

Pengaruh Berbagai Kombinasi Pupuk Kandang Sapi dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Ketan pada Tanah Pasiran

¹Wahyu Astiko, ¹M. Taufik Fauzi, ¹Sudirman, ^{1*}Ni Made Laksmi Ernawati, ¹Irwan Muthahanas

¹Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: astiko@unram.ac.id

Received: May 2026; Revised: July 2026; Published: August 2026

Abstrak

Tanah pasiran memiliki kemampuan menahan air dan hara yang rendah sehingga dapat membatasi produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pupuk kandang sapi dan mikoriza terhadap pertumbuhan, status hara, perkembangan mikoriza, dan hasil jagung ketan pada tanah pasiran. Percobaan lapangan dilaksanakan pada Februari-Juli 2026 di Moncok Karya, Ampenan, Mataram, menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan lima perlakuan dan tiga ulangan: B0 (kontrol), B1 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi), B2 (3 t ha⁻¹ mikoriza), B3 (5 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 1,5 t ha⁻¹ mikoriza), dan B4 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza). Perlakuan B4 memberikan respons terbaik di antara perlakuan yang diuji, dengan tinggi tanaman 164,88 cm dan jumlah daun 17,21 helai tanaman⁻¹ pada 56 HST. B4 juga menghasilkan N total tanah 4,100%, P tersedia 76,164 mg kg⁻¹, serta kadar N dan P tanaman masing-masing 0,194% dan 3,164 g kg⁻¹. Pada 65 HST, jumlah spora mencapai 5.014,00 spora 100 g⁻¹ tanah dengan kolonisasi akar 96,66%. Bobot tongkol segar dan kering tertinggi masing-masing mencapai 236,66 dan 100,33 g tanaman⁻¹. Dengan demikian, kombinasi 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi dan 3 t ha⁻¹ mikoriza merupakan perlakuan paling efektif di antara kombinasi yang diuji untuk meningkatkan pertumbuhan, status hara, perkembangan mikoriza, dan hasil jagung ketan pada tanah pasiran.

Kata Kunci: Bioamelioran; Fungi Mikoriza Arbuskula; Jagung Ketan; Pupuk Kandang Sapi; Tanah Pasiran.

Effects of Cattle Manure and Mycorrhiza Combinations on the Growth and Yield of Glutinous Corn on Sandy Soil

Abstract

Sandy soils have low water- and nutrient-retention capacities that can limit crop productivity. This study evaluated the effects of cattle manure and mycorrhiza on the growth, nutrient status, mycorrhizal development, and yield of glutinous corn grown in sandy soil. A field experiment was conducted from February to July 2026 in Moncok Karya, Ampenan, Mataram, Indonesia, using a randomized complete block design with five treatments and three replications: B0 (control), B1 (10 t ha⁻¹ cattle manure), B2 (3 t ha⁻¹ mycorrhiza), B3 (5 t ha⁻¹ cattle manure + 1.5 t ha⁻¹ mycorrhiza), and B4 (10 t ha⁻¹ cattle manure + 3 t ha⁻¹ mycorrhiza). B4 produced the best overall response among the treatments evaluated, with a plant height of 164.88 cm and 17.21 leaves plant⁻¹ at 56 days after planting. B4 also resulted in soil total N of 4.100%, available P of 76.164 mg kg⁻¹, and plant N and P concentrations of 0.194% and 3.164 g kg⁻¹, respectively. At 65 days after planting, spore density reached 5,014.00 spores 100 g⁻¹ soil and root colonization reached 96.66%. The highest fresh and dry ear weights were 236.66 and 100.33 g plant⁻¹, respectively. Therefore, the combination of 10 t ha⁻¹ cattle manure and 3 t ha⁻¹ mycorrhiza was the most effective treatment among those evaluated for improving the growth, nutrient status, mycorrhizal development, and yield of glutinous corn in sandy soil.

Keywords: Arbuscular Mycorrhizal Fungi; Bioameliorant; Cattle Manure; Glutinous Corn; Sandy Soil.

How to Cite: Astiko, W., Fauzi, M.T., Sudirman, Ernawati, N.M.L., & Muthahanas, I. (2026). Pengaruh Berbagai Kombinasi Pupuk Kandang Sapi dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Ketan pada Tanah Pasiran. *Journal of Authentic Research*, 5(3), 6737–6753. <https://doi.org/10.36312/jar.v5i3.6546>



<https://doi.org/10.36312/jar.v5i3.6546>

Copyright© 2026, Astiko et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Tanah pasiran merupakan salah satu sumber daya lahan yang berpotensi dimanfaatkan untuk mendukung produksi pertanian, tetapi produktivitasnya sering dibatasi oleh sifat fisik, kimia, dan biologinya. Dominasi fraksi pasir menyebabkan porositas dan permeabilitas yang tinggi, sedangkan kandungan bahan organik dan kapasitas tukar kation umumnya rendah. Kondisi tersebut menyebabkan rendahnya kemampuan tanah mempertahankan air dan unsur hara serta meningkatkan risiko kehilangan hara melalui pencucian, sehingga ketersediaan sumber daya bagi pertumbuhan tanaman menjadi terbatas (de Holanda et al., 2025). Permasalahan tanah bertekstur kasar mempunyai relevansi yang cukup luas di Indonesia; data FAO menunjukkan sekitar 67.883 km² atau sekitar 6,79 juta ha wilayah Indonesia termasuk kelas tanah yang tersusun atas bahan berpasir atau skeletal. Meskipun kategori tersebut tidak seluruhnya merupakan lahan pertanian pasiran, luasannya menunjukkan pentingnya pengembangan teknologi pengelolaan tanah bertekstur kasar untuk mendukung pemanfaatan lahan marginal secara produktif dan berkelanjutan.

