

Optimasi pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) melalui kombinasi dosis npk dan mikoriza

Optimization of growth and yield of pakcoy (*Brassica rapa* L.) through a combination of npk and mycorrhizal doses

Aaz Azamudin Tifani, Miftah Dieni Sukmasari*

Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Majalengka

*Correspondence: miftahdieni6@unma.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of giving a different dose of NPK fertilizer with mycorrhizal inoculation on the growth and yield of pakcoy (*Brassica rapa*) plants. The research was carried out on a trial site of the Faculty of Agriculture, University of Majalengka using a non-factorial Group Random Design (RAK) with six NPK dose treatments and four replicas. The treatment consisted of A (0 g NPK + 8 g mycorrhiza), B (0.3 g NPK + 8 g mycorrhiza), C (0.6 g NPK + 8 g mycorrhiza), D (0.9 g NPK + 8 g mycorrhiza), E (1.25 g NPK + 8 g mycorrhiza), and F (1.50 g NPK + 8 g mycorrhiza) which were repeated four times. The observed parameters included plant height, number of leaves, root length, root volume, wet weight, and dry weight of the plant. The data from the study were analyzed using non-factorial RAK, if there was an influence on the treatment, followed by Duncan's follow-up analysis. The results showed that the combination of NPK and mycorrhizal fertilizers in general had a positive effect on vegetative growth and pakcoy plant yields. Treatment E (1.25 g NPK + 8 g mycorrhiza) gave the best results on most parameters, with higher increases in plant height, leaf count, and dry weight compared to other treatments. Thus, a dose of 1.25 g of NPK combined with 8 g of mycorrhizae is the optimal combination to support the sustainable growth and productivity of pakcoy.

Keywords: mycorrhiza, NPK, nutrient efficiency, pakcoy

PENDAHULUAN

Pakcoy (*Brassica rapa*) merupakan salah satu sayuran hijau yang banyak dibudidayakan karena kandungan nutrisinya yang tinggi, komposisi nutrisi dan metabolit pada pakcoy, seperti kadar gula, asam amino, serta senyawa bioaktif seperti antosianin dan antioksidan yang menentukan nilai gizinya sebagai sumber pangan (Jeon et al. 2018; Zou et al. 2021). Pemupukan menjadi salah satu faktor penting dalam menunjang pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy. Pupuk NPK (Nitrogen, Phosphor, Kalium) digunakan secara luas untuk memenuhi kebutuhan nutrisi makro tanaman karena sangat berpengaruh ketersediaannya terhadap pertumbuhan tanaman (Maulanda et al. 2024). Aplikasi pupuk NPK yang meningkat hingga dosis 1,125 g/polybag terbukti meningkatkan berat kering tanaman pakcoy, sebagai indikasi terpenuhinya ketersediaan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium dalam jumlah besar sangatlah penting (Silitonga et al. 2018). Namun demikian, penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dapat berdampak negatif terhadap sifat fisikokimia serta karakteristik mikroba tanah (Chittora 2023).

Mikoriza sebagai pupuk hayati membentuk simbiosis mutualisme dengan akar tanaman, di mana hifa eksternal jamur memperluas area penyerapan akar, meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara seperti fosfor (P), nitrogen (N), dan kalium (K) (Nafiah and Prasetya 2019; Hazra et al. 2023). Hifa mikoriza juga memproduksi enzim fosfatase yang melepaskan P dari ikatan tanah, sehingga lebih mudah diserap tanaman (Khastini et al. 2024). Mikoriza berperan signifikan dalam memperbaiki struktur tanah dan menjadi pendamping yang efektif untuk pupuk kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikoriza berperan dalam memperbaiki kualitas tanah dengan meningkatkan kandungan karbon organik, memperbesar kapasitas tukar kation, serta mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berkontribusi terhadap efisiensi penyerapan unsur hara, khususnya fosfor dan nitrogen (Herawati et al. 2021). Mikoriza juga berperan dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia melalui perluasan area penyerapan akar serta transformasi unsur hara dari bentuk yang sukar diserap menjadi bentuk yang lebih mudah tersedia bagi tanaman (Jamiołkowska et al. 2021).

