PIPER, Volume 22 Nomor 2 Oktober 2026 p ISSN 1907-0403
http://jurnal.unka.ac.id/index.php/piper e ISSN 2775-5738

RESPON TANAMAN MENTIMUN (*Cucumis sativus L.)* TERHADAP FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PAKET PEMUPUKAN PADA TANAH ALUVIAL

RESPONSE OF CUCUMBER PLANTS (Cucumis sativus L.) TO ARBUSCULAR MYCORRHIZA FUNGI AND FERTILIZER RATES ON ALLUVIAL SOIL

Russriwati[1♥], Iwan Sasli[2], Tatang Abdurrahman[3]
[1,2,3]Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak
♥Corresponding author email: oyie.ririe@gmail.com

Abstract. *Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) biofertilizer can enhance the efficiency of both Liquid Organic Fertilizer (LOF) and inorganic fertilizers. This study aimed to determine the role of mycorrhizae, LOF+NPK fertilizer rates, and the interaction between these two factors on the growth and yield of cucumbers cultivated on alluvial soil. The experiment was conducted in Sintang City, Sintang Regency, from May to July 2024. A two-factor Split Plot Design based on a Completely Randomized Design (CRD) was employed, with the main plot consisting of two treatments and the subplot comprising five treatments. Each treatment was replicated three times, with eight observational units per replication. The results revealed that AMF inoculation significantly improved cucumber growth and yield, specifically enhancing the relative growth rate (21–24 DAT), shoot and root dry weights, root-shoot ratio, fruit length, and fruit weight per plant. Furthermore, the combination of LOF and NPK rates significantly increased cucumber yields. The most efficient application rate was achieved at LOF 100 mL L^{-1} + Urea 174 kg ha^{-1} + TSP 78 kg ha^{-1} + KCl 100 kg ha^{-1}, which significantly boosted fruit length and fruit weight per plant.*

Keywords*: Cucumber; LOF; Mycorrhiza; NPK; Yield*

Abstrak. Aplikasi pupuk hayati Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan Pupuk Organik Cair (POC) maupun pupuk anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh FMA, paket pemupukan POC+NPK, serta interaksi kedua faktor tersebut terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun pada tanah aluvial. Riset lapangan dilaksanakan di Kota Sintang, Kabupaten Sintang, mulai Mei hingga Juli 2024 menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) 2 faktor. Perlakuan petak utama terdiri atas dua level, sedangkan anak petak mencakup lima level, di mana setiap kombinasi diulang tiga kali dengan delapan unit amatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi FMA secara signifikan meningkatkan pertumbuhan dan hasil mentimun, yang teridentifikasi dari variabel laju pertumbuhan relatif (21–24 HST), bobot kering tajuk dan akar, nisbah pupus akar, serta panjang dan bobot buah per tanaman. Sementara itu, paket pemupukan POC dan NPK berkontribusi nyata dalam mendongkrak komponen hasil. Kombinasi perlakuan yang efisien dicapai pada takaran POC 100 ml/l + Urea 174 kg/ha + TSP 78 kg/ha + KCl 100 kg/ha, yang memberikan pengaruh optimal pada variabel panjang dan bobot buah per tanaman.

Kata kunci: Mentimun; Mikoriza; NPK; POC; Produktivitas tanaman

PENDAHULUAN

Mentimun *(Cucumis sativus* L.*)* berada di posisi satu di antara jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Produksi mentimun di Kalimantan Barat sebenarnya cukup signifikan, namun dalam 3 tahun terakir mengalami penurunan. Data menunjukkan produski mentimun tahun 2021 sebesar 10.933,3 ton, tahun 2022 sebesar 9.124,1 ton dan tren penurunan produksi berlanjut pada tahun 2023 sebesar 9.043,3 ton. Oleh karena itu, strategi peningkatan produksi mentimun dapat dilakukan dengan intensifikasi lahan dengan jenis tanah aluvial.

Luas sebaran tanah aluvial di Kalimantan Barat mencapai 1,8 juta hektar terluas kedua setelah tanah PMK (Badan Pusat Statistik, 2019). Namun demikian tantangan yang dihadapi petani dalam memanfaatkan tanah aluvial sebagai lahan budidaya yaitu rendahnya kualitas kesuburan tanah seperti reaksi tanah yang relatif asam dan ketersediaan unsur hara yang sangat rendah, sehingga kondisi ini dapat menjadi faktor limitasi yang menghambat pertumbuhan dan produksi.

Pengelolaan hara pada tanah aluvial dapat dilakukan dengan menyampurkan pupuk hayati dengan organik sebagai upaya meningkatkan kesuburan dan secara jangka panjang menjaga kelestarian. Hal ini merupakan salah satu upaya mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan. Sehingga diharapkan dapat mengurangi ketergantungan petani akan pupuk kimia anorganik. Hal ini juga sejalan dengan semakin mahalnya pupuk kimia anorganik.

Satu di antara jenis pupuk hayati yang sering dimanfaatkan adalah Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). Pemberian FMA pada tanah aluvial dapat berkontribusi untuk memperbaiki kesuburan tanah berupa sifat fisik, kimia, hingga biologi. Dalam memperbaiki sifat kimia tanah, mikoriza secara signifikan memiliki kemampuan mendorong penyerapan unsur hara oleh tanaman, seperti N, P, K, Ca, Mg, Ma, Na, Zn dan air. Hal tersebut dapat terjadi melalui simbiosis antara akar tanaman dengan mikoriza. Mikoriza tersebut mengkoloni jaringan kortek akar selama periode pertumbuhan tanaman. Selain itu, mikoriza mampu memperbaiki sifat fisik tanah berupa struktur dan agregat tanah melalui eksudat glikoprotein. Hifa mikoriza mampu membantu tanaman menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air. Rokhminarsi et al (2019), menggunakan kombinasi mikoriza 20 g dan Trichoderma 40 g per tanaman disertai pemangkasan 25% dosis pupuk sintestis mampu meningkatkan bobot mentimun. Optimalisasi peran FMA dalam meningkatkan efisiensi serapan hara tersebut membuka peluang integrasi dengan sumber nutrisi organik lain yang lebih mudah tersedia, salah satunya melalui pemanfaatan pupuk organik cair (POC).