Jagung ketan (*Zea mays* L. var. *ceratina*) merupakan salah satu komoditas pangan yang berpotensi dikembangkan pada lahan dengan kondisi tanah terbatas. Komoditas ini memiliki nilai ekonomi dan karakteristik biji yang khas, tetapi produktivitasnya tetap sangat bergantung pada ketersediaan air dan unsur hara selama pertumbuhan dan pembentukan hasil (Paweningsih & Soetopo, 2020). Pada tanah pasiran, rendahnya retensi air dan hara dapat membatasi perkembangan akar, pertumbuhan vegetatif, pembentukan biomassa, dan pengisian tongkol. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas jagung ketan pada tanah pasiran memerlukan pendekatan pengelolaan yang tidak hanya menambah unsur hara, tetapi juga memperbaiki lingkungan perakaran dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara oleh tanaman.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah penggunaan pupuk kandang sapi sebagai amelioran organik. Pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki agregasi dan kemampuan tanah mempertahankan air, serta menyediakan unsur hara yang diperlukan tanaman. Perbaikan sifat tanah tersebut sangat relevan pada tanah pasiran karena rendahnya kandungan bahan organik merupakan salah satu faktor utama yang membatasi retensi air dan hara. Aplikasi pupuk kandang sapi juga dilaporkan mampu meningkatkan ketersediaan dan serapan N, P, dan K serta produksi jagung (Saifulloh & Suntari, 2022). Dengan demikian, pupuk kandang sapi tidak hanya berfungsi sebagai sumber hara, tetapi juga sebagai amelioran yang dapat memperbaiki lingkungan tumbuh tanaman (Uzoma et al., 2011).

Selain amelioran organik, fungi mikoriza arbuskula (FMA) berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya tanah melalui hubungan simbiotik dengan akar tanaman. Hifa eksternal FMA memperluas daerah eksplorasi tanah di luar zona yang dapat dijangkau secara langsung oleh akar sehingga dapat meningkatkan akses tanaman terhadap air dan unsur hara, terutama fosfor yang mobilitasnya relatif rendah di dalam tanah (Waruwu et al., 2025). Peranan tersebut menjadi penting pada tanah pasiran yang mempunyai kemampuan terbatas dalam mempertahankan air dan hara. Pemanfaatan FMA pada tanah pasiran telah dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan efisiensi penyerapan unsur hara dan perbaikan hubungan tanah-akar-mikroorganisme

(Nafady et al., 2018). Oleh karena itu, FMA berpotensi menjadi komponen biologis penting dalam strategi bioameliorasi tanah pasiran.

Integrasi pupuk kandang sapi dan FMA berpotensi memberikan manfaat komplementer dalam memperbaiki lingkungan rizosfer. Pupuk kandang menyediakan bahan organik dan unsur hara serta memperbaiki sifat fisik tanah, sedangkan FMA meningkatkan kemampuan sistem perakaran dalam mengeksplorasi air dan hara (Mukhtiyanta et al., 2018). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa amelioran yang mengandung mikoriza dapat meningkatkan hasil serta serapan N dan P jagung manis pada tanah pasiran (Purnama et al., 2024). Temuan tersebut menunjukkan potensi pendekatan bioameliorasi yang mengintegrasikan sumber bahan organik dengan mikroorganisme simbiotik. Namun, respons tanaman terhadap kombinasi pupuk kandang dan mikoriza dapat bergantung pada dosis dan proporsi kedua komponen, sehingga peningkatan dosis belum tentu selalu menghasilkan respons agronomis yang sebanding.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih diperlukan informasi mengenai kombinasi dosis pupuk kandang sapi dan mikoriza yang mampu memberikan respons paling efektif terhadap pertumbuhan, status hara tanah dan tanaman, perkembangan mikoriza, serta hasil jagung ketan pada tanah pasiran. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pupuk kandang sapi dan mikoriza yang diaplikasikan secara tunggal maupun dalam berbagai kombinasi terhadap pertumbuhan, akumulasi biomassa, status dan serapan hara N dan P, perkembangan mikoriza, serta hasil jagung ketan pada tanah pasiran. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi bioameliorasi berbasis bahan organik dan mikoriza untuk meningkatkan produktivitas jagung ketan sekaligus mendukung pemanfaatan tanah pasiran secara lebih efisien dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada Februari–Juli 2026 di Moncok Karya, Kelurahan Pejeruk Karya, Kecamatan Ampenan, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Penelitian terdahulu oleh kelompok penulis pada lokasi Moncok Karya melaporkan koordinat geografis sekitar 8°34'7" LS dan 116°5'42" BT. Analisis tanah dan tanaman serta pengamatan mikoriza dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah dan Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Sebelum aplikasi perlakuan, sampel tanah awal diambil secara komposit dengan pola diagonal pada areal percobaan untuk menggambarkan kondisi kesuburan tanah sebelum penelitian. Sampel dikeringanginkan, dihomogenkan, dan diayak sebelum dianalisis, terutama untuk menentukan N total dan P tersedia.

Percobaan lapangan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan dan tiga ulangan sehingga diperoleh 15 unit percobaan. Setiap petak percobaan berukuran 3 m × 2 m, dengan saluran antarpetak selebar 50 cm dan tinggi bedengan sekitar 25 cm. Perlakuan terdiri atas B0 = kontrol tanpa pupuk kandang sapi dan mikoriza; B1 = pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹; B2 = mikoriza 3 t ha⁻¹; B3 = pupuk kandang sapi 5 t ha⁻¹ + mikoriza 1,5 t ha⁻¹; dan B4 = pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ + mikoriza 3 t ha⁻¹. Masing-masing perlakuan ditempatkan secara acak di dalam setiap kelompok untuk mengurangi pengaruh keragaman kondisi lapangan..

Inokulum mikoriza yang digunakan adalah *Glomus mosseae*. Inokulum diperbanyak melalui kultur pot menggunakan media campuran tanah steril dan

pupuk kandang sapi steril dengan perbandingan 1:1. Sebanyak 40 g inokulum awal digunakan pada kultur perbanyakan dan dipelihara selama sekitar 50 hari. Prosedur perbanyakan mikoriza menggunakan jagung sebagai tanaman inang untuk memperbanyak propagul mikoriza. Setelah masa kultur 50 hari selesai, akar tanaman inang dan media dikeringanginkan, kemudian akar terkolonisasi dipotong menjadi bagian kecil dan dicampurkan kembali dengan media yang mengandung spora dan hifa. Inokulum akhir terdiri atas media pembawa, spora, hifa, dan fragmen akar terkolonisasi.

