, (2023) kadar C-organik di atas 2% sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman kopi. Nilai C/N pada media tanah tergolong sedang yaitu 16. Keadaan ini kurang sesuai dengan kondisi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman kopi. Nilai C/N yang sesuai menurut Wardana *et al.*, (2023) adalah berkisar antara 10-12.

Kapasitas Tukar Kation pada tanah tergolong tinggi yaitu $38,5 \text{ cmol.kg}^{-1}$. Keadaan ini sesuai untuk pertumbuhan kopi menurut Wardana (2023), yaitu diatas 15 cmol.kg^{-1} . Kandungan N-total pada tanah tergolong sedang yaitu 0,3%. Kandungan P_2O_5 tergolong sangat tinggi yaitu 27,7 ppm P. Kandungan k-dd $1,9 \text{ cmol.kg}^{-1}$ tergolong tinggi. Nitrogen (N) penting bagi pembentukan klorofil dan pertumbuhan vegetatif, meskipun penyerapannya melalui daun relatif rendah (8,6–12,8%) dibanding aplikasi ke tanah (Ramirez-builes *et al.*, 2024). Fosfor (P) mendukung pertumbuhan akar dan proses transfer energi (Vinecky *et al.*, 2017), sedangkan kalium (K) berperan dalam memperkuat batang, ketahanan terhadap stress lingkungan serta berperan pembentukan produktivitas buah kopi (Vinecky *et al.*, 2017).

Beberapa parameter analisis media tanam yang diamati meliputi pH tanah, rasio C/N, KTK (Kapasitas Tukar Kation), dan ketersediaan hara mempengaruhi pertumbuhan tanaman khususnya bibit kopi. Kemampuan tanah menahan unsur hara dipengaruhi oleh KTK, rasio C/N yang seimbang membantu dekomposisi bahan organik, dan ketersediaan hara sangat penting untuk pertumbuhan bibit kopi (Muhammad *et al.*, 2022).

3.3 Analisis Asam Humat

Analisis kandungan asam humat dilakukan di Laboratorium Kimia dan Nutrisi Tanaman, Unpad. Bahan yang diuji merupakan sampel asam humat yang digunakan sebagai perlakuan pada penelitian ini. Parameter yang diuji meliputi kandungan senyawa humat, kadar c-organik, N, dan rasio C/N. Hasil penelitian diperoleh bahwa terdapat kadar humat sebesar 5,04%, kadar C-organik sebesar 3,5%, kadar N 0,1% dan nilai C/N sebesar 35,1. Berdasarkan data tersebut, asam humat dengan karakteristik di atas berpotensi mendukung pertumbuhan bibit kopi robusta, terutama pada fase vegetatif awal bibit kopi robusta. Namun, karena kandungan N-nya rendah dan C/N-nya tinggi, sebaiknya dipadukan dengan sumber nitrogen lain, baik anorganik (misalnya urea/ZA) atau pupuk hayati (misalnya *Azospirillum* spp.) untuk mendukung pertumbuhan optimal bibit. Asam humat merupakan salah satu stabilisator tanah ramah lingkungan dan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah (Sari & Abdoellah, 2017). Hasil penelitian dari Aprilia & Siswanto, (2024) bahwa pemberian asam humat dapat memperbaiki kapasitas tukar kation sebesar 3,18% dan C-organik sebesar 0,08% pada tanaman padi.