Pupuk Organik Cair (POC) adalah nutrisi tanaman multihara yang diproduksi melalui proses pembusukan limbah organik, baik dari sisa tumbuhan maupun kotoran hewan. POC menyediakan unsur hara makro dan mikro yang lengkap serta siap diserap secara optimal oleh jaringan tanaman. Selain itu POC juga mengandung mikroorganisme yang baik bagi kesuburan tanah dan tanaman. POC dapat dibuat sendiri oleh petani dari bahan yang murah dan mudah dalam pembuatannya. Menurut Ramli (2022)

konsentrasi POC 30ml/L air rekomendasi perlakuan terbaik tehadap pertumbuhan dan produksi mentimun.

Menurut Murnita dan Taher (2021) peningkatan produktivitas tanaman seringkali belum mampu jika hanya menggunakan pupuk organik saja tanpa diimbangi dengan pemupukan anorganik. Paket pemupukan urea 306 kg/ha dan SP-36 250 kg/ha memberikan hasil terbaik tanaman mentimun (Adiwijaya, 2019). Sulfa *et al*. (2024) menyatakan dosis pemupukan KCl terbaik untuk pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun sebesar 300 kg/ha. Oleh karena itu, penerapan manajemen hara terpadu menjadi krusial untuk meningkatan produktivitas yang optimal dengan pemberian pupuk secara berimbang antara pupuk organik dan anorganik (Mansyur & Eiddieansyah, 2022). Pemberian POC dan pupuk anorganik dapat diaplikasikan secara bersama dengan mencampurkan kedua jenis pupuk tersebut menjadi satu paket pemupukan yang tidak terpisahkan.

Untuk meningkatkan produktivitas tanaman mentimun maka penelitian tentang respon tanaman mentimun terhadap pupuk hayati FMA dan paket pemupukan POC dengan pupuk anorganik sebagai sumber N, P, dan K tambahan berupa pupuk Urea, TSP, dan KCL urgen diterapkan. Temuan penelitian ini dapat menjadi solusi untuk meningkatkan produktifitas mentimun pada lahan marginal.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei - Juli 2024 di Sintang Kalimantan Barat. Bahan yang digunakan adalah benih mentimun kultivar F1 Hibrida Mira dan inokulan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). Inokulan tersebut mengandung empat genus FMA, yaitu *Glomus sp., Enterospora, Gigaspora,* dan *Acaulospora* dengan kerapatan masing-masing ±pm 53, ±pm 52, ±pm 28, dan ±pm 36 spora g dalam formulasi media pembawa vermikulit serta pasir steril, POC dengan bahan baku daun gamal, rumput liar, urine kambing, kotoran sapi yang masih baru, batang dan kulit pisang, bawang merah, limbah ikan, air cucian beras, air, gula merah dan akar bambu dan daun bambu yang sudah mengalami pelapukan, pupuk NPK tunggal yaitu Urea, TSP, dan KCl, pupuk kandang sapi, polibag, dan insektisida berbahan aktif Metomil 25%.

Percobaan didesain berdasarkan rancangan *splitplot* RAL 2 faktor. Petak utama perlakuan mikoriza dan tanpa mikoriza, serta anak petak paket pemupukan POC dan pupuk N, P, K (P1: POC 100 ml/l; P2: Urea 347 kg/ha + TSP 157 kg/ha + 200 kg/ha; P3: POC 100 ml/l + Urea 174 kg/ha + TSP 78 kg/ha + KCl 100 kg/ha; P4: POC 75 ml/l + Urea 261 kg/ha + TSP 117 kg/ha +

KCl 150 kg/ha, P5: POC 50 ml/l + Urea 348 kg/ha + TSP 157 kg/ha + KCl 200 kg/ha). Perlakuan diulang 3 kali dan terdapat 8 unit amatan.

Variabel pengamatan terdiri dari laju pertumbuhan relatif, berat kering atas tanaman, berat kering akar, nisbah pupus akar, panjang buah, berat buah per tanaman, dan infeksi akar oleh FMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara aplikasi FMA dan paket pemupukan POC + NPK terhadap seluruh variabel pengamatan. Meskipun interaksi kedua faktor tidak nyata, masing-masing faktor perlakuan secara mandiri memberikan pengaruh utama yang berbeda nyata terhadap variabel tertentu. Faktor mandiri FMA memberikan pengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan relatif (21–24 HST), bobot kering tajuk, bobot kering akar, rasio tajuk akar, serta panjang dan bobot buah per tanaman, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Sementara itu, faktor mandiri pemupukan kombinasi POC dan NPK hanya memperlihatkan pengaruh nyata pada komponen hasil, yaitu panjang buah dan bobot buah per tanaman." Struktur kalimat seperti ini langsung mendudukkan bahwa ketiadaan interaksi justru merupakan alasan ilmiah mengapa data yang disajikan dan diuji lanjut pada tabel adalah pengaruh mandiri faktor utama, bukan tabel interaksi dua arah

Tabel 1. Hasil Uji BNJ pada Rata-rata LPR (21-24 HST), Berat Kering Atas, Berat Kering Akar, Nisbah Pupus Akar Akibat Faktor FMA

Mikoriza	Rata-rata			
	LPR 21-24 (g/hari)	Berat kering atas (g)	Berat Kering Akar (g)	Nisbah Pupus Akar
M0 (tanpa FMA)	0,157 b	9,43 b	1,02 b	9,41 a
M1 (FMA)	0,221 a	11,90 a	1,60 a	7,84 b
BNJ 5%	0,056	1,68	0,33	0,95

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda, menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Tabel 1 menunjukkan tanaman mentimun yang terinfeksi FMA pada periode laju pertumbuhan relatif 21-24 HST, berat kering atas, dan berat kering akar secara nyata lebih tinggi bila dikomparasi dengan perlakuan tanpa FMA. Tanaman mentimun yang tanpa FMA secara nyata memiliki nilai nisbah pupus akar yang lebih tinggi bila dikomparasi dengan tanaman yang diberi FMA.