Penggunaan kombinasi pupuk NPK dengan mikoriza diyakini dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan pertumbuhan tanaman secara signifikan. Integrasi antara jamur mikoriza dan pupuk NPK merupakan strategi yang menjanjikan dalam produksi pakcoy yang berkelanjutan, karena kombinasi input biologis dan kimia tersebut mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, menekan ketergantungan terhadap pupuk kimia, serta mendukung kesehatan tanah dengan manfaat dan keterbatasan yang bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan kondisi lingkungan (Herawati et al. 2021; Jamiołkowska et al. 2021). Namun, dosis optimal pemberian pupuk NPK yang terintegrasi dengan mikoriza untuk tanaman pakcoy belum dapat dipastikan secara jelas dan konsisten dalam berbagai penelitian terkait pertanian dan bioteknologi, sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan dosis ideal yang dapat meningkatkan performa tanaman secara efektif pada berbagai aspek pertumbuhan dan biomassa.

MATERI DAN METODE

Materi

Percobaan di laksanakan di lahan penelitian Teknopark Fakultas Pertanian Universitas Majalengka dengan ketinggian 100 mdpl. Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini antara lain adalah benih tanaman pakcoy, Polybag 30x30 cm, Pupuk kandang ayam, Mikoriza sebagai pupuk hayati dan pupuk NPK untuk mengetahui Dosis yang paling Optimal. Alat yang di gunakan meteran, timbangan analitik, oven, label penanda, kamera dan alat tulis.

Metode

Percobaan dilakukan secara eksperimen di lahan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola Non Faktorial dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Pemilihan RAK dilakukan untuk mengontrol heterogenitas lingkungan. Selanjutnya, media tanam untuk penanaman Pakcoy dimasukan ke dalam polybag ukuran 30 x 30 cm dengan jarak antar polibag 25 cm. Faktor Perlakuan yang diujikan yaitu 6 Tingkat Dosis NPK dengan Mikoriza tetap.

- A. 0 gram NPK + 8 gram Mikoriza
- B. 0,3 gram NPK + 8 gram Mikoriza
- C. 0,6 gram NPK + 8 gram Mikoriza
- D. 0,9 gram NPK + 8 gram Mikoriza
- E. 1,25 gram NPK + 8 gram Mikoriza
- F. 1,50 gram NPK + 8 gram Mikoriza

Variabel Pengamatan

1. Tinggi Tanaman (cm): Diukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh menggunakan penggaris.
2. Jumlah Daun (helai): Menghitung semua daun yang telah membuka sempurna.
3. Volume Akar (cm³): Menggunakan metode water displacement (penempatan akar dalam gelas ukur berisi air dan melihat selisih volume).
4. Panjang Akar (cm): Diukur dari pangkal batang hingga ujung akar terpanjang.
5. Bobot Basah Tanaman (gram): Seluruh tanaman (bagian atas dan akar) ditimbang segera setelah panen.
6. Bobot Kering Tanaman (gram): Seluruh tanaman dikeringkan dalam oven pada suhu 70-80°C hingga berat konstan, lalu ditimbang.

Analisis data

Data yang diperoleh diolah menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA one way) dan dilanjutkan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) jika terdapat perbedaan diantara setiap atau salah satu perlakuan. Analisis data dilakukan dengan software SPSS for Windows 25th version, dan data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata yang disertai dengan nilai standar error.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK yang di kombinasikan dengan mikoriza secara umum berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy. hal ini menggambarkan pengaruh kombinasi pupuk kimia dengan mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kesuburan media tanam serta efektivitas fisiologis tanaman pakcoy. Data hasil percobaan meliputi pengukuran tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, volume akar, bobot basah, dan bobot kering tanaman sebagai indikator utama efektivitas perlakuan pemupukan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman.