3.4 Pertambahan Jumlah Daun (helai)

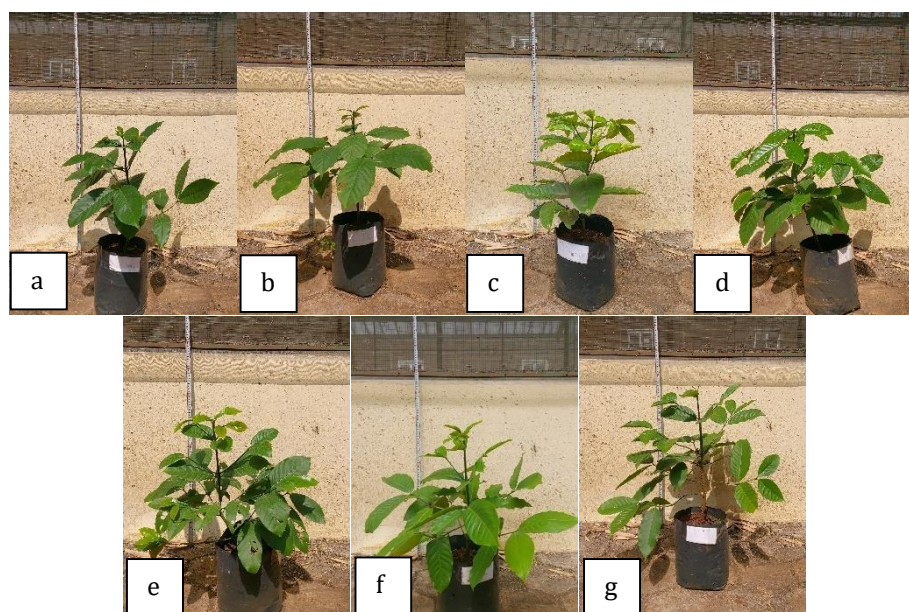
Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian asam humat dan *Azospirillum* memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun. Perlakuan yang mengkombinasikan antara asam humat dengan *Azospirillum* terutama pada perlakuan E (10 mL/ asam humat dan 40 mL/polybag *Azospirillum*) menunjukkan kecenderungan pertambahan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol maupun pemberian asam humat atau *Azospirillum* secara tunggal (Gambar 1).

Perpaduan antara keduanya dengan dosis tersebut telah mampu memberikan nutrisi yang cukup untuk melakukan pembentukan daun kopi. Hal tersebut terjadi karena asam humat memiliki kemampuan untuk meningkatkan penyerapan nitrogen ke dalam tanaman sehingga pertumbuhan daun dapat meningkat (Rosniawaty *et al.*, 2018). Selain itu, asam humat juga berperan sebagai sumber karbon dan dapat menyediakan nutrisi bagi pertumbuhan mikroorganisme (Tikhonov *et al.*, 2010). Artinya, selain dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, asam humat juga dapat menunjang perkembangan *Azospirillum* di dalam tanah.

Tabel 1. Pengaruh Aplikasi Asam Humat Dan Bakteri Penambat N (*Azospirillum* sp.) terhadap Pertambahan Jumlah Daun pada 2-16 MSP

Perlakuan	Rata-rata pertambahan jumlah daun pada umur (MSP)							
	2	4	6	8	10	12	14	16
A	1.5 b	2.5 c	4.2 c	6.7 c	8.2 d	11.2 d	16.5 c	19.8 c
B	2.2 b	4.2 c	4.5 c	7.2 c	8.7 cd	11.5 cd	16.8 c	20.2 c
C	5.2 ab	8.5 b	10.1 b	12.2 b	13.3 bc	14.8 bcd	18.8 c	21.5 c
D	4.5 ab	9.0 b	10.1 b	13.5 b	16.5 ab	18.7 ab	22.0 bc	27.7 bc
E	9.2 a	13.8 a	16.1 a	18.8 a	20.3 a	22.7 a	31.2 a	35.5 a
F	7.3 ab	10.5 ab	12.2 b	14.7 b	17.3 ab	21.0 ab	27.1 ab	27.8 ab
G	5.7 ab	9.0 b	9.8 b	11.4 b	13.3 bc	17.7 abc	27.2 ab	29.2 ab

Keterangan: Nilai rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama pada masing masing kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%. MSP = Minggu Setelah Perlakuan. A = kontrol (tanpa asam humat dan tanpa *Azospirillum*); B = 40 mL/polybag *Azospirillum*; C = 10 mL/polybag asam humat; D = 10 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; E = 10 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*; F = 5 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; G = 5 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*.



Gambar 1. Jumlah daun kopi yang diberi asam humat dan *Azospirillum* pada umur 16 MSP. (a) = kontrol (tanpa asam humat dan tanpa *Azospirillum*); (b) = 40 mL/polybag *Azospirillum*; (c) = 10 mL/polybag asam humat; (d) = 10 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; (e) = 10 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*; (f) = 5 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; (g) = 5 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*.

