



BIOFARM

Jurnal Ilmiah Pertanian

ISSN Print: 0216-5430; ISSN Online: 2301-6442

Vol. 22, No. 1, April 2026

Pengaruh Jenis Mikroorganisme Lokal (MOL) dan Cara Aplikasi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

*The Effect of Local Microorganism Types (MOL) and Application Methods on the Growth and Yield of Shallots (*Allium ascalonicum* L.)*

Juni Haryono^{*1}, Umi Barokah¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Ma'arif Nahdlatul Ulama Kebumen

*Korespondensi Penulis: juniharyo26@gmail.com

ABSTRAK

Produktivitas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) masih berfluktuasi akibat penggunaan input kimia yang intensif dan berpotensi menurunkan kualitas tanah. Mikroorganisme lokal (MOL) merupakan alternatif ramah lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh jenis MOL dan cara aplikasi terhadap pertumbuhan serta hasil bawang merah varietas Bima. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dua faktor, yaitu jenis MOL (bonggol pisang dan pepaya matang) dan cara aplikasi (akar, daun, kombinasi akar–daun). Percobaan diulang empat kali sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Aplikasi MOL dilakukan setiap tujuh hari sekali mulai 7 hingga 42 hari setelah tanam. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi per tanaman, panjang akar, diameter umbi, bobot segar umbi per tanaman, dan bobot kering umbi per tanaman. Data dianalisis dengan ANOVA dan uji DMRT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis MOL dan cara aplikasi berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman dan diameter umbi. Cara aplikasi berpengaruh sangat nyata terhadap bobot segar dan bobot kering umbi. Kombinasi antara jenis MOL dan cara aplikasi berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman serta nyata terhadap panjang akar dan diameter umbi. Kombinasi MOL pepaya matang dengan aplikasi akar–daun memberikan hasil terbaik dan berpotensi mendukung sistem budidaya bawang merah yang berkelanjutan.

Kata kunci: Bawang merah; Cara aplikasi; Kebumen; Mikroorganisme Lokal; Pertumbuhan dan hasil.

ABSTRACT

The productivity of shallot (*Allium ascalonicum* L.) often fluctuates due to intensive use of chemical inputs that may reduce soil quality. Local microorganisms (MOL) are an environmentally friendly alternative to improve plant growth and yield. This study aimed to analyze the effect of MOL types and application methods on the growth and yield of Bima shallot variety. The experiment used a factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors: MOL types (banana corm and ripe papaya) and application methods (root, foliar, and root–foliar combination). Each treatment was repeated four times, resulting in 24 experimental units. MOL was applied every seven days from 7 to 42 days after planting. Observed variables included plant height, number of leaves, number of bulbs per plant, root length, bulb diameter, fresh bulb weight per plant, and dry bulb weight per plant. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% level. The results showed that MOL type and application method had a highly significant effect on plant height and bulb diameter. Application method significantly affected fresh and dry bulb weight. The interaction between MOL type and application method significantly affected plant height and significantly influenced root length and bulb diameter. The combination of ripe papaya MOL with root–foliar application produced the best results and has potential to support sustainable shallot cultivation.

Keywords: Application method; Growth and yield; Kebumen; Local microorganisms; Shallot.

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan komoditas hortikultura strategis yang berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan serta menjaga stabilitas harga di Indonesia. Tingkat produktivitas bawang merah masih menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh sistem budidaya yang mengandalkan penggunaan input kimia secara intensif, sehingga dalam jangka panjang berpotensi menurunkan kualitas tanah dan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Indonesia, 2020; Widowati et al., 2017).

Pengembangan sistem budidaya bawang merah yang berkelanjutan memerlukan penerapan teknologi ramah lingkungan sebagai alternatif praktik konvensional. Mikroorganisme lokal (MOL) merupakan salah satu sumber input organik yang berasal dari bahan-bahan organik lokal dan mengandung mikroba bermanfaat yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara, aktivitas biologis tanah, serta mendukung pertumbuhan tanaman (Sutanto, 2016; Widowati et al., 2019). Bahan lokal berupa bonggol pisang dan pepaya matang diketahui berpotensi dikembangkan sebagai sumber MOL karena kandungan nutrisi dan komunitas mikroorganisme yang dimilikinya (Hidayati et al., 2020).