Tinggi Tanaman Dan Jumlah Daun

Berdasarkan uji statistic, hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman pada umur 18, 25, dan 33 hari setelah tanam (hst) menunjukkan bahwa perlakuan dengan dosis NPK yang berbeda, namun dengan pemberian mikoriza tetap sebanyak 8 g, tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman (Tabel 1). Data menunjukkan bahwa pada semua perlakuan baik perlakuan A, B, C, D, E maupun F menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Tidak adanya perbedaan nyata antar dosis NPK menunjukkan bahwa pemberian mikoriza 8 g sudah cukup efektif meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara, sehingga variasi dosis pupuk NPK tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Ketidaksignifikanan pengaruh dosis NPK diduga disebabkan oleh peran dominan mikoriza dalam membantu penyerapan unsur hara. Mikoriza mampu membentuk jaringan hifa yang memperluas daerah jelajah akar sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, terutama N, P, dan K (Nurbaity & Mbusango, 2024). Pemupukan dengan mikoriza menyediakan nutrisi yang cukup untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, khususnya memperbesar jaringan batang dan daun yang berfungsi sebagai organ fotosintesis utama (Alvita et al. 2024; Maulanda et al. 2024; Pareira 2025) meskipun tanpa dibarengi dengan pemberian pupuk anorganik NPK. Mikoriza berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara, terutama fosfor yang terbatas dalam tanah, sehingga berkontribusi pada pertumbuhan tinggi tanaman yang optimal dalam kombinasi dengan pupuk NPK (Alvita et al. 2024).

Tabel 1. Pengaruh Pemberian Dosis NPK yang Berbeda dengan Inokulasi Mikoriza terhadap Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Tanaman Pakcoy

| Perlakuan | Tinggi Tanaman (cm) | | | Jumlah Daun (helai) | | |
|-------------------------------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| | 18 hst | 25 hst | 33 hst | 18 hst | 25 hst | 33 hst |
| A (0 g NPK + 8 g Mikoriza) | 16,40a | 21,68a | 26,66a | 15,6a | 25,4a | 28,25a |
| B (0,3 g NPK + 8 g Mikoriza) | 19,00a | 25,82a | 31,74a | 21,2bcd | 26,6a | 31,75a |
| C (0,6 g NPK + 8 g Mikoriza) | 18,13a | 26,30a | 33,28a | 19,2b | 26,4a | 27,75a |
| D (0,9 g NPK + 8 g Mikoriza) | 25,00a | 29,48a | 32,74a | 23,2de | 29,4a | 30,25a |
| E (1,25 g NPK + 8 g Mikoriza) | 22,75a | 29,48a | 31,16a | 24,8e | 31,2a | 36,00a |
| F (1,50 g NPK + 8 g Mikoriza) | 20,25a | 26,20a | 28,40a | 20,6bc | 29,2a | 35,50a |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT 5%.

Efek positif mikoriza yang menyamakan pertumbuhan akar meskipun dosis NPK berbeda. Selain itu yang menjadi perhatian adalah data tinggi tanaman pakcoy dari tabel menunjukkan bahwa pada perlakuan dengan dosis NPK tertinggi (F, 1,50 gram NPK + 8 gram mikoriza), nilai tinggi tanaman cenderung lebih kecil dibandingkan perlakuan lainnya dengan dosis yang lebih rendah. Fenomena ini dapat diinterpretasikan bahwa pemberian dosis pupuk NPK yang terlalu tinggi tidak selalu memberikan efek positif yang maksimal pada pertumbuhan tanaman, termasuk tinggi tanaman. Hal ini sesuai dengan studi yang menunjukkan bahwa dosis pupuk berlebih dapat menimbulkan stres osmotik serta ketidakseimbangan nutrisi yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Saijo et al. 2024; Pamungkas et al. 2024). Oleh karena itu, terdapat ambang batas dosis pupuk NPK yang optimal dimana pemberian lebih dari itu tidak lagi memberikan manfaat signifikan atau bahkan menurunkan hasil pertumbuhan. Dengan demikian, hasil pengamatan dari perlakuan F yang menunjukkan tinggi tanaman lebih rendah dibanding E merupakan indikasi bahwa dosis NPK 1,25 gram sudah mencapai ambang optimal, dan peningkatan dosis ke 1,50 gram menimbulkan efek negatif fisiologis yang perlu diwaspadai dalam pemupukan pakcoy bersama mikoriza.