Keberadaan *Azospirillum* di dalam tanah berkontribusi terhadap ketersediaan nitrogen bagi tanaman. Sesuai pernyataan Widawati (2015), *Azospirillum* dalam tanah mampu melakukan fiksasi N bebas di udara menjadi nitrogen tersedia bagi tanaman yaitu NO_3^- (nitrat) atau NH_4^+ (amonium) dengan melalui proses pengubahan menjadi NH_3 (amonia) dengan bantuan nitrogenase kemudian NH_3 mengalami perombakan menjadi glutamin dan alanin. Bakteri ini dapat menyediakan unsur hara N dan P dengan menambat N bebas di udara, tetapi tidak melakukan simbiosis dengan tanaman (Widawati, 2015). Nitrogen yang diserap tanaman akan berperan sebagai pembentuk klorofil, protein, serta asam amino sehingga dapat memicu pertambahan jumlah daun (Iqbal et al., 2023). Hal ini menyebabkan keberadaan asam humat dan *Azospirillum* di dalam tanah mampu memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan tanaman khususnya dalam pembentukan daun baru.

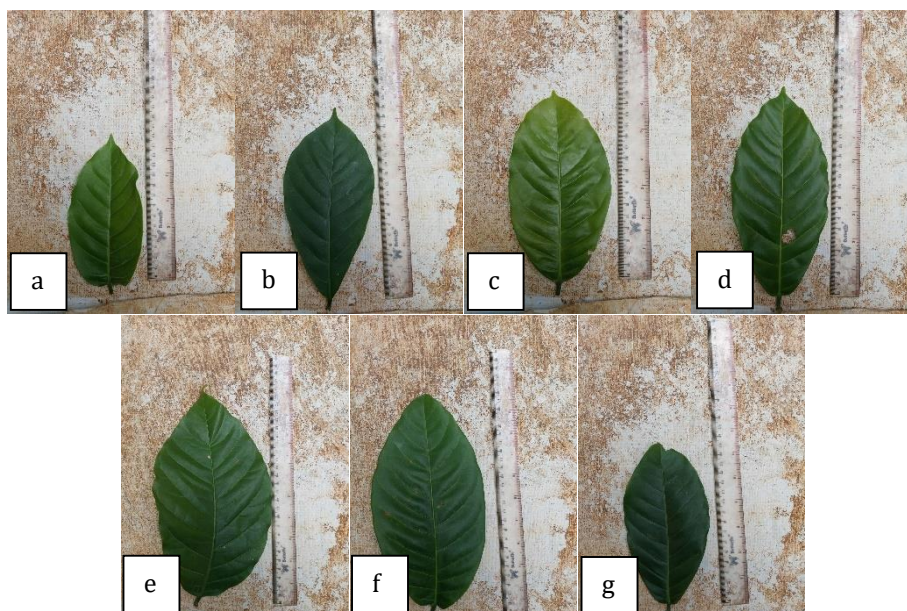
3.5 Pertambahan Luas Daun (cm²)

Pertambahan luas daun pada saat tanaman berumur 16 MSP menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji F pada taraf kepercayaan 95% (Tabel 2) dan hal ini tampak pada Gambar 2. Penyebab hal tersebut terjadi salah satunya adalah karena unsur hara yang terkandung dalam pupuk organik bersifat lambat tersedia bagi tanaman sehingga kurang berperan dalam penyediaan unsur N pada saat tanaman memerlukannya untuk pertumbuhan luas daun (Ariyanti *et al.*, 2017). Menurut Anjarsari *et al.* (2015), pertambahan luas daun berhubungan erat dengan ketersediaan unsur hara N, total luas daun yang besar dapat diperoleh jika konsentrasi nitrogen lebih tinggi. Pengaruh perlakuan yang belum terlihat perbedaan yang nyata pada luas daun salah satu penyebabnya diduga karena kandungan nitrogen total pada media tanam tergolong sedang (0,32%), yang artinya cukup untuk memenuhi kebutuhan nitrogen awal tanaman kopi robusta. Hal ini mengakibatkan pengaruh dari penambahan *Azospirillum* dan asam humat terhadap luas daun menjadi kurang menonjol.