Benih jagung ketan varietas Pulut Putih Kumala F1 ditanam sebanyak dua benih per lubang dengan jarak tanam 60×30 cm. Pupuk kandang sapi dan inokulum mikoriza diaplikasikan pada saat tanam sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan dan ditempatkan pada kedalaman sekitar 10 cm di bawah atau di sekitar daerah perakaran. Seluruh perlakuan memperoleh pupuk anorganik berupa urea 175 kg ha^{-1} dan Phonska 125 kg ha^{-1} . Masing-masing pupuk diberikan dalam dua tahap, yaitu setengah dosis pada 10 hari setelah tanam (HST) dan setengah dosis berikutnya pada 20 HST. Pemeliharaan tanaman meliputi penyulaman, penjarangan, penyiangan gulma, penyiraman yang disesuaikan dengan kondisi curah hujan dan kelembapan tanah, serta pengendalian organisme pengganggu tanaman menggunakan pestisida organik berbahan aktif azadirachtin. Tanaman dipanen pada umur 65 HST.

Pengamatan pertumbuhan dilakukan secara periodik pada umur 14, 28, 42, dan 56 HST, meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun. Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga bagian tertinggi tanaman, sedangkan jumlah daun dihitung berdasarkan daun yang telah membuka sempurna. Biomassa tajuk dan akar diamati pada umur 42 dan 65 HST. Tanaman sampel dipisahkan menjadi bagian tajuk dan akar, kemudian masing-masing bagian ditimbang untuk memperoleh bobot basah. Sampel selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 65°C selama 48 jam hingga mencapai bobot konstan untuk memperoleh biomassa kering. Bobot brangkas basah dan kering per petak (setelah dijemur di bawah matahari selama 7 hari) juga ditentukan pada umur 65 HST sebagai indikator akumulasi biomassa tanaman.

Konsentrasi hara tanah dan kadar hara tanaman diamati pada umur 42 HST. Sampel tanah rizosfer dikumpulkan untuk menentukan N total dan P tersedia. N total ditentukan dengan metode Kjeldahl, sedangkan P tersedia dianalisis dengan metode ekstraksi Bray dan selanjutnya ditentukan secara spektrofotometri. Sampel jaringan tanaman dikeringkan, digiling, dan dihomogenkan sebelum dianalisis kandungan N dan P. Serapan hara tanaman ditentukan berdasarkan kandungan unsur dalam jaringan dan biomassa kering tanaman.

Jumlah spora dan kolonisasi akar oleh mikoriza diamati pada umur 42 dan 65 HST. Spora mikoriza diekstraksi dari sampel tanah rizosfer menggunakan teknik pengayakan basah dan dekantasi (*wet sieving and decanting*), kemudian dihitung menggunakan mikroskop dan dinyatakan sebagai jumlah spora per 100 g tanah. Untuk menentukan kolonisasi akar, sampel akar dicuci hingga bersih, dipotong menjadi segmen kecil, kemudian dijernihkan dan diwarnai menggunakan teknik *clearing and staining*. Persentase kolonisasi ditentukan berdasarkan proporsi bagian akar yang menunjukkan struktur mikoriza terhadap keseluruhan bagian akar yang diamati. Pengamatan dilakukan pada 42 dan 65 HST.

Komponen hasil diamati pada saat panen umur 65 HST, meliputi bobot tongkol segar per tanaman, bobot tongkol kering per tanaman, dan bobot tongkol segar per

petak. Bobot tongkol segar ditentukan segera setelah panen, sedangkan bobot tongkol kering diperoleh setelah proses pengeringan sampai bobot relatif konstan. Seluruh data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (*analysis of variance*, ANOVA). Apabila analisis menunjukkan pengaruh perlakuan yang nyata, rerata perlakuan dibandingkan menggunakan uji lanjut pada taraf nyata 5% ($p < 0,05$) menggunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Tanah Awal

Analisis tanah awal menunjukkan bahwa kandungan nitrogen (N) total tergolong sangat rendah, yaitu 0,01%, dan kandungan bahan organik tanah juga rendah, yaitu 1,21%. Kondisi ini menunjukkan rendahnya kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara serta terbatasnya kandungan bahan organik. Sebaliknya, kandungan fosfor (P) tersedia tergolong sedang, yaitu 13,82 mg kg⁻¹, berdasarkan klasifikasi kesuburan tanah dari Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Tinggi Tanaman

Pemberian berbagai kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung ketan pada umur 14, 28, 42, dan 56 HST. Perlakuan B4 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza) secara konsisten menghasilkan tanaman tertinggi pada seluruh waktu pengamatan. Pada umur 56 HST, tinggi tanaman pada B4 mencapai 164,88 cm, sedangkan kontrol (B0) sebesar 126,91 cm, sehingga terjadi peningkatan sekitar 29,92% (Tabel 1). Konsistensi respons sejak fase awal hingga 56 HST menunjukkan bahwa kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza memberikan kondisi yang lebih mendukung pertumbuhan vegetatif dibandingkan perlakuan tanpa bioamelioran.

Peningkatan tinggi tanaman pada B4 berkaitan dengan fungsi komplementer pupuk kandang sapi dan mikoriza dalam mendukung ketersediaan dan perolehan hara. Pupuk kandang sapi berperan sebagai sumber bahan organik dan unsur hara, terutama N, serta berpotensi memperbaiki agregasi dan retensi air tanah. Perubahan tersebut dapat mendukung perkembangan akar dan mempertahankan ketersediaan hara di sekitar rizosfer. Astiko et al. (2025) dan Astiko et al. (2025a) menunjukkan bahwa penggunaan bioamelioran berbasis bahan organik dapat memperbaiki ketersediaan hara dan mendukung produktivitas jagung pada lahan suboptimal. Dengan demikian, respons tinggi tanaman pada B4 kemungkinan tidak hanya berkaitan dengan tambahan hara secara langsung, tetapi juga dengan kondisi tanah yang lebih mendukung pemanfaatan hara oleh tanaman..