Jumlah daun merupakan indikator penting pertumbuhan vegetatif pada tanaman pakcoy. Data menunjukkan bahwa perlakuan dengan dosis NPK sedang hingga tinggi, yang dipadukan dengan mikoriza, menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK bersama mikoriza meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi yang sangat diperlukan untuk pembentukan sel dan pertumbuhan jaringan daun (Firmansyah and Kurnia). Untuk jumlah daun pada 18 HST, dosis pupuk NPK sedang hingga tinggi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan kontrol, menegaskan pentingnya nitrogen dalam pupuk NPK untuk pembentukan daun baru, yang menjadi kunci dalam meningkatkan luas fotosintesis dan biomassa tanaman (Maulanda et al. 2024). Efek sinergis antara mikoriza dan pupuk NPK memperkuat penyerapan nutrisi dan memacu pertumbuhan daun, sebagaimana diungkapkan dalam penelitian-penelitian yang menyoroti peran mikoriza dalam meningkatkan efisiensi nutrisi tanaman daun (Laili et al. 2023). Sejalan dengan Khairani Harahap et al. (2024) yang melaporkan bahwa kombinasi optimal antara mikoriza dan pupuk NPK menghasilkan jumlah daun terbanyak, mendukung pertumbuhan dan fotosintesis yang efisien.

Panjang Akar dan Volume Akar

Berdasarkan data hasil analisis pada tabel 2, Tidak terdapat pengaruh yang berbeda pemberian dosis NPK dan mikroiza terhadap Panjang akar dan volume akar pakcoy. Baik perlakuan A (0 g NPK + 8 g Mikoriza) sampai dengan perlakuan tertinggi F (1,50 g NPK + 8 g Mikoriza) menunjukkan hasil yang sama. Kecenderungan peningkatan panjang akar seiring bertambahnya dosis NPK menunjukkan bahwa unsur hara tambahan dari NPK tetap berperan

dalam memperkuat pertumbuhan jaringan akar. Namun mikoriza yang diberikan pada semua perlakuan menyebabkan variasi antar dosis menjadi tidak signifikan. Mikoriza membantu pertumbuhan akar melalui pembentukan hifa yang memperluas daerah serapan akar. Perbedaan dosis NPK belum mampu menimbulkan efek signifikan terhadap panjang akar, karena mikoriza sudah meningkatkan efisiensi penyerapan hara meski tanpa tambahan NPK (Nurmasyitah dan Khairuna (2017)..

Tabel 2. Pengaruh Pemberian Dosis NPK yang Berbeda dengan Inokulasi Mikoriza terhadap Panjang Akar, Volume Akar, Bobot Basah, dan Bobot Kering Tanaman Pakcoy

| Perlakuan | Panjang Akar (cm) | Volume Akar (cm ³) | Bobot Basah (g) | Bobot Kering (g) |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|
| A (0 g NPK + 8 g Mikoriza) | 15,9a | 5,5a | 123,48a | 61,37a |
| B (0,3 g NPK + 8 g Mikoriza) | 17,70a | 9,0a | 178,68a | 69,01ab |
| C (0,6 g NPK + 8 g Mikoriza) | 25,80a | 70a | 169,05a | 71,40ab |
| D (0,9 g NPK + 8 g Mikoriza) | 21,42a | 9,0a | 185,58a | 86,18b |
| E (1,25 g NPK + 8 g Mikoriza) | 29,30a | 9,9a | 252,36a | 121,57c |
| F (1,50 g NPK + 8 g Mikoriza) | 19,70a | 11,1a | 240,92a | 101,33b |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT 5%.

Hasil uji statistik yang menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan meskipun terdapat variasi dosis NPK dengan mikoriza dapat dijelaskan oleh efek konsisten mikoriza dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman. Kondisi ini menyebabkan perbedaan yang diharapkan dari dosis pupuk NPK tidak begitu signifikan karena mikoriza dapat menyamakan efisiensi penyerapan nutrisi di semua perlakuan. Penjelasan ini didukung oleh beberapa studi terbaru, termasuk penelitian oleh Waruwu et al. (2025) yang menekankan peranan mikoriza dalam meningkatkan serapan hara dan struktur tanah, serta penelitian oleh Ilmiyah (2024) yang menyatakan mikoriza mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan memperbaiki kondisi rhizosfer tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan dengan efek yang cukup konsisten antar perlakuan. Hal ini menunjukkan respon adaptif dari sistem perakaran terhadap ketersediaan nutrisi yang lebih mencukupi, yang memungkinkan akar tumbuh lebih panjang dan lebih besar untuk menunjang penyerapan air dan hara penting bagi aktivitas metabolisme tanaman (Hasrun et al. 2025). Peningkatan panjang akar dan volume akar juga diindikasikan oleh peran mikoriza dalam meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara sehingga memperbaiki perkembangan akar secara fisiologis dan mendukung akumulasi biomassa keseluruhan yang tercermin dalam bobot tanaman, sehingga sangat penting dalam produksi sayuran seperti pakcoy dan (Saijo et al. 2024; Pareira 2025). Studi terkini menunjukkan bahwa bobot basah mungkin kurang sensitif terhadap perlakuan nutrisi jika dibandingkan dengan bobot kering, yang lebih mencerminkan akumulasi bahan kering dan biomassa tanaman nyata (Al Maroghi and Ekawati 2023).