Tabel 2. Pengaruh Aplikasi Asam Humat Dan Bakteri Penambat N (*Azospirillum* sp.) terhadap Pertambahan Luas Daun pada 16 MSP

Perlakuan (/polybag)	Rata-rata pertambahan luas daun pada umur (MSP)
	16
A (kontrol)	1023.7
B (40 mL <i>Azospirillum</i>)	1065.6
C (10 mL asam humat)	1214.5
D (10 mL asam humat + 20 mL <i>Azospirillum</i>)	1123.9
E (10 mL asam humat + 40 mL <i>Azospirillum</i>)	1428.1
F (5 mL asam humat + 20 mL <i>Azospirillum</i>)	1256.4
G (5 mL asam humat + 40 mL <i>Azospirillum</i>)	1055.6

Keterangan: MSP = Minggu Setelah Perlakuan.



Gambar 2. Dokumentasi luas daun kopi yang diberi asam humat dan *Azospirillum* pada umur 16 MSP.

(a) = kontrol (tanpa asam humat dan tanpa *Azospirillum*); (b) = 40 mL/polybag *Azospirillum*; (c) = 10 mL/polybag asam humat; (d) = 10 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; (e) = 10 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*; (f) = 5 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; (g) = 5 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*.

3.6 Indeks Klorofil Daun (CCI)

Hasil analisis statistik (Tabel 3) menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata yang dihasilkan dari pemberian asam humat dan *Azospirillum* terhadap indeks klorofil daun. Hal tersebut diduga terjadi karena akar sudah dapat melakukan penyerapan unsur hara di dalam tanah dengan baik tanpa adanya perlakuan sehingga kebutuhan unsur N (nitrogen) dan Mg (magnesium) bagi tanaman sudah terpenuhi (Anjarsari *et al.*, 2015). Unsur N dan Mg merupakan unsur hara yang memiliki peran esensial dalam pembentukan klorofil daun. Sesuai pernyataan Damanhuri *et al.*, (2022) nitrogen berperan sebagai komponen utama pembentukan asam amino, protein, dan biosintesis klorofil sedangkan magnesium memiliki peran sebagai komponen pembentuk klorofil.

3.7 Pertambahan Diameter Batang (mm)

Hasil analisis statistik pada Tabel 4 menunjukkan pemberian asam humat dan *Azospirillum* tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertambahan diameter. Menurut Rosniawaty *et al.*, (2021) pertambahan diameter batang yang tidak signifikan terjadi karena pertumbuhan diameter batang pada tanaman berkayu bersifat lambat serta memiliki arah pertumbuhan horizontal, akibatnya pengaruh yang diberikan belum dapat mempengaruhi).

Tabel 3. Pengaruh Aplikasi Asam Humat Dan Bakteri Penambat N (*Azospirillum* sp.) terhadap Indeks Klorofil Daun pada 2-16 MSP

Perlakuan	Indeks klorofil daun pada umur (MSP)							
	2	4	6	8	10	12	14	16
A	48.7	51.8	54.1	54.3	55.1	54.4	53.3	48.5
B	44.0	48.2	51.9	53.8	54.2	53.8	52.9	48.7
C	45.6	49.6	51.8	54.0	54.8	54.6	52.9	49.9
D	43.9	49.2	52.0	53.5	53.8	53.2	51.7	49.5
E	50.1	52.0	52.8	53.7	53.5	52.0	51.2	50.0
F	44.9	48.2	50.7	52.5	53.3	53.0	51.7	48.8
G	47.8	51.1	53.3	54.2	55.5	55.0	53.3	49.0

Keterangan: Nilai rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama pada masing masing kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%. MSP = Minggu Setelah Perlakuan. A = kontrol (tanpa asam humat dan tanpa *Azospirillum*); B = 40 mL/polybag *Azospirillum*; C = 10 mL/polybag asam humat; D = 10 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; E = 10 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*; F = 5 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; G = 5 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*.

Tabel 4. Pengaruh Aplikasi Asam Humat dan Bakteri Penambat N (*Azospirillum* sp.) terhadap Rata-rata Pertambahan Diameter Batang pada 2-16 MSP

Perlakuan	Rata-rata pertambahan diameter batang pada umur (MSP)							
	2	4	6	8	10	12	14	16
A	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.6	1.8
B	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9
C	0.5	0.6	0.7	1.1	1.4	1.6	1.8	2.2
D	0.6	0.9	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3
E	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.0	2.6
F	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.6	1.7	1.9
G	0.5	0.6	0.7	1.0	1.3	1.6	1.6	1.8

Keterangan: Nilai rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama pada masing masing kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%. MSP = Minggu Setelah Perlakuan. A = kontrol (tanpa asam humat dan tanpa *Azospirillum*); B = 40 mL/polybag *Azospirillum*; C = 10 mL/polybag asam humat; D = 10 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; E = 10 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*; F = 5 mL/polybag asam humat + 20 mL/polybag *Azospirillum*; G = 5 mL/polybag asam humat + 40 mL/polybag *Azospirillum*.