Tabel 2 menunjukkan peningkatan panjang dan bobot buah mentimun akibat

inokulasi FMA berkaitan erat dengan perbaikan efisiensi serapan hara pada karakteristik tanah aluvial yang sering kali mengalami kendala ketersediaan fosfor akibat fiksasi kimia serta pemadatan tanah. Jaringan hifa eksternal FMA berperan memperluas area jelajah perakaran hingga menembus pori mikro tanah, sekaligus memproduksi enzim fosfatase dan asam organik terlarut yang mampu melepaskan ikatan fosfat menjadi bentuk ortofosfat yang tersedia bagi tanaman. Ketersediaan fosfor yang memadai bersama unsur hara esensial lainnya memacu proses fotosintesis dan translokasi fotosintat menuju organ generatif secara kontinu, sehingga proses pembelahan dan pembesaran sel pada buah mentimun berlangsung maksimal. Kondisi ini menjelaskan mengapa buah pada tanaman bermikoriza memiliki dimensi panjang dan bobot yang nyata lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa inokulasi mikoriza.

Sementara itu, respons panjang buah terhadap faktor pemupukan memperlihatkan bahwa kombinasi POC dan pupuk sintetis bekerja secara komplementer dalam menyuplai kebutuhan nutrisi fase pembuahan. Paket POC 50 ml/L dengan pupuk anorganik dosis penuh menghasilkan pertumbuhan buah yang nyata lebih panjang dibandingkan perlakuan pupuk anorganik tunggal maupun POC dosis tunggal. Hal ini mengindikasikan bahwa suplai hara anorganik makro yang cepat larut membutuhkan dukungan senyawa organik, zat pengatur tumbuh, dan unsur mikro dari POC untuk mengoptimalkan metabolisme tanaman. Menariknya, capaian panjang buah pada paket tersebut tidak berbeda nyata dengan paket pemupukan yang memangkas dosis pupuk sintetis hingga 25% (POC 75 ml/L + 75% NPK) maupun 50% (POC 100 ml/L + 50% NPK). Ketiadaan perbedaan nyata ini membuktikan adanya titik efisiensi nutrisi di mana konsentrasi POC yang lebih tinggi mampu mengompensasi pengurangan pupuk anorganik sintetis tanpa menurunkan kualitas hasil panen. Temuan ini menegaskan kebaruan bahwa pada tanah aluvial, integrasi pupuk organik cair dan inokulasi FMA membuka ruang reduksi pupuk sintetis hingga 50%, menghasilkan strategi efisiensi agronomis yang lebih ramah lingkungan namun tetap menjaga produktivitas mentimun secara optimal.

Tabel 2. Hasil Uji BNJ pada Rata-rata Panjang Buah dan Berat Buah Mentimun Akibat Faktor Perlakuan FMA dan Paket Pemupukan

Mikoriza	Rata-rata Panjang Buah (cm)	Rata-rata Berat Buah (g)
M0 (FMA)	21,40 b	1.333,72 b
M1 (FMA)	22,74 a	1.905,52 a
BNJ 5%	1,13	368,72
Paket Pemupukan	Panjang Buah (cm)	Berat Buah (g)
P1 (POC 100 ml/l)	20,91 c	1.161,64 b
P2 (Urea 347 kg/ha + TSP 157 kg/ha + 200 kg/ha)	21,31 bc	1.366,17 ab
P3 (POC 100 ml/l + Urea 174 kg/ha + TSP 78 kg/ha + KCl 100 kg/ha)	22,71 ab	1.885,22 a
P4 (POC 75 ml/l + Urea 261 kg/ha + TSP 117 kg/ha + KCl 150 kg/ha)	22,42 ab	1.778,56 a
P5 (POC 50 ml/l + Urea 348 kg/ha + TSP 157 kg/ha + KCl 200 kg/ha)	22,99 a	1.906,53 a
BNJ 5%	1,42	571,95

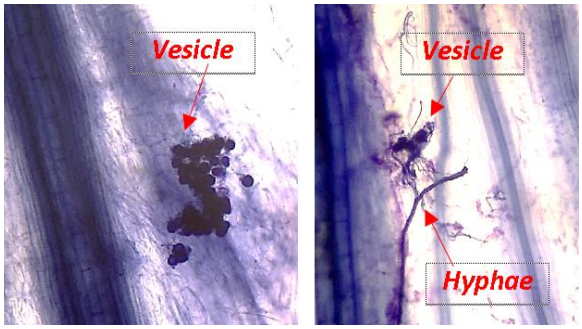
Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf uji BNJ 5%.

Selanjutnya berat buah pertanaman pada paket pemupukan POC 50 ml/l + Urea 348 kg/ha + TSP 157 kg/ha + KCl 200 kg/ha secara nyata lebih tinggi dibandingkan berat buah pada paket pemupukan POC konsentrasi 100 ml/l, tetapi tidak berbeda dibandingkan berat buah pada paket pemupukan Urea 348 kg/ha + TSP 157 kg/ha + KCl 200 kg/ha, paket POC 100 ml/l + Urea 174 kg/ha + TSP 78 kg/ha + KCl 100 kg/ha, dan paket POC 50 ml/l + Urea 348 kg/ha + TSP 157 kg/ha + KCl 200 kg/ha.

Fungi mikoriza yang diaplikasikan pada perakaran tanaman mentimun dengan media tanah aluvial dapat membantu untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga dari pertumbuhan yang lebih baik tersebut mampu meningkatkan produktivitas tanaman. Hal ini berkaitan dengan kemampuan mikoriza dalam memfasilitasi penyerapan air dan nutrisi bagi tanaman, melalui peningkatan luas permukaan akar serta meningkatkan aktivitas fotosintesis (Ilmiyah, 2024; Huey et al. 2020). Kolonisasi FMA pada perakaran tanaman memicu pembentukan jaringan hifa yang intensif. Perluasan jaringan hifa eksternal ini secara signifikan memperluas zona perakaran, sehingga kapasitas tanaman dalam mengabsorpsi unsur hara meningkat secara optimal. Indikator keberhasil mikoriza dalam membantu tanaman yaitu dapat dilihat dari kemampuannya dalam menginfeksi akar tanaman.