Di sisi lain, mikoriza arbuskula membentuk jaringan hifa eksternal yang dapat memperluas volume tanah yang dieksplorasi di luar jangkauan langsung akar. Mekanisme tersebut terutama penting dalam memperoleh P karena mobilitas unsur ini di dalam tanah relatif terbatas. Peningkatan akses terhadap P, bersama dengan kecukupan N, dapat mendukung pembelahan dan pemanjangan sel, pembentukan jaringan vegetatif, serta proses metabolisme yang berkontribusi terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Arisma et al. (2024) menjelaskan bahwa fungi mikoriza arbuskula berperan dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman melalui perluasan daerah eksplorasi hara. Temuan ini sejalan dengan pola hasil penelitian, karena B4 tidak hanya menghasilkan tanaman tertinggi, tetapi juga menunjukkan

nilai N total, P tersedia, serta parameter N dan P tanaman yang lebih tinggi dibandingkan kontrol..

Respons B4 juga menunjukkan adanya keterkaitan fungsional antara pemberian bahan organik dan perkembangan mikoriza. Pupuk kandang menyediakan bahan organik dan hara, sedangkan mikoriza meningkatkan kapasitas eksplorasi tanah melalui jaringan hifanya. Interaksi kedua komponen tersebut menghasilkan lingkungan rizosfer yang lebih mendukung pertumbuhan tanaman. Astiko et al. (2013a) melaporkan bahwa aplikasi mikoriza indigenous yang dikombinasikan dengan pupuk kandang pada tanah bertekstur pasir di Lombok Utara meningkatkan status hara tanah, serapan hara, biomassa, pertumbuhan, dan hasil jagung. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memperkuat indikasi bahwa integrasi pupuk kandang sapi dan mikoriza dapat memberikan respons pertumbuhan yang lebih baik daripada kondisi tanpa ameliorasi, khususnya pada tanah dengan kesuburan yang rendah.

Tabel 1. Tinggi Tanaman Jagung Ketan pada Berbagai Kombinasi Bioamelioran

Kombinasi Bioamelioran	Hari setelah tanam			
	14 hst	28 hst	42 hst	56 hst
B0: Kontrol	11,55 ^b	41,31 ^e	64,88 ^e	126,91 ^d
B1: 10 t ha ⁻¹ PK	12,21 ^b	51,94 ^d	83,77 ^d	134,49 ^d
B2: 3 t ha ⁻¹ M	13,55 ^b	63,00 ^c	122,66 ^c	142,88 ^c
B3: 5 t ha ⁻¹ PK + 1,5 t ha ⁻¹ M	13,77 ^b	68,50 ^b	131,44 ^b	152,55 ^b
B4: 10 t ha ⁻¹ PK + 3 t ha ⁻¹ M	20,15 ^a	72,06 ^a	139,21 ^a	164,88 ^a
BNJ 5%	2,54	3,39	3,60	8,21

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%, PK= pupuk kandang, M= mikoriza

Jumlah daun

Kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap jumlah daun jagung ketan pada seluruh waktu pengamatan. Perlakuan B4 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza) secara konsisten menghasilkan jumlah daun tertinggi dan pada 56 HST mencapai 17,21 helai tanaman⁻¹, sedangkan kontrol (B0) menghasilkan 9,22 helai tanaman⁻¹ (Tabel 2). Dengan demikian, jumlah daun pada B4 meningkat sekitar 86,66% dibandingkan kontrol. Respons yang konsisten sejak 14 hingga 56 HST menunjukkan bahwa kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza memberikan kondisi nutrisi yang lebih mendukung pembentukan dan perkembangan daun dibandingkan tanpa bioamelioran.

Tabel 2. Jumlah Daun Jagung Ketan (helai) Pada Berbagai Kombinasi Bioamelioran

Kombinasi Bioamelioran	Hari setelah tanam			
	14 hst	28 hst	42 hst	56 hst
B0: Kontrol	3,33 ^d	6,10 ^d	8,77 ^d	9,22 ^d
B1: 10 t ha ⁻¹ PK	4,48 ^c	7,22 ^c	10,22 ^c	12,10 ^c
B2: 3 t ha ⁻¹ M	5,38 ^b	8,44 ^b	11,11 ^c	12,88 ^c
B3: 5 t ha ⁻¹ PK + 1,5 t ha ⁻¹ M	5,87 ^b	8,77 ^b	12,66 ^b	14,55 ^b
B4: 10 t ha ⁻¹ PK + 3 t ha ⁻¹ M	6,44 ^a	9,44 ^a	14,22 ^a	17,21 ^a
BNJ 5%	0,51	0,49	0,93	1,16

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%, PK= pupuk kandang, M= mikoriza

Peningkatan jumlah daun pada B4 ada kaitannya dengan peningkatan ketersediaan dan perolehan hara, terutama N dan P, yang berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif tanaman. Pupuk kandang sapi menyediakan bahan organik

dan unsur hara yang secara bertahap dapat dilepaskan melalui proses dekomposisi, sedangkan mikoriza membentuk hifa eksternal yang memperluas volume tanah yang dapat dieksplorasi oleh sistem perakaran. Perluasan daerah eksplorasi tersebut terutama penting bagi perolehan P yang mobilitasnya relatif rendah di dalam tanah. Kecukupan N mendukung pembentukan jaringan vegetatif dan aparatus fotosintetik, sementara P berperan dalam transfer energi dan metabolisme yang diperlukan selama pembentukan daun. Oleh karena itu, respons jumlah daun yang lebih tinggi pada B4 kemungkinan merupakan hasil gabungan antara peningkatan pasokan hara dari bahan organik dan peningkatan kapasitas tanaman dalam memperoleh hara melalui asosiasi mikoriza.

Interpretasi tersebut didukung oleh pola variabel lain dalam penelitian ini. Perlakuan B4 tidak hanya menghasilkan jumlah daun tertinggi, tetapi juga menunjukkan N total tanah, P tersedia, serta parameter N dan P tanaman yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Pola respons yang searah tersebut mengindikasikan adanya keterkaitan fungsional antara status hara dan pembentukan organ vegetatif, meskipun hubungan tersebut tidak dapat dinyatakan sebagai korelasi statistik karena analisis korelasi tidak dilakukan. Astiko et al. (2013a) melaporkan bahwa aplikasi mikoriza indigenus yang dikombinasikan dengan pupuk kandang pada tanah bertekstur pasir di Lombok Utara meningkatkan status hara, serapan hara, pertumbuhan, biomassa, dan hasil jagung. Demikian pula, Gao et al. (2020) melaporkan bahwa integrasi mikoriza dengan sumber bahan organik dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan perolehan P. Dengan demikian, jumlah daun yang lebih tinggi pada B4 diduga mencerminkan respons terintegrasi antara peningkatan ketersediaan hara dan fungsi mikoriza dalam mendukung pertumbuhan vegetatif, bukan semata-mata akibat perubahan kondisi perakaran yang tidak diukur secara langsung.