Bobot Basah, dan Bobot Kering

Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan dengan dosis pupuk NPK yang berbeda pada pemberian mikoriza tetap (8 g) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot basah pertanaman namun berbeda nyata secara signifikan pada Bobot basah pertanaman. Bobot basah pertanaman pada perlakuan ini tidak menunjukkan perbedaan signifikan karena bobot basah sering kali dipengaruhi oleh kadar air dalam tanaman yang lebih fluktuatif dan tidak selalu mencerminkan biomassa nyata (Zulkifli and Lukmanasari 2022). Ini menunjukkan bahwa pertambahan dosis NPK memang meningkatkan suplai unsur hara dan memperbesar

biomassa segar tanaman, namun keberadaan mikoriza telah menstabilkan serapan hara antar perlakuan. Mikoriza membantu tanaman memanfaatkan hara lebih efisien, sehingga efek perbedaan dosis NPK menjadi tidak terlalu besar secara statistik. Bobot kering tanaman menunjukkan perlakuan E (1,25 g NPK + 8 g mikoriza) menghasilkan bobot kering tertinggi sebesar 121,57 g. Hasil uji menunjukkan bahwa bobot kering pada perlakuan E berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya seperti A, B, dan C. Hal ini karena mikoriza dan pupuk NPK bekerja secara sinergis untuk meningkatkan bobot kering tanaman melalui mekanisme yang melibatkan beberapa aspek penting. Mikoriza adalah jamur yang membentuk simbiosis dengan akar tanaman, membantu memperluas jaringan akar serta meningkatkan penyerapan air dan hara, khususnya fosfor (P), yang sangat penting bagi metabolisme tanaman (Nafiah and Prasetya 2019; Hazra et al. 2023). Dengan peningkatan penyerapan hara ini, meningkatkan efisiensi produksi biomassa tanaman karena proses fotosintesis dan metabolisme tanaman menjadi lebih optimal sehingga akumulasi biomassa tinggi dibanding tanaman tanpa mikoriza (Verlinden et al. 2018; Sodikin et al. 2022). Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurmasiyah et al. (2017) pada bibit lada di Aceh, yang menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza mampu meningkatkan ketersediaan dan serapan P meskipun dosis NPK dikurangi hingga 50%.

Dosis pupuk NPK yang diberikan sangat berperan dalam menentukan efektivitas interaksi ini. Dosis NPK yang optimal mampu memenuhi kebutuhan hara pokok (N, P, dan K) secara tepat, sehingga mikoriza dapat berfungsi maksimal membantu penyerapan hara tersebut. Pemberian dosis NPK yang terlalu rendah akan membatasi ketersediaan hara esensial bagi tanaman, sedangkan dosis yang terlalu tinggi dapat menimbulkan efek toksisitas atau menghambat kolonisasi mikoriza karena tanaman kurang bergantung pada mikoriza saat hara berlebihan (Safitri et al. 2025). Hal ini ditunjukkan juga oleh Perlakuan E yang memiliki hasil lebih tinggi daripada perlakuan F (1,5 g NPK + 8 g mikoriza) yang hanya 101,33 g. Ini menunjukkan bahwa pemberian NPK lebih dari dosis 1,25 g tidak selalu meningkatkan biomassa kering tanaman, bahkan ada penurunan yang dapat terjadi akibat overdosis pupuk yang menyebabkan stres tanaman atau gangguan penyerapan hara (Hazra et al. 2023). Hal ini menegaskan adanya dosis optimal pupuk NPK yang harus dipadukan dengan mikoriza untuk mendapatkan pertumbuhan terbaik. Penelitian oleh Zhang et al., (2024) menyimpulkan bahwa inokulasi mikoriza meningkatkan biomassa tanaman rata-rata hingga 47%, dan penyerapan unsur hara N serta P hingga dua kali lipat dibandingkan tanpa mikoriza. Hasil-hasil ini mendukung temuan bahwa keberadaan mikoriza dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia, sehingga variasi dosis NPK dalam kisaran rendah–menengah tidak lagi menghasilkan perbedaan signifikan terhadap pertumbuhan dan biomassa tanaman.