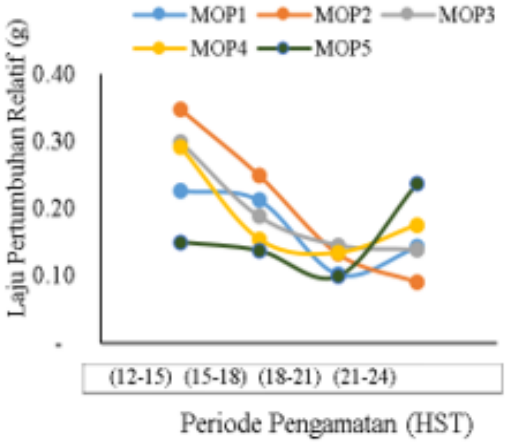
Hasil pengamatan yang dilakukan pada Laboratorium Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Untan dan pengamatan menggunakan mikroskop terhadap potongan akar mentimun yang diinfeksi menggunakan mikoriza menunjukkan adanya infeksi sebesar 63%, dimana hasil penelitian telihat

adanya hifa dan vesikel pada bagian potongan yang terinfeksi. Tingkat sensitivitas tanaman terhadap kolonisasi serta derajat dependensi tanaman terhadap mikoriza sangat menentukan efektivitas simbiosis tersebut merupakan faktor yang mempengaruhi perbedaan infeksi mikoriza pada setiap tanaman. Hifa mikoriza memasuki tahap prasimbiotik setelah perkecambahan spora yang ditandai dengan percabangan hifa yang luas ketika ketika eksudat akar hadir (Kuo et al. 2014). Struktur vesikel terbentuk di bagian ujung hifa yang mengkolonisasi jaringan inang, di mana organel ini memegang peran sentral sebagai organ penyimpanan cadangan makanan bagi fungi (Basri, 2018).

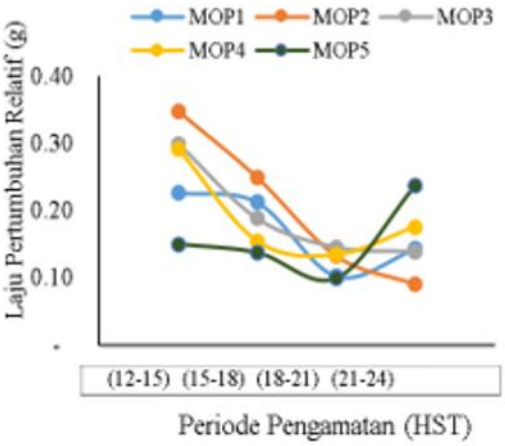


Gambar 1. Penampang Akar Terinfeksi Mikoriza di bawah Pengamatan Mikroskop

Laju pertumbuhan relatif tanaman mentimun pada perlakuan FMA dan paket pemupukan POC + pupuk N, P, K tidak memberikan pengaruh nyata pada semua periode pengamatan, kecuali pada periode 21-24 HST terdapat pengaruh yang nyata akibat perlakuan FMA, dimana Tanaman yang terkolonisasi oleh mikoriza menunjukkan laju pertumbuhan relatif yang signifikan dibandingkan tanaman kontrol. Laju pertumbuhan relatif tanaman pada berbagai fase vegetatif dapat diidentifikasi melalui fluktuasi peningkatan biomassanya (Rahmah *et al*., 2014). Mekanisme ini diawali dengan peningkatan serapan air dan nutrisi yang kemudian menstimulasi proliferasi sistem perakaran. Akar yang berkembang dengan baik menjamin kontinuitas suplai hara untuk mendukung aktivitas fotosintesis yang tinggi. Asimilat yang dihasilkan dari proses fotosintesis tersebut akhirnya dimanifestasikan dalam bentuk peningkatan bobot basah dan bobot kering tanaman. Pertambahan laju pertumbuhan relatif pada setiap periode pengamatan mulai dari 12 HST hingga 24 HST ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman Mentimun Periode 12-15 HST, 15-18 HST, 18-21 HST, dan 21-24 HST pada Perlakuan Paket Pemupukan



Gambar 3. Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman Mentimun Periode 12-15 HST, 15-18 HST, 18-21 HST, dan 21-24 HST pada Perlakuan FMA

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa tanaman yang tidak terinfeksi mikoriza pada berbagai paket pemupukan menunjukkan tingkat laju pertumbuhan relatif tanaman tinggi pada awal periode pengamatan (12-15 HST) selanjutnya menurun hingga periode 18-21 HST, dan mengalami peningkatan kembali pada periode (21-24 HST), sedangkan tanaman yang terinfeksi mikoriza laju pertumbuhan relatif pada berbagai paket pemupukan menunjukkan penurunan dan peningkatan yang tidak menentu. Hal ini dapat disebabkan oleh tanaman mentimun yang bersifat indeterminate yaitu laju pertumbuhan tanaman terus terjadi secara berlanjut hingga fase generatif, sehingga fotosintat yang diproduksi tanaman selain digunakan untuk pembuahan juga digunakan untuk pertumbuhan (Izlin et al. 2022).

Hasil penelitian pada variabel berat kering atas dan berat kering akar pada tanaman perlakuan FMA diperoleh hasil yang lebih baik bila dikomparasi dengan tanpa FMA. Ini dapat terjadi disebabkan mikoriza yang menginfeksi akar tanaman berperan meningkatkan serapan unsur hara P serta meningkatkan penyerapan Zn, Cu, N, dan Fe (Khastini et al, 2024). Berkaitan dengan penambahan biomassa tanaman yang digambarkan dengan berat kering bagian atas dan berat kering akar tanaman ada pengaruh unsur nitrogen Adanya interaksi antara unsur K dan N merupakan yang terpenting. Laju perolehan K+ dan NO3– sering ditemukan berkorelasi positif (Fang et al. 2020; Coskun et al. 2016), yang menyebabkan pasokan K yang cukup dapat mendorong metabolisme N dan meningkatkan sintesis asam amino dan protein (Coskun et al. 2026 ; Hu et al. 2026).

Biomassa merupakan manifestasi dari seluruh massa bagian tanaman yang terbentuk dari integrasi proses fotosintesis, absorpsi air, dan serapan unsur hara yang disintesis secara biologis. Ludang (2022) menyatakan bahwa akumulasi biomassa ini berfungsi sebagai indikator pertumbuhan yang esensial dan representasinya lazim ditentukan melalui pengukuran bobot kering tanaman.

Akumulasi bobot kering menjadi parameter krusial dalam menilai keberhasilan pertumbuhan tanaman karena menggambarkan retensi protein dan senyawa organik hasil asimilasi karbon yang tersisa

setelah proses pengeringan. Kuantitas bobot kering yang semakin tinggi mencerminkan optimalnya efisiensi fotosintesis serta pesatnya perkembangan sel-sel jaringan tanaman (Lizawati et al., 2014).