Keberhasilan pemanfaatan MOL tidak hanya ditentukan oleh jenis bahan baku, tetapi juga oleh metode aplikasi yang digunakan. Penerapan MOL melalui akar, daun, maupun kombinasi keduanya diperkirakan menimbulkan respons yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah, sementara kajian ilmiah mengenai kombinasi jenis MOL dan cara aplikasinya masih terbatas (Roidah, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis mikroorganisme lokal dan cara aplikasi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah sebagai dasar pengembangan teknologi pemupukan organik yang berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di greenhouse yang berlokasi di Desa Kalibagor, Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2025 hingga Januari 2026. Penggunaan greenhouse bertujuan untuk mengendalikan faktor lingkungan, seperti curah hujan dan intensitas cahaya, sehingga kondisi pertumbuhan tanaman dapat terjaga secara lebih optimal dan terkontrol selama penelitian berlangsung.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi umbi bawang merah varietas Bima, mikroorganisme lokal (MOL) yang berasal dari bonggol pisang dan pepaya matang, media tanam, serta bahan pendukung lainnya. Peralatan penelitian yang digunakan mencakup polybag, alat pengukur pertumbuhan tanaman, sprayer, dan berbagai perlengkapan penunjang kegiatan budidaya.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dalam percobaan faktorial dengan dua faktor perlakuan dan empat ulangan.

Faktor I: Jenis MOL (M)

yang terdiri atas 2 taraf, yaitu:

M1 = MOL bonggol pisang

M2 = MOL pepaya matang

Faktor II: Cara Aplikasi MOL (A)

yang terdiri atas 3 taraf, yaitu:

A1 = aplikasi melalui akar

A2 = aplikasi melalui daun

A3 = kombinasi aplikasi melalui akar dan daun

Kombinasi kedua faktor menghasilkan 6 kombinasi perlakuan, yang masing-masing diulang sebanyak 4 kali, sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Penempatan perlakuan dilakukan secara acak sesuai dengan prinsip Rancangan Acak Lengkap. Setiap unit percobaan berupa satu plot yang terdiri atas 15 tanaman bawang merah, dengan 5 tanaman sebagai sampel dan 10 tanaman sebagai tanaman border.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	A1 (Akar)	A2 (Daun)	A3 (Akar + Daun)
M1 (MOL bonggol pisang)	M1A1	M1A2	M1A3
M2 (MOL pepaya matang)	M2A1	M2A2	M2A3

Berdasarkan kombinasi perlakuan pada Tabel 1, setiap unit percobaan disusun dan ditempatkan secara acak di dalam greenhouse sesuai dengan prinsip Rancangan Acak Lengkap (RAL). Media tanam yang digunakan berupa campuran tanah topsoil, pupuk kandang, dan arang sekam dengan perbandingan 2:1:1 yang dihomogenkan terlebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam polybag berukuran 20 × 20 cm sebanyak ±2,5 kg per polybag. Umbi bawang merah varietas Bima dipilih yang sehat, seragam, serta bebas dari hama dan penyakit dengan bobot sekitar 2–3 g. Sebelum penanaman, ujung umbi dipotong ±0,5 cm untuk merangsang pertumbuhan tunas. Penanaman dilakukan pada kedalaman ±3 cm dengan posisi tunas menghadap ke atas, kemudian media disiram secukupnya untuk menjaga kelembapan awal.

Mikroorganisme lokal (MOL) dibuat melalui fermentasi bahan utama berupa bonggol pisang atau pepaya matang sebanyak ±1 kg yang dicampur dengan 2 L air cucian beras dan 250 g gula merah. Campuran tersebut difermentasi selama 7–14 hari dalam wadah tertutup hingga matang.

Larutan hasil fermentasi kemudian disaring dan diencerkan dengan perbandingan 1:10 sebelum diaplikasikan. Aplikasi MOL dilakukan setiap tujuh hari sekali mulai 7 hingga 42 hari setelah tanam dengan dosis 100 ml tanaman⁻¹ sesuai perlakuan, yaitu melalui akar, melalui daun, atau kombinasi keduanya. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman sesuai kebutuhan, penyiangan gulma secara manual, serta pengendalian hama dan penyakit apabila ditemukan gejala serangan. Panen dilakukan pada umur 55 hari setelah tanam yang ditandai dengan daun menguning dan mulai rebah.

Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi per tanaman, panjang akar, diameter umbi, bobot segar umbi per tanaman, dan bobot kering umbi per tanaman. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai model Rancangan Acak Lengkap faktorial. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$). Seluruh data dianalisis menggunakan perangkat lunak pengolahan data statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Hasil Analisis Ragam Pengaruh Jenis MOL dan Cara Aplikasi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah

No.	Variabel	MOL	Aplikasi	M×A
1.	Tinggi tanaman	**	**	**
2.	Jumlah daun	tn	tn	tn
3.	Jumlah umbi per tanaman	tn	tn	tn
4.	Panjang akar	tn	tn	*
5.	Diameter umbi	**	**	*
6.	Bobot segar umbi per tanaman	tn	**	tn
7.	Bobot kering umbi per tanaman	tn	**	tn

Sumber: Data Primer Setelah Diolah, 2026.

Keterangan :

** = sangat nyata ($P < 0,01$)

* = nyata ($P < 0,05$)

tn = tidak nyata

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Tabel 2, jenis MOL memberikan pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman dan diameter umbi, namun tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, jumlah umbi per tanaman, panjang akar, bobot segar umbi, maupun bobot kering umbi per tanaman. Cara aplikasi berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, diameter umbi, bobot segar, dan

bobot kering umbi, tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, jumlah umbi per tanaman, serta panjang akar. Interaksi antara jenis MOL dan cara aplikasi menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman serta berpengaruh nyata terhadap panjang akar dan diameter umbi, sedangkan terhadap variabel lainnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Tabel 3. Hasil Uji Lanjut DMRT Pengaruh Jenis Mikroorganisme Lokal (MOL) dan Cara Aplikasi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Panjang akar (cm)	Diameter umbi (cm)
M1A1	25,06 ab	9,63 a	1,89 a
M1A2	23,59 a	10,92 ab	1,86 a
M1A3	25,23 ab	11,28 ab	1,93 ab
M2A1	25,63 ab	12,16 b	1,99 b
M2A2	26,47 b	9,91 a	1,87 a
M2A3	30,89 c	11,74 b	2,28 c

Keterangan : Angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5% ($\alpha = 0,05$).

Berdasarkan hasil uji lanjut DMRT pada Tabel 3, kombinasi perlakuan antara jenis MOL dan cara aplikasi memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, panjang akar, dan diameter umbi. Perlakuan M2A3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi sebesar 30,89 cm serta diameter umbi terbesar yaitu 2,28 cm, dan berbeda nyata dibandingkan sebagian besar perlakuan lainnya.

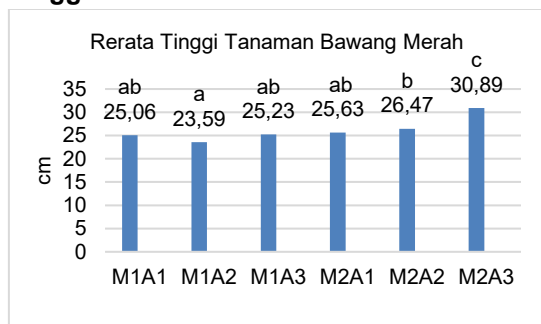
Pada parameter panjang akar, perlakuan M2A1 dan M2A3 menunjukkan nilai yang lebih tinggi serta berbeda nyata dibandingkan beberapa kombinasi perlakuan lainnya. Secara keseluruhan, kombinasi perlakuan yang menggunakan MOL M2 cenderung memberikan respons pertumbuhan dan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan MOL M1.

Gambar 1. Hasil uji lanjut DMRT jenis mikroorganisme lokal (MOL) dan cara aplikasi terhadap tinggi tanaman bawang merah.

Berdasarkan Tabel 2, analisis ragam menunjukkan bahwa faktor jenis MOL, metode aplikasi, serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap tinggi tanaman bawang merah. Diagram menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan M2A3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi, yakni 30,89 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perpaduan antara jenis MOL dan teknik aplikasi tertentu mampu mengoptimalkan pertumbuhan vegetatif tanaman.