KESIMPULAN

Tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan menunjukkan bahwa mikroba mikoriza berperan kuat dalam meningkatkan serapan hara, sehingga perbedaan dosis NPK dari 0 hingga 1,5 g tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, volume akar, dan bobot basah pertanaman. Namun pada variabel bobot kering pertanaman, perlakuan dengan dosis 1,25 g NPK dan 8 g mikoriza memberikan hasil paling optimal, Sedangkan, dosis NPK yang lebih tinggi tidak memberikan peningkatan signifikan dan cenderung menurunkan pertumbuhan. Kondisi ini menggambarkan efisiensi pemupukan yang lebih baik, di mana penggunaan pupuk kimia dapat dikurangi tanpa menurunkan hasil pertumbuhan tanaman, berkat dukungan simbiosis mikoriza dalam sistem perakaran.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa dalam penyusunan dan publikasi artikel ini tidak ada konflik kepentingan yang dapat mempengaruhi hasil maupun interpretasi data. Semua pihak yang berkontribusi dalam penulisan artikel ini telah tercantum dengan jelas dalam daftar penulis.

DAFTAR PUTAKA

- Alvita AM, Fatmawaty AA, Muztahidin NI, M. KA. 2024. Effects of Doses Goat Manure and NPK Fertilizer on Growth and Yield of Pakcoy. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(1):128–140. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1.6440>
- Ardianus Berkat Saleh Waruwu, Putri Khide Talenta Mendrofa, Natalia Kristiani Lase. 2025. Kajian Literatur: Jamur Mikoriza sebagai Mitra Mikroorganisme yang Meningkatkan Serapan Nutrisi Tanaman. *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*. 2(1):152–158. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.237>
- Chittora D. 2023. Harmful Impact of Synthetic Fertilizers on Growing Agriculture and Environment. *Global Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*. 11(1). <https://doi.org/10.19080/gjpps.2023.11.555804>
- Firmansyah I, Kurnia D. Prosiding Seminar Nasional Kesiapan Sumber Daya Pertanian dan Inovasi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0. [place unknown].
- Hasrun M, Rosyidah A, Muslikah S. 2025. Studi Aplikasi Macam Pupuk Organik Dan Dosis Pupuk Anorganik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) Study Of The Application Of Types Of Organic Fertilizer And Dosage Of Inorganic Fertilizer On The Growth And Yield Of Pakcoy (*Brassica rapa L.*). [place unknown].
- Hazra F, Istiqomah FN, Saputra RN. 2023. Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Fase Pertumbuhan Vegetatif Dan Generatif Kacang Tanah (*Arachis hypogea L.*). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 10(2):265–271. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.2.10>
- Herawati A, Syamsiyah J, Mujiyo, Rochmadtulloh M, Susila AA, Romadhon MR. 2021. Mycorrhizae and a soil ameliorant on improving the characteristics of sandy soil. *Sains Tanah*. 12(2):73–80. <https://doi.org/10.20961/STJSSA.V18I1.43697>
- Ilmiah A. 2024. Peran Mikoriza dalam Meningkatkan Produktivitas Tanaman Pertanian di Daerah Tropis. [place unknown]. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/index>
- Jamiołkowska A, Skwaryło-Bednarz B, Thanoon AH, Kurska W. 2021. Contribution of mycorrhizae to sustainable and ecological agriculture: A review. *Int Agrophys*. 35(4):331–341. <https://doi.org/10.31545/intagr/144249>
- Jeon J, Lim CJ, Kim JK, Park SU. 2018. Comparative metabolic profiling of green and purple pakchoi (*Brassica rapa subsp. chinensis*). *Molecules*. 23(7). <https://doi.org/10.3390/molecules23071613>
- Khairani Harahap K, Zulfida I, Studi Agroteknologi P, Pertanian F, Pembinaan Masyarakat Indonesia U. 2024. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza dan NPK Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Sawi Manis (*Brassica juncea L.*). Oktober. 2024(2):321–332.
- Khastini RO, Avilia A, Salsabila N, Febrianty RE, Aisy R, Frandista SC. 2024. Literature Review: Peranan Acaulospora Terhadap Penyerapan Fosfor Pada Akar Tanaman Singkong. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 11(2):301–308. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.2.1>
- Laili A, Herliana O, Rahayu AY, Cahyani W, Fauzi A. 2023. Effects of mycorrhiza and phosphate fertilizers on the growth and yield of foxtail millet (*Setaria italica L.*) under drought stress conditions. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*. 8(3):133. <https://doi.org/10.22146/ipas.71822>