Nisbah pupus akar tanaman tanpa FMA secara nyata lebih tinggi bila dikomparasi dengan nisbah pupus akar tanaman yang terinfeksi mikoriza. Pertumbuhan akar pada tanaman yang terkolonisasi mikoriza memiliki perkembangan yang lebih baik dibandingkan tanaman non-mikoriza, sehingga perbandingan laju pertumbuhan bagian atas dan akar tanaman menjadi lebih kecil pada perlakuan mikoriza. Hal tersebut sejalan dengan studi Atamimi dan Sugiyanto (2022) bahwa tanaman yang diinokulasi mikoriza menunjukkan performa panjang akar yang signifikan lebih baik daripada kelompok tanaman yang tidak mendapatkan aplikasi mikoriza. Selain itu mikoriza meningkatkan serapan hara P oleh tanaman. Peran unsur P dalam meningkatkan pertumbuhan akar terjadi melalui stimulasi aktivitas auksin (Faizin et al., 2015). Sejalan dengan hal tersebut, Wahyuningrum et al. (2015) menegaskan bahwa kecukupan pasokan P berkontribusi nyata pada perluasan sistem perakaran, yang pada gilirannya mendongkrak efisiensi serapan hara dan air. Sebagai elemen esensial dalam metabolisme, kekurangan unsur P akan memberikan dampak sistemik berupa hambatan pada proses pembelahan dan diferensiasi sel, gangguan respirasi, serta penurunan performa fotosintesis.

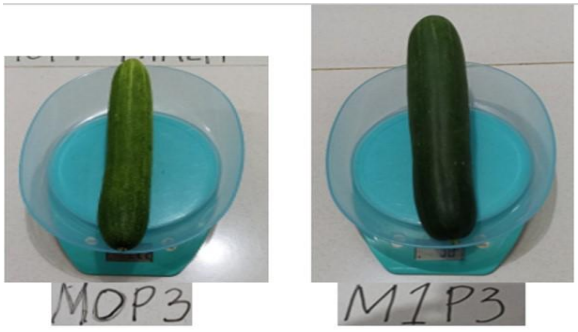
Menurut Raden et al. (2017) bahwa POC memiliki peran yang sangat baik dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman hal ini berkaitan dengan kandungan makro dan mikro nutrient dalam POC serta adanya kandungan mikroorganisme yang berfungsi sebagai bio aktivator yang secara efektif dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman. POC lebih mudah diserap tanaman dibandingkan pupuk padat. POC mempunyai bahan pengikat, sehingga larutan POC dapat segera diserap dan dimanfaat oleh tanaman (Purwaningsih, 2025, Solihin et al. 2019).

Aplikasi FMA dan paket pemupukan POC + NPK berpengaruh tidak nyata terhadap komponen jumlah buah per tanaman. Temuan ini mengisyaratkan bahwa penambahan inokulan FMA dan variasi dosis pemupukan belum mampu memberikan diferensiasi capaian jumlah buah yang signifikan apabila dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Buah mentimun pada pengukuran panjang dan berat buah diperoleh yang lebih baik pada penggunaan FMA bila dikomarasi tanpa FMA. Hal ini memiliki hubungan dengan peran mikoriza dalam membantu akar tanaman untuk penyerapan nutrisi di

dalam tanah seperti P, air, dan penyerapan mineral (Chanclud et al. 2016; Wahab et al, 2023). Struktur hifa internal dalam sel korteks akar, memungkinkan fungi mikoriza untuk membentuk hubungan yang kuat dengan tanaman inang, sehingga tanaman dapat memaksimalkan perkembangannya yang pada akhirnya mampu menghasilkan buah secara maksimal (Carella et al. 2018). Aminuddin (2017) menyatakan bahwa optimalisasi pembuahan tanaman sangat bergantung pada ketersediaan dan efisiensi penyerapan unsur hara esensial, khususnya fosfor (P) dan kalium (K). Kedua elemen nutrisi ini memegang peranan krusial dalam mendukung aktivitas metabolisme tanaman, terutama saat memasuki fase generatif. Lebih lanjut Oksilia dan Silahuddin (2020) menyatakan bahwa fungsi Unsur P pada fase generatif dapat membantu merangsang bunga, dan buah yang bagus.

Penerapan paket pemupukan pada perlakuan POC 100 ml/l + Urea 174 kg/ha + TSP 78 kg/ha + KCl 100 kg/ha diperoleh hasil yang efisien dalam menentukan panjang dan berat buah mentimun, untuk hasil tertinggi yaitu pada perlakuan POC 50 ml/l + Urea 348 kg/ha + TSP 157 kg/ha + KCl 200 kg/ha. Hal ini menguatkan bahwa POC yang terapkan pada tanah mampu memenuhi sebagian kebutuhan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman (Susi et al. 2018), sehingga dengan penambahan konsetrasi POC yang diberikan terhadap tanaman dapat meningkatkan suplai unsur hara NPK yang lebih baik untuk tanaman, dan dapat menurunkan kebutuhan tanaman terhadap input pemupukan N, P, K kimia sintetik. Menurut Ginting et al. (2018) mengingat fungsinya dalam menstimulasi pembentukan bunga dan buah, status kecukupan unsur P berkorelasi signifikan terhadap produktivitas tanaman mentimun, khususnya pada parameter jumlah dan bobot buah. Unsur K juga berperan dalam fase generatif sebagaimana dijelaskan oleh Halpera dan Subagiono (2018) K adalah aktivator lusinan enzim penting, seperti sintesis protein, transportasi gula, metabolisme N dan C, dan fotosintesis. Ini memainkan peran penting dalam pembentukan hasil dan peningkatan kualitas hasil. Menurut Oosterhuis et al (2014) K merangsang dan mengendalikan ATPase dalam membran plasma untuk menghasilkan stimulasi asam, yang selanjutnya memicu pelonggaran dinding sel dan aktivasi hidrolase sehingga meningkatkan pertumbuhan sel.