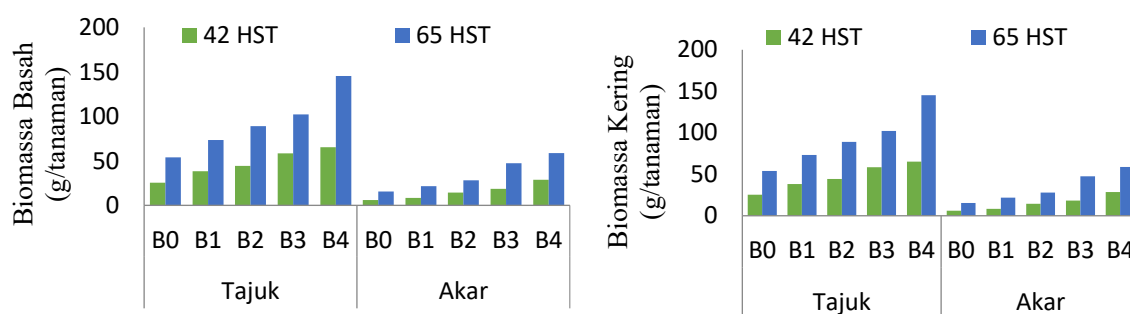
Biomasa Tajuk dan Akar

Kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap biomassa tajuk dan akar jagung ketan pada 42 dan 65 HST, baik pada biomassa basah maupun kering. Perlakuan B4 (10 t ha^{-1} pupuk kandang sapi + 3 t ha^{-1} mikoriza) secara konsisten menghasilkan biomassa tertinggi. Pada 65 HST, biomassa basah tajuk dan akar pada B4 masing-masing mencapai 445,26 dan 75,11 g tanaman⁻¹, sedangkan pada kontrol (B0) masing-masing sebesar 154,95 dan 24,50 g tanaman⁻¹. Pola yang sama terlihat pada biomassa kering, yaitu 145,41 g tanaman⁻¹ pada tajuk dan 58,86 g tanaman⁻¹ pada akar untuk B4, dibandingkan masing-masing 53,85 dan 15,45 g tanaman⁻¹ pada kontrol (Gambar 1). Pola tersebut menunjukkan bahwa respons perlakuan tidak hanya meningkatkan ukuran vegetatif tanaman, tetapi juga berkaitan dengan peningkatan akumulasi bahan kering pada tajuk dan akar.

Peningkatan biomassa pada B4 berkaitan dengan fungsi komplementer pupuk kandang sapi dan mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan dan perolehan hara oleh tanaman. Pupuk kandang sapi menyediakan bahan organik dan unsur hara yang dapat dilepaskan melalui proses dekomposisi, sedangkan hifa eksternal mikoriza memperluas volume tanah yang dapat dieksplorasi tanaman dan meningkatkan akses terhadap unsur hara, terutama P. Peningkatan perolehan N dan P selanjutnya dapat mendukung pembentukan jaringan vegetatif, transfer energi, dan berbagai proses metabolisme yang diperlukan untuk akumulasi biomassa. Mekanisme tersebut sesuai dengan pola hasil penelitian ini, karena B4 juga menghasilkan N total tanah, P tersedia, serta parameter N dan P tanaman tertinggi.

Hubungan antara perkembangan mikoriza dan biomassa juga terlihat dari pola respons antarvariabel. B4 menghasilkan biomassa akar dan tajuk tertinggi sekaligus menunjukkan jumlah spora dan kolonisasi akar mikoriza tertinggi. Kolonisasi akar yang lebih tinggi secara fisiologis dapat memperluas daerah eksplorasi tanah melalui jaringan hifa eksternal, sehingga berpotensi meningkatkan perolehan hara dan mendukung pembentukan biomassa. Sebaliknya, peningkatan pertumbuhan tajuk dapat menyediakan lebih banyak fotosintat bagi akar dan fungi mikoriza sebagai simbiosis obligat.

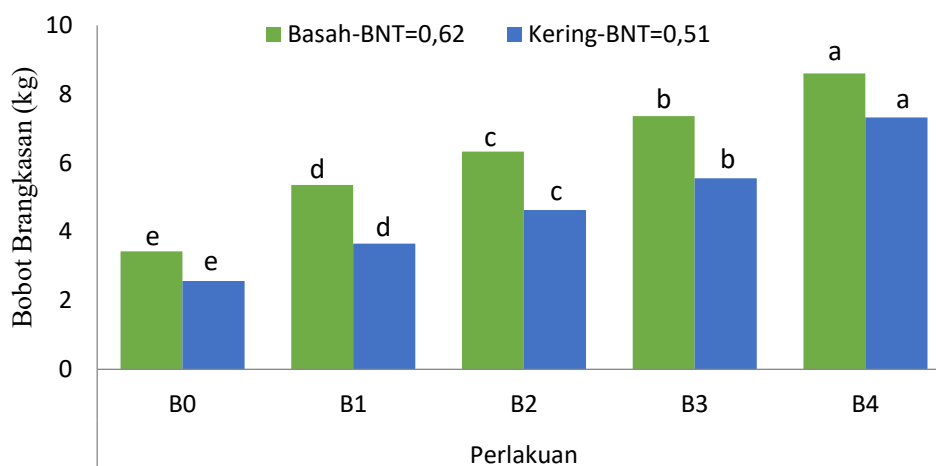
Hasil tersebut sejalan dengan Astiko et al. (2026), yang melaporkan bahwa kombinasi mikoriza dan pupuk kandang pada tanah pasiran meningkatkan pertumbuhan, biomassa, dan serapan hara jagung. Smith et al. (2011) juga menjelaskan bahwa simbiosis mikoriza arbuskula berperan dalam perolehan nutrisi tanaman melalui jalur mikoriza dan perluasan akses terhadap sumber hara tanah. Oleh karena itu, biomassa tajuk dan akar yang lebih tinggi pada B4 menunjukkan bahwa kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza merupakan perlakuan yang paling efektif di antara kombinasi yang diuji dalam mendukung akumulasi biomassa jagung ketan.