- Al Maroghi S, Ekawati R. 2023. Respons Pertumbuhan Dan Biomassa Kelapa Sawit Di Pembibitan Awal Pada Pemberian Pupuk Npk Dan Mikoriza The Responses Of The Palm Oil's Growth And Biomass In The Pre-Nursery On The Given Of Npk Fertilizer And Mycorrhiza. [place unknown].
- Maulanda R, Raksun A, Mertha IG. 2024. The Effect of NPK Fertilizer and Liquid Organic Fertilizer Made From Rice Washing Water on the Growth of Pakchoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Biologi Tropis*. 24(4):371–378. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7657>
- Nafiah BI, Prasetya B. 2019. Pengaruh Pupuk Hayati Konsorsium Mikroba Dan Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Inceptisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(2):1325–1332. <https://doi.org/10.21776/ub.jtisl.2019.006.2.13>
- Pamungkas P, Anwar Hidayat YN, Wijaya. 2024. Effect of Nitrogen and Humic Acid on Growth and Yield of Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) Plants. *Jurnal Agrosoci*. 2(1):1–12. <https://doi.org/10.62885/agrosoci.v2i1.399>
- Pareira MS. 2025. Peran Fungi Mikoriza Arbuskula dan Irigasi Tetes dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rappa* L.) DiLahan Kering. *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*. 2(1):284–293. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.284>
- Safitri I, Mertha IG, Raksun A. 2025. Influence of NPK and Bokashi on Growth and Chlorophyll Content of Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Biologi Tropis* [Internet]. 25(4):5019–5029. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i4.10393>
- Saijo, Fahrudin Arfianto, Khodir Abdul Maliki. 2024. Pengaruh Limbah Sawit dan NPK terhadap Hasil Pakcoy (*Brassica rapa* subsp *chinensis*) menggunakan Media Tanah Berpasir. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 15(2):91–99. <https://doi.org/10.29244/jhi.15.2.91-99>
- Silitonga M, Sipayung P, Sitorus IM, Siahaan R, Hutauruk S, Fajar TSA, Sarumaha SRD, Panjaitan D. 2018. The effect of biochar dose and NPK fertilizer on the production and growth of pak choi plant. In: *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. Vol. 205. [place unknown]: Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/205/1/012028>
- Sodikin E, Sulaiman F, Amar M, Achadi T, Yakup Y, Sefrila M, Apria A. 2022. Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Hayati Mikoriza pada Pertumbuhan Bibit Dua Varietas Kelapa Sawit di Pembibitan Awal. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*.:141–152. <https://doi.org/10.25181/jaip.v10i2.2629>
- Verlinden MS, Ven A, Verbruggen E, Janssens IA, Wallander H, Vicca S. 2018. Favorable effect of mycorrhizae on biomass production efficiency exceeds their carbon cost in a fertilization experiment. *Ecology*. 99(11):2525–2534. <https://doi.org/10.1002/ecy.2502>
- Zou L, Tan WK, Du Y, Lee HW, Liang X, Lei J, Striegel L, Weber N, Rychlik M, Ong CN. 2021. Nutritional metabolites in *Brassica rapa* subsp. *chinensis* var. *parachinensis* (choy sum) at three different growth stages: Microgreen, seedling and adult plant. *Food Chem*. 357. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129535>
- Zulkifli H, Lukmanasari P. 2022. Respon Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Terhadap Aplikasi Kompos Ampas Kelapa Dan Npk Mutiara (16:16:16) Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Response to Application of Coconut Dregs Compost and NPK Mutiara (16:16:16) Zulkifli, Herianto dan Putri Lukmanasari. Riau.