Gambar 3. Perbandingan Berat Buah Mentimum pada Perlakuan Tanpa FMA dan FMA

Selain unsur hara, proses pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun juga dipengaruhi faktor lingkungan. Menurut Pebriyeni et. al (2025) faktor lingkungan tersebut yaitu suhu, lama penyinaran, intensitas cahaya, dan kelembaban. Dinamika transpirasi serta efisiensi absorpsi air dan nutrisi menuju tajuk tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi kelembaban sekitar (Silaen, 2021). Oleh karena itu, komoditas mentimun menghendaki kondisi mikroklimat yang ideal dengan kisaran kelembaban relatif sebesar 50–85% demi mempertahankan stabilitas metabolisme pertumbuhannya. Dari hasil pengamatan lapangan, kelembaban udara pada lokasi penelitian (Lampiran 7) rata-rata pada bulan juni 81,2 dan 78,6 pada juli. Hal ini menunjukan bahwa rata-rata kelembaban tersebut dalam kondisi ideal bagi pertumbuhan dan perkembangan optimal tanaman mentimun.

Optimalisasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat bergantung pada kondisi suhu lingkungan yang berada pada rentang optimum. Sebagai faktor mikroklimat utama, suhu memberikan pengaruh langsung terhadap berbagai mekanisme fisiologis esensial, meliputi pembukaan stomata, intensitas transpirasi, efisiensi absorpsi air dan nutrisi, serta kelancaran proses fotosintesis dan respirasi. Paparan suhu pada batas minimum dapat menginduksi hambatan pertumbuhan, sedangkan kondisi suhu maksimum tidak hanya mengganggu metabolisme tetapi juga berisiko tinggi menyebabkan mortalitas pada tanaman. Hasil pengamatan di lapangan rata-rata suhu harian pada bulan juni mencapai 28,5°C dan 29,7°C di bulan juli 2024. Menurut Andriani dan Ratna (2019) Kinerja fotosintesis tertinggi diperoleh pada kisaran suhu optimum, dan laju proses ini akan tereduksi secara bertahap seiring dengan meningkatnya suhu di atas ambang batas tersebut. Suhu optimal adalah titik dimana kemampuan berbagai tahap dalam fotosintesis berjalan optimal dan seimbang. Suhu yang tinggi menyebabkan peningkatan respirasi di atas laju fotosintesis serta laju transpirasi. Ini berarti bahwa fotosintat digunakan lebih cepat daripada yang sedang diproduksi.

Pada lokasi penelitian terkadang dijumpai suhu tertinggi pada siang hari dapat mencapai 33°C. Hal ini mempengaruhi kondisi tanaman yang ditanam dalam polibag, dimana tanaman segera cepat layu pada menjelang siang hari hingga sore hari jika tidak segera dilakukan penyiraman. Akibatnya menurut Andriani dan Karmila (2019) akselerasi suhu tanah dapat menurunkan kadar lengas tanah, sebuah kondisi yang menghambat kelancaran translokasi mineral dan hara esensial ke jaringan tanaman. Hambatan nutrisi ini mengganggu jalur respirasi seluler yang

bermuara pada stagnasi pertumbuhan vegetatif. Sebaliknya, penurunan suhu yang dibarengi tingginya kelembapan perakaran akan membatasi penguapan berlebih sementara absorpsi air tetap tinggi, sehingga menciptakan kondisi ideal untuk mendukung proliferasi dan pembesaran (pemanjangan) sel daun maupun akar.

Kisaran curah hujan setinggi 200%–400% mm/bulan merupakan ambang batas optimum yang dibutuhkan oleh tanaman sayur ini selama masa budidaya. Hasil pengamatan di lapangan curah hujan di lokasi penelitian pada bulan juni sebesar 454,2 mm dan 136,0 mm pada bulan juli. Jika dilihat pada bulan juni jumlah hujan melebihi ambang batas yang diinginkan tanaman Mentimun. Terlebih pada saat fase generatif khususnya saat berbunga terjadi hujan deras selama beberapa hari berturut-turut. Akibatnya dijumpai bunga betina yang gagal penyerbukan. Sejalan dengan Ondang (2015) curah hujan yang tinggi saat anthesis dapat melapisi tepung sari dan memicu kegagalan proses penyerbukan, sehingga pembentukan bakal buah tidak terjadi. Fase inisiasi bakal buah ini menjadi salah satu tahap perkembangan organ reproduktif yang paling rentan terhadap tingginya intensitas hujan di lapangan. Menurut Mayasari et al. (2015), curah hujan yang berlebih berpotensi menurunkan produktivitas tanaman akibat hilangnya mineral dan hara tanah melalui proses pencucian. Di sisi lain, peningkatan jumlah hari hujan juga berkorelasi dengan penurunan ketersediaan radiasi matahari yang diterima oleh kanopi tanaman (Simanjuntak et al., 2014). Hambatan pencahayaan ini menekan efisiensi fotosintesis, yang menjadi faktor pelengkap bagi penurunan total produktivitas tanaman di lapangan.

Kisaran rata-rata panjang buah mentimun hasil pengamatan, yaitu 17,62–23,77 cm, menunjukkan keselarasan dengan spesifikasi karakter morfologis yang tertera pada deskripsi tanaman induknya. Sedangkan data berat per buah mentimun yang hasilkan rata-rata 132,06 g sampai 439,13 g, hasil ini telah memenuhi standar deskripsi berat per buah mentimun yaitu 250-300 g. Potensi hasil mentimun dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan berat buah per tanaman dimana hasil tertinggi yaitu pada perlakuan POC 100 ml/l + Urea 174 kg/ha + TSP 78 kg/ha + KCl 100 kg/ha rata-rata 2.451,56 g atau dengan produktivitas 52,53 ton/ha, hasil ini telah memenuhi standar deskripsi tanaman mentimun potensi hasil tanaman yaitu 52,5 – 75,6 ton/ha.