Peningkatan ukuran batang merupakan salah satu indikator tercukupinya kebutuhan unsur hara untuk kegiatan metabolisme tanaman. Tercukupinya kebutuhan unsur hara akan memacu pertumbuhan vegetatif tanaman seperti pembentukan klorofil yang dapat mendorong laju fotosintesis sehingga fotosintat yang dihasilkan akan meningkatkan ukuran diameter batang yang lebih besar (Sopiana *et al.*, 2022). Menurut Loveless (1987) dalam Hidayat *et al.*, (2020) bahwa penambahan diameter batang terkait oleh adanya pertumbuhan sekunder termasuk pembelahan sel-sel di daerah kambium dan pembentukan jaringan xilem dan floem. Namun, pertumbuhan sekunder tidak tetap sepanjang tahun. Pertumbuhan sekunder akan berlangsung cepat pada saat musim hujan dan cukup hara, sebaliknya pada saat musim kemarau, pertumbuhan sekunder melambat atau terhenti.

3.8 Populasi *Azospirillum* (CFU⁻¹)

Hasil analisis populasi *Azospirillum* tidak menunjukkan jumlah yang berbeda antara setiap perlakuan maupun dengan kontrol, tampak pada Tabel 5. Pada perlakuan A dan C yang tidak diberi perlakuan penambahan inokulan *Azospirillum* menunjukkan bahwa pada tanah terdapat *Azospirillum* masing-masing sebanyak $4,4 \times 10^7$ CFU/g dan $4,3 \times 10^7$ CFU/g. Ini diduga terjadi karena sebelum diberi *Azospirillum* tambahan pada tanah sudah terdapat *Azospirillum* indigenous. Bakteri indigenous merupakan bakteri yang sudah mampu tumbuh secara alamiah pada lingkungan tempat tumbuhnya sejak awal (Martiningsih & Rahmi, 2019). *Azospirillum* yang diinokulasi bisa bersaing dengan strain indigenous, sehingga populasinya tidak meningkat signifikan. Tidak naiknya populasi bukan berarti tidak berkembang, tetapi bisa jadi karena sudah mencapai keseimbangan ekologis.

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat gangguan pada proses inokulasi *Azospirillum* eksogenous ke dalam tanah percobaan. *Azospirillum* memiliki sifat yang sangat rentan pada kondisi lingkungan yang baru sehingga dapat menyebabkan *Azospirillum* ekosgenus memiliki tingkat efektifitas yang lebih rendah dibandingkan *Azospirillum* indogenous (Suryatmana *et al.*, 2020). Gangguan tersebut dapat diakibatkan kondisi lingkungan yang kurang sesuai. Menurut Suryatmana *et al.*, (2020) *Azospirillum* dapat tumbuh optimal pada kondisi pH antara 6,8-7,9 dan suhu antara 32-36°C. Kondisi lingkungan dan tanah pada penelitian ini lebih rendah dari kondisi optimal yang diperlukan *Azospirillum* yaitu pH tanah 6,2 dan rata-rata suhu selama penelitian adalah 22,8°C. Hal tersebut menyebabkan *Azospirillum* eksogenous tidak dapat berkembang secara optimal sepenuhnya pada percobaan ini.

Tabel 5. Pengaruh Aplikasi Asam Humat dan Bakteri Penambat N (*Azospirillum* sp.) terhadap Populasi *Azospirillum* Setelah 16 MSP