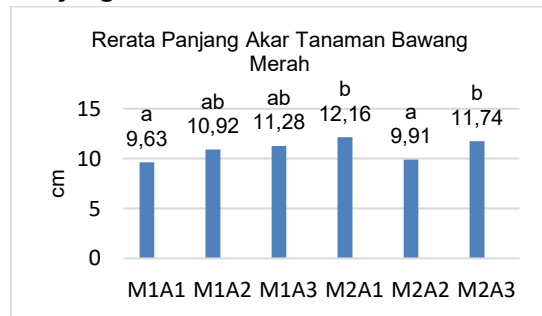
Mikroorganisme lokal (MOL) diketahui berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah serta menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin yang berperan dalam pemanjangan sel dan batang (Khan et al., 2020). Di samping itu, aktivitas bakteri rizosfer dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh akar sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih maksimal (Backer et al., 2018). Pengaruh interaksi yang sangat nyata mengindikasikan bahwa keberhasilan penggunaan MOL tidak hanya bergantung

Tinggi Tanaman



pada jenis mikroorganismenya, tetapi juga pada cara aplikasinya yang menentukan keberhasilan kolonisasi mikroba di area rizosfer (Vejan et al., 2016). Oleh karena itu, kombinasi perlakuan yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan tinggi tanaman.

Panjang Akar

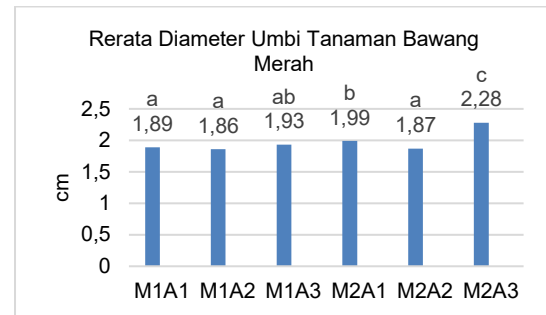


Gambar 2. Hasil uji lanjut DMRT jenis mikroorganisme lokal (MOL) dan cara aplikasi terhadap panjang akar bawang merah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi jenis MOL dan cara aplikasi ($M \times A$) memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar, sedangkan faktor tunggalnya tidak berpengaruh signifikan. Diagram memperlihatkan bahwa perlakuan M2A1 menghasilkan panjang akar tertinggi, yakni 12,16 cm. Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas peningkatan pertumbuhan akar lebih ditentukan oleh kombinasi perlakuan dibandingkan penerapan masing-masing faktor secara terpisah.

Mikroorganisme tanah diketahui mampu memperbaiki kondisi fisik tanah, meningkatkan aerasi, serta membantu meningkatkan ketersediaan fosfor yang berperan penting dalam perkembangan sistem perakaran. Di samping itu, beberapa mikroba menghasilkan zat pengatur tumbuh yang mendukung pemanjangan dan pembentukan cabang akar (Rouphael & Colla, 2020). Adanya interaksi yang signifikan menunjukkan bahwa keberhasilan pertumbuhan akar sangat bergantung pada keselarasan antara jenis MOL dan metode aplikasinya.

Diameter Umbi



Gambar 3. Hasil uji lanjut DMRT jenis mikroorganisme lokal (MOL) dan cara aplikasi terhadap diameter umbi bawang merah.

Analisis ragam menunjukkan bahwa jenis MOL dan cara aplikasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap diameter umbi, sedangkan interaksi keduanya berpengaruh nyata. Kombinasi M2A3 menghasilkan diameter umbi tertinggi sebesar 2,28 cm, yang mengindikasikan adanya respons fisiologis yang kuat terhadap perlakuan tersebut. Secara fisiologis, peningkatan diameter umbi mencerminkan optimalisasi proses pengisian umbi (*bulb filling*), yang sangat bergantung pada efisiensi translokasi fotosintat dari daun ke organ penyimpanan.

Unsur kalium berperan dalam regulasi transportasi asimilat melalui floem serta menjaga keseimbangan osmotik sel, sedangkan fosfor mendukung proses transfer energi dalam bentuk ATP yang esensial untuk sintesis dan akumulasi biomassa (Raza et al., 2017). Peran mikroorganisme pelarut fosfat menjadi krusial dalam meningkatkan ketersediaan fosfor tanah, sehingga memperkuat proses metabolisme dan pengisian umbi (Backer et al., 2018). Dengan demikian, peningkatan diameter pada perlakuan tertentu tidak hanya menunjukkan efek pemupukan biologis, tetapi juga mencerminkan terjadinya sinergi antara ketersediaan hara dan efisiensi proses fisiologis tanaman.