Gambar 4. Perbandingan Panjang Buah Mentimun pada Perlakuan FMA dan Tanpa FMA

KESIMPULAN

Penerapan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan paket pemupukan kombinasi POC bersama NPK tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan vegetatif maupun hasil tanaman mentimun pada tanah aluvial. Namun secara mandiri, inokulasi FMA terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata, yang dicirikan oleh kenaikan laju pertumbuhan relatif (21–24 HST) sebesar 40,76%, peningkatan bobot kering brangkasan atas sebesar 26,19%, bobot kering akar sebesar 56,86%, serta penurunan nisbah pupus akar dari 9,41 menjadi 7,84, yang berimplikasi langsung pada peningkatan dimensi panjang dan bobot buah per tanaman. Sementara itu, faktor pemupukan hanya berpengaruh nyata terhadap komponen hasil, dengan capaian panjang dan bobot buah optimal diperoleh pada kombinasi POC 50 ml/l + NPK dosis rekomendasi, yang secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan efisiensi POC 100 ml/l + 50% NPK dosis rekomendasi (Urea 174 kg/ha, TSP 78 kg/ha, KCl 100 kg/ha). Dengan demikian, paket kombinasi POC 100 ml/l disertai reduksi 50% pupuk anorganik bersama inokulasi FMA merupakan rekomendasi perlakuan paling efektif dan efisien dalam mempertahankan produktivitas mentimun sekaligus meminimalkan ketergantungan pupuk sintetis pada tanah aluvial.

DAFTAR PUSTAKA

Adiwijaya, H. D. (2019). Pengaruh Kombinasi Takaran Pupuk Nitrogen dan Pupuk Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (Cucumis sativus L.) Kultivar Zatavy F1. *Jurnal Agrorektan, 6*(2): 2-21.

Andriani, V. & Karmila, R. (2019). Pengaruh Temperatur Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Kacang Tolo (Vigna sp.). *Jurnal STIGMA, 12*(1). 49-53. https://doi.org/10.36456/stigma.vol12.no01.a1861

Atamimi, I. N., dan L. Sugiyanto. (2022). Pengaruh Mikoriza terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill. var. Servo*) dalam Variasi Konsentrasi Salinitas. *Jurnal of Biological Studies. 8*(1). 56 – 73 http://dx.doi.org/10.21831/kingdom.v8i1.18235.

Basri, A. H. H. (2018). Kajian Peranan Mikoriza dalam Bidang Pertanian. *Agrica Ekstensia, 12*(2). 74-78.

Carella, P., Gogleva, A., Tomaselli, M., Alfs, C., & Schornack, S. (2018).

Phytophthora palmivora establishes tissue-specific intracellular infection structures in the earliest divergent land plant lineage. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 115.* E3846–E3855. https://doi.org/10.1073/pnas.1717900115

Chanclud, E. and Morel, J.-B. (2016), Plant hormones: a fungal point of view. *Molecular Plant Pathology, 17*: 1289-1297. https://doi.org/10.1111/mpp.12393

Coskun, D., Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2016). The nitrogen–potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. *Plant Cell and Environment, 40*(10), 2029-2041 https://doi.org/10.1111/pce.1267.

Faizin, N., Mardhiansyah, M. & Yoza., D. (2015). Respon Pemberian Beberapa Dosis Pupuk Fosfor terhadap Pertumbuhan Semai Akasia (*Acacia mangium Willd*.) dan Ketersediaan Fosfor di Tanah. *Jurnal JOM Faperta, 2*(2): 1-9. https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERTA/article/view/8881

Fang, X. Z., Liu, X. X., Zhu, Y. X., Ye, J. Y., & Jin, C. W. (2020). The K+ and NO3- Interaction Mediated by NITRATE TRANSPORTER1.1 Ensures Better Plant Growth under K+-Limiting Conditions. *Plant physiology, 184*(4), 1900–1916. https://doi.org/10.1104/pp.20.01229

Fathin, S. L., Purbajanti, E. D., & Fuskhah, E. (2019). Pertumbuhan dan hasil Kailan (*Brassica oleracea var. Alboglabra*) pada berbagai dosis pupuk kambing dan frekuensi pemupukan Nitrogen. *Jurnal Pertanian Tropik, 6*(3). 438-447. https://doi.org/10.32734/jopt.v6i3.3193

Ginting, A., Hartati, R. M. & Rochmiyati, S. M. (2018). Pengaruh berbagai Jenis Media Tanam dan Dosis Pupuk P terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Timun. *Jurnal Agromast, 3*(2), 58-66. http://journal.instiperjogja.ac.id/index.php/JAI/article/view/780

Halpera, H., & Subagiono, S. (2018) Pengaruh Pemberian Dosis KCL Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Quinensis Jack*) TM 15 Di Ultisol Kabupaten Bungo. *Jurnal Sains Agro, 3*(2). 1-11. https://doi.org/10.36355/jsa.v3i2.223

Hu, M., Wu, C., Chen, G., & Li, T. (2026). Delayed Potassium Application Alters Protein Accumulation While Improving Eating Quality and Yield in Rice. *Plants (Basel, Switzerland), 15*(3), 437. https://doi.org/10.3390/plants15030437

Huey, C. J., Gopinath, S. C. B., Uda, M. N. A., Zulhaimi, H. I., Jaafar, M. N., Kasim, F. H., & Yaakub, A. R. W. (2020). Mycorrhiza: a natural resource assists plant growth under varied soil conditions. *3 Biotech, 10*(5), 204. https://doi.org/10.1007/s13205-020-02188-3

Ilmiyah, A. (2024). Peran Mikoriza dalam Meningkatkan Produktivitas Tanaman Pertanian di Daerah Tropis. *Maliki Interdisciplinary Journal, 2*(1). 1-6. https://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/article/view/11588

Izlin, B. R., Nurrachman, & M. Isnaini. (2022). The Effect of Topping and NPK Coumpound Fertilizer on Growth and Yield of Melon *(Cucumis melo L.). AGROKOMPLEK: Jurnal Ilmiah Mahasiswa. 1*(1): 57-65.

Khastini, R. O., Avilia, A., Salsabila, N., Febrianty, R. E., Aisy, R., & Frandista, S. C. (2024). Literature Review: Peranan Acaulospora Terhadap Penyerapan Fosfor Pada Akar Tanaman Singkong. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 11*(2). 301-308.

http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.2.1

Koprivova A., & S. Kopriva. (2014). Molecular Mechanisms of Regulation of Sulfate Assimilation: First Steps on a Long Road. *Front. Plant Sci. 5*:589. http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2014.00589.

Kuo A, A. Kohler, F. M. Martin, & I.V. Grigoriev. (2014). Expanding the Genomics of Mycorrhizal Symbiosis. Front 10.3389/fmicb.2014.00582.