No	Perlakuan	<i>Azospirillum</i> (CFU/g)
1.	A (kontrol)	$4,4 \times 10^7$
2.	B (40 mL <i>Azospirillum</i>)	$4,3 \times 10^7$
3.	C (10 mL asam humat)	$4,3 \times 10^7$
4.	D (10 mL asam humat + 20 mL <i>Azospirillum</i>)	$3,8 \times 10^7$
5.	E (10 mL asam humat + 40 mL <i>Azospirillum</i>)	$3,2 \times 10^7$
6.	F (5 mL asam humat + 20 mL <i>Azospirillum</i>)	$4,6 \times 10^7$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan simpulan bahwa pemberian kombinasi asam humat dan *Azospirillum* berpengaruh terhadap jumlah daun bibit kopi Robusta namun belum memberikan respons terhadap pertumbuhan, luas daun, diameter batang, indeks klorofil, dan populasi *Azospirillum* pada bibit kopi Robusta. Dosis kombinasi asam humat dan *Azospirillum* sp. yang terbaik adalah asam humat 10 mL/polybag + *Azospirillum* 40 mL/polybag yang mampu meningkatkan jumlah daun hingga 79,3% lebih tinggi dibandingkan dengan control.

Diperlukan perhatian terhadap kondisi tempat penelitian dan lingkungan yang sesuai untuk menciptakan iklim mikro yang baik bagi pertumbuhan kopi serta perkembangan *Azospirillum*. Peningkatan dosis asam humat dan *Azospirillum* dimungkinkan untuk melihat efek yang jauh lebih baik terhadap pertumbuhan bibit kopi Robusta.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anjarsari, I.R.D., S. Rosniawaty, & C. Suherman. 2015. Rekayasa ekofisiologis tanaman teh belum menghasilkan klon GMB 7 melalui pemberian asam humat dan pupuk hayati konsorsium. *Jurnal Kultivasi*. 14(1) : 25–31.
- Antunes, W.C, M.F. Pompelli, D.M. Carretero, & F.M. DaMatta, 2008. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). *Annals of Applied Biology*. 153: 33–40
- Aprilia, I.B., & P.E.S. Siswanto. 2024. Aplikasi formulasi bahan pembenah tanah terhadap beberapa sifat kimia tanah berpasir dan produksi tanaman padi. *Jurnal Agrotropika*. 23(1) : 89–98.
- Ariyanti, M., M.A. Soleh, & Y. Maxiselly. 2017. Respon pertumbuhan tanaman aren (*Arenga pinnata* merr.) dengan pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik berbeda dosis. *Jurnal Kultivasi*. 6(1): 271–278.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2023. *Statistik Kopi Indonesia 2022*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Damanhuri, D., T.W. Widodo & A. Fauzi. 2022. Pengaturan keseimbangan nitrogen dan magnesium untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung (*Zea Mays* L.). *Jurnal Ilmiah Inovasi*. 22(1): 10–15.
- Fourelita, T., D.Y. Mardhani, & A. Al Ifah, 2022. Respon pemberian kapur dolomit dan asam humat terhadap pertumbuhan bibit tanaman kopi Arabika (*Coffea arabica*). *Bulletin Agro Industri*. 49(2): 19–24.
- Gunawan, R.I., Anas, & F. Hazra. 2010. Produksi masal inokulum *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfat dengan menggunakan media alternatif. *J. Tanah Lingk*. 12(2): 33–39.
- Herlina, L., K.P. Krispinus, & D. Mustikaningtya. 2016. Kajian bakteri endofit penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) untuk pertumbuhan tanaman. *Jurnal Sain dan Teknologi*. 14(1): 51–58.
- Hidayat, W., A. Susatya, & E. Apriyanto. 2020. Pertumbuhan tanaman nyamplung (*Callophyllum innophyllum* L.) dalam blok organik dari limbah serat buah sawit dengan pemupukan di lahan pantai. *Naturalis Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 9(2): 109–118.
- Imtiaz M., L. Hamid, T. Shahzad, T. Almeelbi, I.M.I. Ismail, & M. Oves. 2016. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*. 183: 26–41.
- Iqbal, M.B.N., M. Same, & J.S.S. Hartono. 2023. Pengaruh klon kopi dan dosis urea pada pertumbuhan tanaman kopi Robusta (*Coffea canephora* L.) di kebun entres. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*. 11(1): 15–26.
- Martiningsih, & S.U. Rahm. 2019. Efektifitas bakteri indigenous limbah cair batik untuk dekolorisasi sisa pencelupan tekstil dengan zat warna remazol blue. *Jurnal Teknologika*. 9(2): 1–7