Gambar 1. Biomassa tajuk dan akar jagung ketan pada berbagai kombinasi Bioamelioran

Bobot Brangkas

Perlakuan B4 (10 t ha^{-1} pupuk kandang sapi + 3 t ha^{-1} mikoriza) menghasilkan bobot brangkas basah dan kering tertinggi pada 65 HST, masing-masing sebesar 8,60 dan 7,32 kg petak⁻¹, sedangkan kontrol (B0) masing-masing hanya mencapai 3,43 dan 2,57 kg petak⁻¹ (Gambar 2). Dibandingkan dengan kontrol, B4 meningkatkan bobot brangkas basah sekitar 151% dan brangkas kering sekitar 185%. Peningkatan yang konsisten pada kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa respons perlakuan tidak hanya terlihat pada pertumbuhan individu tanaman, tetapi juga tercermin pada akumulasi biomassa per petak.



Gambar 2. Bobot brangkas jagung ketan pada umur 65 HST pada berbagai kombinasi Bioamelioran

Tingginya bobot brangkas pada B4 ada hubungannya dengan peningkatan ketersediaan dan perolehan hara yang mendukung pembentukan biomassa vegetatif. Pupuk kandang sapi menyediakan bahan organik dan unsur hara yang dapat dilepaskan secara bertahap melalui proses dekomposisi, sedangkan mikoriza melalui jaringan hifa eksternal memperluas volume tanah yang dapat dieksplorasi tanaman. Mekanisme tersebut terutama relevan bagi perolehan P yang mobilitasnya relatif rendah di dalam tanah. Kecukupan N dan P selanjutnya dapat mendukung pembentukan daun dan batang serta berbagai proses metabolisme yang diperlukan dalam akumulasi bahan kering. Oleh karena itu, peningkatan bobot brangkas pada B4 lebih tepat dipandang sebagai respons terintegrasi terhadap peningkatan status hara dan kemampuan tanaman memperoleh hara.

Astiko et al. (2019) melaporkan bahwa pemanfaatan mikoriza pada sistem budidaya jagung dapat mendukung pertumbuhan, biomassa, dan perolehan hara tanaman. Temuan tersebut secara umum sejalan dengan Medina et al. (2010), yang menunjukkan bahwa interaksi antara fungi mikoriza arbuskula dan bahan organik dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman melalui perubahan aktivitas mikoriza dan dinamika hara di rizosfer. Dengan demikian, bobot brangkas yang lebih tinggi pada B4 menunjukkan bahwa kombinasi 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi dan 3 t ha⁻¹ mikoriza merupakan perlakuan yang paling efektif di antara kombinasi yang diuji dalam meningkatkan akumulasi biomassa jagung ketan.

N Total dan P Tersedia Tanah

Kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap N total dan P tersedia tanah pada 42 HST. Perlakuan B4 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza) menghasilkan N total dan P tersedia tertinggi, masing-masing sebesar 4,100% dan 76,164 mg kg⁻¹, sedangkan kontrol (B0) masing-masing sebesar 2,561% dan 14,499 mg kg⁻¹. Dengan demikian, dibandingkan kontrol, B4 meningkatkan N total sekitar 60,1% dan P tersedia sekitar 425,3% (Tabel 3). Besarnya peningkatan P tersedia dibandingkan N total menunjukkan bahwa respons kedua unsur terhadap bioamelioran berbeda, yang kemungkinan berkaitan dengan perbedaan sumber, transformasi, dan dinamika masing-masing unsur di dalam tanah..

Tabel 3. N total dan P tersedia tanah pada umur 42 HST pada berbagai kombinasi Bioamelioran

Kombinasi Bioamelioran	N total (%)	P tersedia (mg.kg ⁻¹)
	42 hst	42 hst
B0: Kontrol	2,561 ^e	14,499 ^e
B1: 10 t ha ⁻¹ PK	2,901 ^d	18,838 ^d
B2: 3 t ha ⁻¹ M	3,247 ^c	47,477 ^c
B3: 5 t ha ⁻¹ PK + 1,5 t ha ⁻¹ M	3,488 ^b	57,238 ^b
B4: 10 t ha ⁻¹ PK+ 3 t ha ⁻¹ M	4,100 ^a	76,164 ^a
BNJ 5%	0,120	3,055

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%, PK= pupuk kandang, M= mikoriza

Peningkatan N total pada B4 diduga terutama berkaitan dengan penambahan N organik melalui pupuk kandang sapi dan proses transformasi bahan organik di dalam tanah. Dekomposisi dan mineralisasi bahan organik dapat mengubah sebagian N organik menjadi bentuk mineral, sementara penambahan bahan organik juga dapat memengaruhi aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam siklus N. Yuniarti et al. (2020) menjelaskan bahwa pemberian bahan organik dapat memengaruhi status N tanah melalui peningkatan masukan bahan organik dan proses mineralisasi.

Mikoriza arbuskula terutama berperan dalam meningkatkan akses dan perolehan P oleh tanaman melalui jaringan hifa eksternal, bukan secara langsung menambah jumlah P di dalam tanah. Hifa mikoriza dapat mengeksplorasi volume tanah di luar zona deplesi P di sekitar akar sehingga meningkatkan efisiensi perolehan unsur yang mobilitasnya rendah tersebut (Grant et al., 2005). Sementara itu, pupuk kandang dapat menambah P organik maupun anorganik dan, melalui proses dekomposisi, berpotensi memengaruhi transformasi P serta proporsi P yang tersedia. Oleh karena itu, tingginya P tersedia pada B4 lebih tepat diduga sebagai hasil gabungan antara masukan P dari pupuk kandang dan perubahan dinamika P di rizosfer, sedangkan mikoriza terutama berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan tanaman memperoleh P.