Kuo A, Kohler A, Martin F. M., & Grigoriev IV (2014) Expanding genomics of mycorrhizal symbiosis. *Front. Microbiol. 5*:582. https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00582

Lizawati, L., Kartika, E., Alia, Y., & Handayani, R. (2014). Pengaruh Pemberian Kombinasi Isolat Fungi Mikoriza Arbuskula terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jarak Pagar *(Jatropha Curcas L.)* yang Ditanam pada Tanah Bekas Tambang Batu Bara. *Biospecies, 7*(1). https://doi.org/10.22437/biospecies.v7i1.1492

Ludang, Y., Supriyati, W., & Alpian, A. (2022) Distribusi Biomassa dan Karbon Tingkat Semai Jenis Manggis, Lengkeng, Sengon dan Jelutung. *Jurnal Hutan Tropika, 7*(1). 61-67. https://doi.org/10.36873/jht.v17i1.4363

Mansyur, N. I. & Eiddieansyah, M. N. (2022) Pemupukan Terpadu Anorganik dan Organik Berbasis Asam Humat-Fulvat ada Lahan Marginal. *Jurnal Ilmiah Respati, 13*(2). 151-159. https://doi.org/10.52643/jir.v13i2.2666

Aminuddin, M. I. (2017). Respon Pemberian Pupuk MKP dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Cabai Rawit (*Capsicum frustescens L.). AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian, 1*(1), 44–59. https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v1i1.643

Murnita, M. & Taher, Y. A. (2021) Dampak Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah Dan Produksi Tanaman Padi *(Oriza sativa L.). Menara Ilmu, 15*(2). 67-76. https://doi.org/10.31869/mi.v15i2.2314

Oksilia & Silahuddin, A. (2020). Pengaruh Pupuk Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Mentimun Jepang *(Cucumis sativus L.). Ilmu Pertanian Agronitas, 1*(2): 25-32.

Ondang, Sugiarto, A. R. P., & Yon (2015). *Estimasi Kebutuhan Air Tanaman Dan Tingkat Produktivitas Tanaman Apel Di Kota Batu.* IPB Repository . http://repositorya.ipb.ac.id/handle/123456789/78568

Oosterhuis, D., D. Loka, E. Kawakami, & W. Pettigrew. (2014). Fisiologi Kalium dalam Produksi Tanaman Pangan. *Adv.Agron. 126*. 203–234. https://doi.org/10.1016/B978 0-12-800132-5.00003-1.

Pascalino, E., Wahyudiono, S., & Andayani, S. (2024). Pengaruh Curah Hujan terhadap Pertumbuhan Tanaman Eucalyptus Pellita di Mineral Soil. *AGROFORETECH, 2*(1), 626–63. https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/1125

Pebriyeni, S., Vauzia, Anhar, A., & Kardiman, R. (2025). Phenology of Flowering Time and Flowering Duration of Cucumber Plantsin Padang and Kamang Magek. *Jurnal Biologi Tropis, 25*(2) 1657-1662. http://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8887

Purwaningsih, O. (2025) Aplikasi Pupuk Organik Cair Sabut Kelapa Untuk Meningkatkan Hasil Bawang Merah (Allium ascalonium L.). *Jurnal Pertanian Agros, 27*(1). 31-36. https://doi.org/10.37159/jpa.v27i1.3

Raden, I., Fathillah, S. S., M. Fadli, & Suyadi. (2017). Nutrient Content of Liquid Organic Fertilizer (LOF) by Various Bio-Activator and Soaking Time. *Nusantara Bioscience, 9* (2). 209-213. https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090217

Rahmah, A., Izzati, M. & Parman, S. (2014). Pengaruh Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Limbah Sawi Putih (Brassica Chinensis L.) terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea mays L. var. saccharate. Buletin Anatomi dan Fisiologi, 12*(1). 65-71. https://doi.org/10.14710/baf.v22i1.7810

Ramli, N. (2022). Pengaruh Pupuk Organik Cair (Poc) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Mentimun *(Cucumis sativus L.). Jurnal Penelitian Agrosamudra, 9*(2). 1-10. https://doi.org/10.33059/jupas.v9i2.6491

Rokhminarsi, E., Utami, D. S., & Begananda, N. (2019). Efektivitas Pupuk Hayati Mikoriza Berbasis Azolla (Mikola) pada Tanaman Bawang Merah. *Jurnal Hortikultura, 29*(1): 32-45. https://doi.org/10.21082/jhort.v29n1.20 19.p45 52.

Silaen, S. (2021). Pengaruh Transpirasi Tumbuhan Dan Komponen Didalamnya. *Agroprimatech Journal, 5*(2). 14 - 20. https://doi.org/10.34012/agroprimatech.v5i1.2081

Solihin, E., Yuniarti, A., Damayani, M., & Rosniawaty, S. (2019). Application of Liquid Organic Fertilizer and N, P, K to the Properties of Soil Chemicals and Growth of Rice Plant. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 393*: 012026. https://doi.org/10.1088/1755-1315/393/1/012026.

Susi, N., Surtinah, S., & Rizal, M. (2018). Pengujian Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit Nenas. *Jurnal Ilmiah Pertanian, 14*(2), 46-51. https://doi.org/10.31849/jip.v14i2.261

Wahab, A., M. Muhammad., A. Munir., G. Abdi., W. Zaman. A. Ayaz., C. Khizar., dan S.P.P. Reddy. 2023. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Regulating Growth, Enhancing Productivity, and Potentially Influencing Ecosystems under Abiotic and Biotic Stresses. *Plants. 12 (17):* 3102. https://doi.org/10.3390/plants12173102.

Wahyuningrum, M. A., D.P. Endang, dan D.R. Lukiwati. (2015). Produksi Hijauan Pakan Sorgum (*Sorghum Bicolor Var. Numbu)* dengan Pemupukan Fosfat dan Nitrogen. Jurnal Ilmiah Respati Pertanian, 1(6): 472-479.

Zayed, O., Hewedy, O. A., Abdelmoteleb, A., Ali, M., Youssef, M. S., Roumia, A. F., Seymour, D., & Yuan, Z.-C. (2023). Nitrogen Journey in Plants: From Uptake to Metabolism, Stress Response, and Microbe Interaction. *Biomolecules, 13*(10), 1443. https://doi.org/10.3390/biom13101443