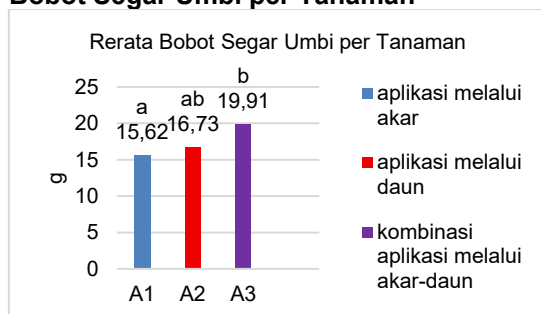
Tabel 4. Hasil Uji Lanjut DMRT Pengaruh Cara Aplikasi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah

Aplikasi	Bobot segar umbi per tanaman (g)	Bobot kering umbi per tanaman (g)
A1	15,62 a	12,28 a
A2	16,73 ab	12,73 a
A3	19,91 b	15,44 b

Keterangan :

Angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5% ($\alpha = 0,05$).

Berdasarkan hasil uji lanjut DMRT pada Tabel 4, faktor cara aplikasi menunjukkan pengaruh nyata terhadap bobot segar dan bobot kering umbi per tanaman. Perlakuan A3 menghasilkan bobot segar tertinggi sebesar 19,91 g dan bobot kering tertinggi sebesar 15,44 g, serta berbeda nyata dibandingkan A1 dan beberapa perlakuan lainnya. Secara umum, aplikasi A3 memberikan hasil paling optimal dalam meningkatkan bobot umbi bawang merah.

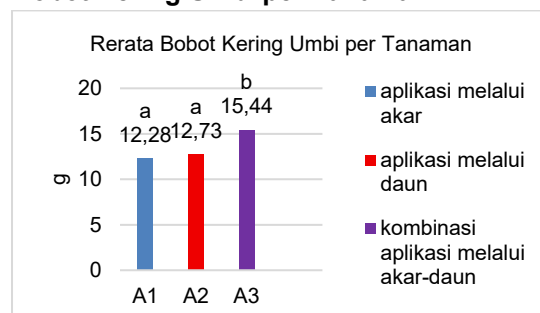
Bobot Segar Umbi per Tanaman

Gambar 4. Hasil uji lanjut DMRT pengaruh cara aplikasi terhadap bobot segar umbi per tanaman bawang merah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor jenis MOL tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar umbi, sedangkan cara aplikasi memberikan pengaruh sangat nyata. Diagram memperlihatkan bahwa perlakuan A3 menghasilkan bobot segar tertinggi sebesar 19,91 g. Temuan ini menunjukkan bahwa metode aplikasi lebih menentukan peningkatan hasil segar dibandingkan variasi jenis MOL yang digunakan. Teknik aplikasi yang tepat diduga mampu meningkatkan efektivitas penyerapan unsur hara serta mengoptimalkan proses fisiologis tanaman, sehingga akumulasi biomassa pada umbi menjadi lebih maksimal.

Bobot segar umbi menggambarkan hasil akumulasi fotosintat dan kandungan air dalam jaringan tanaman. Asimilat yang

dihasilkan melalui fotosintesis ditranslokasikan ke organ penyimpanan seperti umbi, dan proses ini dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara terutama kalium dan nitrogen yang berperan penting dalam pembentukan biomassa serta aktivitas fotosintesis tanaman (Salama et al., 2024; Xu et al., 2023). Selain itu, aktivitas mikroorganisme tanah dapat meningkatkan efisiensi serapan hara serta menunjang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Backer et al., 2018). Oleh karena itu, efektivitas metode aplikasi menjadi faktor kunci dalam meningkatkan bobot segar umbi.

Bobot Kering Umbi per Tanaman

Gambar 5. Hasil uji lanjut DMRT pengaruh cara aplikasi terhadap bobot kering umbi per tanaman bawang merah.

Hasil analisis menunjukkan pola yang serupa dengan bobot segar umbi, di mana faktor cara aplikasi berpengaruh sangat nyata terhadap bobot kering umbi. Berdasarkan diagram, perlakuan A3 menghasilkan bobot kering tertinggi sebesar 15,44 g. Temuan ini menunjukkan bahwa metode aplikasi yang diterapkan mampu meningkatkan akumulasi biomassa tanaman secara lebih optimal.