- Pudji Rahardjo. 2012. *Paduan Budi Daya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. 1st edition. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ramirez-builes, V.H., J. Küsters, E. Thiele & J.C. Lopez-ruiz. 2024. Physiological and agronomical response of coffee to different nitrogen forms with and without water stress. *Plants*. 13(13187) : 1–22.
- Rosniawaty, S., M. Ariyanti, R. Sudirja, S. Mubarak, & E.W. Saragih. 2018. Respon tanaman kopi muda terhadap pemberian jenis bahan organik yang berbeda. *Jurnal Agrosintesa*. 1(2): 71–77.
- Rosniawaty, S., R. Sudrija, M. Ariyanti, & S. Mubarak. 2021. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertumbuhan tanaman kakao belum menghasilkan. *Kultivasi*. 20(3): 160–167.
- Santi, L.P. 2014. Pengaruh asam humat terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao*) dan populasi mikroorganisme di dalam tanah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*. 40(2) : 87–94.
- Sari, N.P., & S. Abdoellah. 2017. Effectiveness of humic acid application on growth of coffee seedings. *Pelita Perkebunan*. 33(3): 188–194.
- Sari, R.R., A. Marliah & A.I. Hereri. 2019. Pengaruh komposisi media tanam dan dosis NPK terhadap pertumbuhan bibit kopi robusta (*Coffea chanephora* L.). *Jurnal Agrium*. 16(1): 28–37.
- Sopiana, S.R. Hermanto, & E.A. Nu., 2022. Pengaruh pemberian pupuk kotoran walet terhadap pertumbuhan bibit kopi liberika (*Coffea liberica*) di media gambut. *JAP: Journal of Agro Plantation*. 1(2): 74–84.
- Supriadi, H., Y. Ferry, & M.S.D. Ibrahim, 2018. *Teknologi Budidaya Kopi*. 2nd edition. IAARD Press. Jakarta.
- Supriadi, H. 2015. Budidaya tanaman kopi untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. *Perspektif*. 13(1): 35–48.
- Suryatmana, P., S.R. Putri, N.N. Kamaluddin, & M.R. Setiawati, 2020. Potensi jenis bahan organik sebagai biostimulan dalam meningkatkan populasi *Azospirillum* sp, dan hasil kedelai (*Glycine Max*. L.) pada Inceptisol Jatinangor. *Soilners*. 18(1): 1–9.
- Tarigan, E., H. Guchi, & P. Marbun. 2015. Evaluasi status bahan organik dan sifat fisik tanah (bulk density, tekstur, suhu tanah) pada lahan tanaman kopi (*Coffea* sp.) di beberapa kecamatan Kabupaten Dairi. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3(1): 246–256.
- Thamrin, S., Junaedi, & Irmayana, 2020. Respon pemberian pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit kopi Robusta (*Coffee robusta*). *Jurnal Agroplanta*. 9(1): 40–47.
- Tikhonov, V.V., A.V. Yakushev, Y.A. Zavgorodnyaya, B.A. Byzov & V.V. Demin. 2010. Effects of humic acids on the growth of bacteria. *Eurasian Soil Science*. 43(3): 305–313.
- Victolika, H., & Y.C. Ginting. 2014. Pengaruh Pemberian Asam Humat dan K terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *J. Agrotek Tropika*. 2(2): 297–301.
- Vinecky, F., F. Davrieux, A.C. Mera, G.S.C. Alves, G.V.Lavagnini, T. Leroy, F. Bonnot, O.C. Rocha, G.F. Bartholo, A.F. Guerra, G.C. Rodrigues, P. Marraccini, & A.C. Andrade. 2016. Controlled irrigation and nitrogen, phosphorous and potassium fertilization affect the biochemical composition and quality of arabica coffee beans. *The Journal of Agricultural Science*. 155(6): 902 – 918.
- Wardana, R.R., T. Hakim, & Sulardi. 2023. *Budidaya Tanaman Kopi Arabika*. Page (A. Rasyid, Ed.). PT Dewangga Energi Internasional. Bekasi.
- Widawati, S. 2015. Isolasi dan aktivitas plant growth promoting rhizobacteria (*Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*) dari tanah perkebunan karet, Lampung. *Berita Biologi*. 14: 77–88.
- Widawati, S. 2015. Peran Bakteri Fungsional Tanah Salin (PGPR) pada pertumbuhan padi di tanah berpasir salin. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 1(8): 1856–1860.