Interpretasi tersebut didukung oleh pola antarvariabel dalam penelitian ini. B4 menghasilkan P tersedia tertinggi sekaligus menunjukkan parameter P tanaman dan kolonisasi akar mikoriza yang lebih tinggi. Pola respons yang searah ini mengindikasikan adanya keterkaitan fungsional antara status P tanah, perkembangan mikoriza, dan perolehan P oleh tanaman. Lumbanraja et al. (2023) melaporkan bahwa aplikasi pupuk kandang dan mikoriza meningkatkan P tersedia dan parameter P tanaman serta mendukung pertumbuhan jagung. Meskipun demikian, hubungan antara P tersedia, kolonisasi mikoriza, dan P tanaman pada penelitian ini belum diuji melalui analisis korelasi, sehingga pola tersebut tidak dapat ditafsirkan sebagai hubungan sebab-akibat yang telah dibuktikan secara statistik.

Kadar N dan P Tanaman

Pemberian berbagai kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap kadar N dan P tanaman jagung ketan pada 42 HST. Perlakuan B4 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza) menghasilkan kadar N dan P tertinggi, masing-masing sebesar 0,194% dan 3,164 g kg⁻¹, sedangkan kontrol (B0) masing-masing hanya sebesar 0,074% dan 2,151 g kg⁻¹ (Tabel 4). Dibandingkan dengan kontrol, B4 meningkatkan kadar N sekitar 162,2% dan kadar P sekitar 47,1%.

Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan status hara tanah pada B4 diikuti oleh peningkatan konsentrasi N dan P dalam jaringan tanaman.

Kadar N tanaman yang lebih tinggi pada B4 diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan N di dalam tanah dan kemampuan tanaman memperoleh unsur tersebut. Pupuk kandang sapi menyediakan bahan organik dan N yang secara bertahap dapat dilepaskan melalui proses dekomposisi dan mineralisasi. Di sisi lain, fungi mikoriza arbuskula membentuk jaringan hifa eksternal yang memperluas volume tanah yang dapat dieksplorasi oleh tanaman. Selain berperan penting dalam perolehan P, asosiasi mikoriza juga dapat berkontribusi terhadap perolehan N melalui peningkatan eksplorasi sumber hara di luar zona perakaran langsung (Ahmed et al., 2025).

Peningkatan kadar P pada B4 secara biologis konsisten dengan fungsi mikoriza dalam meningkatkan perolehan unsur P. Jaringan hifa eksternal mampu mengeksplorasi volume tanah yang lebih luas daripada akar dan mencapai P di luar zona deplesi di sekitar permukaan akar. Mekanisme tersebut penting bagi P karena mobilitasnya relatif rendah di dalam tanah (Plassard dan Dell, 2010). Pada saat yang sama, pupuk kandang dapat menyediakan sumber P serta memengaruhi dinamika P melalui proses dekomposisi bahan organik. Dengan demikian, kadar P tanaman yang lebih tinggi pada B4 merupakan respons komplementer antara peningkatan ketersediaan P di dalam tanah dan peningkatan kemampuan tanaman memperoleh P melalui asosiasi mikoriza..

Fakta diatas diperkuat oleh pola antarvariabel dalam penelitian ini. Perlakuan B4 menghasilkan N total dan P tersedia tanah tertinggi sekaligus kadar N dan P tanaman tertinggi. B4 juga menunjukkan kolonisasi mikoriza serta biomassa akar dan tajuk yang lebih tinggi. Pola respons yang searah tersebut mengindikasikan adanya keterkaitan fungsional antara status hara tanah, perkembangan mikoriza, kadar hara jaringan, dan pertumbuhan tanaman, tetapi belum dapat dinyatakan sebagai korelasi atau hubungan sebab-akibat secara statistik karena analisis korelasi antarvariabel tidak dilakukan. Marles et al. (2019) melaporkan bahwa aplikasi mikoriza bersama bahan organik dapat meningkatkan status hara dan mendukung pertumbuhan tanaman, sedangkan Plassard dan Dell (2010) menjelaskan peran fungi mikoriza dalam meningkatkan perolehan P melalui jaringan hifa eksternal..

Tabel 4. Kadar N dan P tanaman pada umur 42 HST pada berbagai kombinasi Bioamelioran

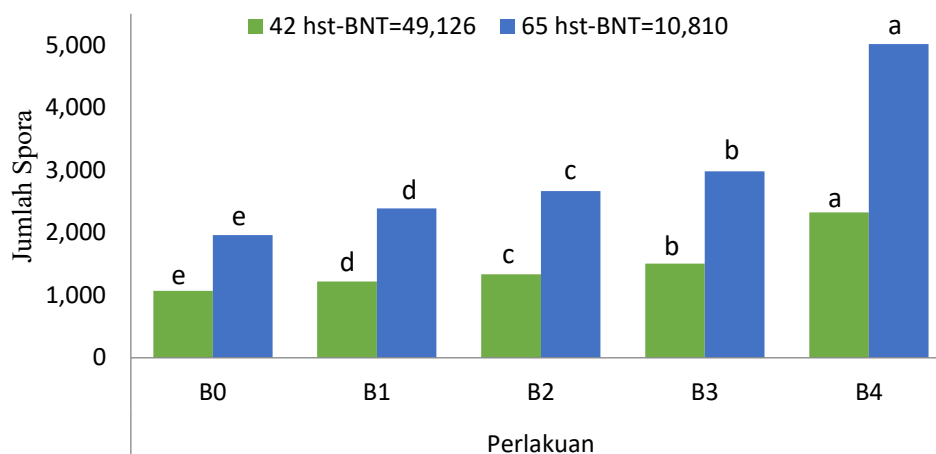
Kombinasi Bioamelioran	Kadar N (%)	Kadar P (g kg ⁻¹)
	42 hst	42 hst
B0: Kontrol	0,074 ^d	2,151 ^c
B1: 10 t ha ⁻¹ PK	0,108 ^c	2,272 ^c
B2: 3 t ha ⁻¹ M	0,112 ^c	2,494 ^{bc}
B3: 5 t ha ⁻¹ PK + 1,5 t ha ⁻¹ M	0,174 ^b	2,778 ^b
B4: 10 t ha ⁻¹ PK + 3 t ha ⁻¹ M	0,194 ^a	3,164 ^a
BNJ 5%	0,007	0,380