Bobot kering mencerminkan jumlah bahan organik hasil fotosintesis yang tersimpan dalam jaringan tanaman setelah kandungan air dihilangkan. Oleh sebab itu,

nilai bobot kering yang tinggi mengindikasikan proses fotosintesis dan distribusi asimilat berlangsung secara efisien. Peningkatan bobot kering juga menandakan efisiensi fotosintesis dan translokasi karbon yang lebih baik menuju organ penyimpanan seperti umbi (Naseem & Bano, 2019). Selain itu, keberadaan mikroorganisme yang berperan sebagai biofertilizer dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi tanah dan merangsang pertumbuhan tanaman sehingga mendukung pembentukan biomassa yang lebih tinggi (Ali et al., 2025). Dengan demikian, keberhasilan metode aplikasi menjadi faktor penting dalam meningkatkan akumulasi bahan kering umbi.

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa jenis Mikroorganisme Lokal (MOL) berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman dan diameter umbi bawang merah, dengan perlakuan terbaik M2 (MOL pepaya matang). Cara aplikasi juga berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, diameter umbi, bobot segar, dan bobot kering umbi, dengan perlakuan terbaik A3 (kombinasi aplikasi melalui akar-daun) yang menghasilkan bobot segar umbi 19,91 g dan bobot kering 15,44 g. Kombinasi antara jenis MOL dan cara aplikasi berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman serta nyata terhadap panjang akar dan diameter umbi, dengan kombinasi terbaik M2A3 yang menghasilkan tinggi tanaman 30,89 cm dan diameter umbi 2,28 cm. Secara umum, efektivitas penggunaan MOL dipengaruhi oleh metode aplikasinya karena teknik pemberian menentukan keberhasilan aktivitas mikroorganisme dalam meningkatkan pemanfaatan unsur hara oleh tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Khan, N., & Rahman, S. (2025). Biofertilizers Improve Soil Fertility and Crop Yield: A Sustainable Agricultural Approach. *Sustainability*, 17(3), 1458. <https://doi.org/10.3390/su17031458>
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Mechanisms and applications. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Hidayati, N., Nuraini, Y., & Setyono, S. (2020). Potensi mikroorganisme lokal berbahan pepaya dan bonggol pisang sebagai pupuk hayati. *Jurnal Agroekoteknologi*, 12(1), 45–52.
- Indonesia, K. P. R. (2020). *Statistik pertanian 2020*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Khan, N., Bano, A., & Hasan, S. (2020). Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. *Agronomy*, 10(3), 350. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030350>
- Naseem, H., & Bano, A. (2019). Role of PGPR in plant growth and stress tolerance. In *Advances in Agronomy* (Vol. 156, pp. 1–42). Academic Press.
- Raza, A., Faisal, M., Awan, M. F., & Shakeel, A. (2017). Phosphate-solubilizing bacteria: Mechanisms and their role in plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(2), 358–372. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017005000027>
- Roidah, I. S. (2018). Pemanfaatan pupuk organik cair untuk meningkatkan produksi tanaman hortikultura. *Jurnal Agronomi*, 22(1), 1–9.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Agronomy*, 10(3), 353. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030353>
- Salama, M., Hassan, A., & El-Sayed, H. (2024). Role of Nutrient Balance in Enhancing Photosynthesis and Crop Productivity. *Journal of Plant Nutrition*, 47(6), 1023. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2291145>
- Sutanto, R. (2016). *Pertanian organik: Menuju pertanian alternatif dan berkelanjutan*. Kanisius.

- Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Boyce, A. N. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(1), 1–17.
<https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1107682>
- Widowati, L. R., Sutanto, R., & Widyastuti, E. (2017). Dampak penggunaan pupuk kimia terhadap kualitas tanah dan lingkungan. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 41(2), 89–98.
- Widowati, L. R., Widati, S., & Hartatik, W. (2019). Potensi mikroorganisme lokal dalam meningkatkan efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(1), 1–12.
- Xu, L., Wang, Y., & Zhang, H. (2023). Nitrogen and Potassium Regulation in Plant Growth and Yield Formation. *Plants*, 12(5), 1124.
<https://doi.org/10.3390/plants12051124>