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%, PK= pupuk kandang, M= mikoriza

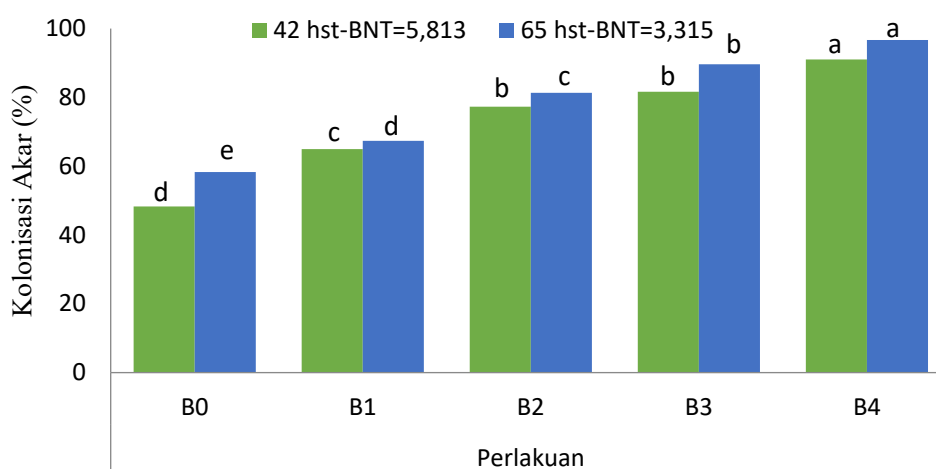
Jumlah Spora dan Kolonisasi Mikoriza

Perlakuan B4 (10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza) menghasilkan jumlah spora dan persentase kolonisasi akar tertinggi pada 42 dan 65 HST. Pada B4, jumlah spora meningkat dari 2.325,66 spora 100 g⁻¹ tanah pada 42 HST menjadi

5.014,00 spora 100 g⁻¹ tanah pada 65 HST, sedangkan kolonisasi akar meningkat dari 91,00% menjadi 96,66% (Gambar 3 dan 4). Peningkatan kedua parameter dari 42 hingga 65 HST menunjukkan bahwa perkembangan mikoriza berlangsung seiring dengan pertumbuhan tanaman inang. Respons yang lebih tinggi pada B4 juga menunjukkan bahwa kombinasi dosis pupuk kandang sapi dan inokulum mikoriza tersebut memberikan kondisi yang paling mendukung perkembangan mikoriza di antara perlakuan yang diuji.



Gambar 3 Jumlah spora mikoriza pada 42 dan 65 HST pada berbagai kombinasi Bioamelioran



Gambar 4. Kolonisasi akar mikoriza pada 42 dan 65 HST pada berbagai kombinasi Bioamelioran

Tingginya jumlah spora dan kolonisasi akar pada perlakuan B4 ada kaitannya dengan kombinasi antara jumlah inokulum yang diberikan, kondisi rizosfer, dan perkembangan tanaman inang. Mikoriza arbuskula merupakan simbiosis obligat yang bergantung pada karbon hasil fotosintesis tanaman inang untuk mendukung pertumbuhan hifa dan perkembangan struktur simbiotiknya. Sebaliknya, tanaman memperoleh manfaat dari jaringan hifa eksternal yang memperluas volume tanah yang dapat dieksplorasi untuk memperoleh unsur hara, terutama P. Bhupenchandra et al. (2025) menjelaskan bahwa keberhasilan simbiosis mikoriza dipengaruhi oleh interaksi antara fungi, tanaman inang, dan kondisi lingkungan rizosfer. Oleh karena

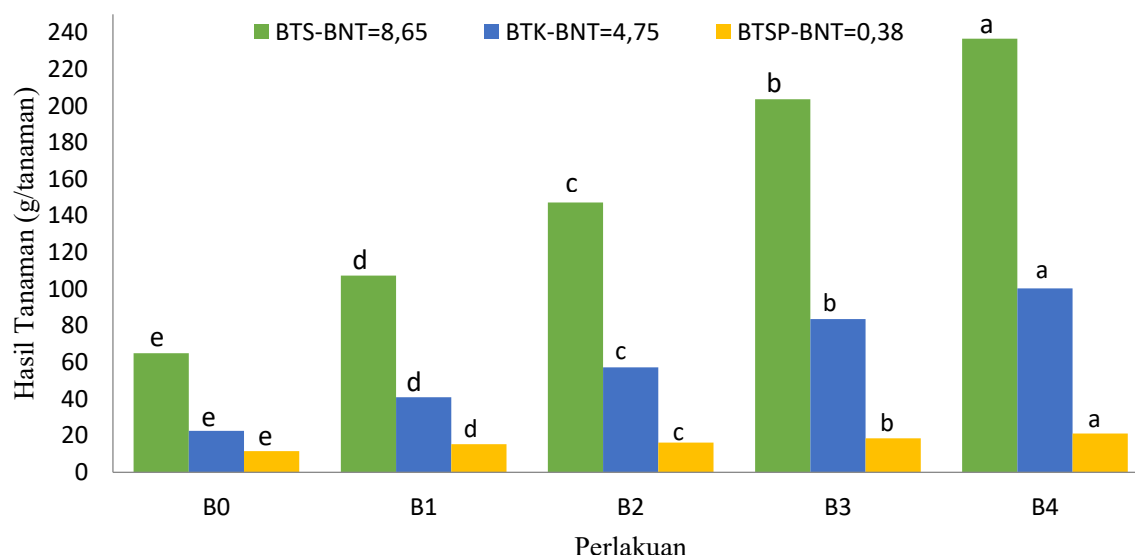
itu, peningkatan kolonisasi pada B4 kemungkinan mencerminkan kondisi yang lebih mendukung pembentukan dan pemeliharaan simbiosis mikoriza-tanaman selama pertumbuhan jagung ketan.

Pola perkembangan mikoriza pada B4 juga konsisten dengan respons hara dan biomassa tanaman. Perlakuan ini menghasilkan kolonisasi akar tertinggi sekaligus menunjukkan P tersedia tanah, kadar P tanaman, serta biomassa akar dan tajuk yang lebih tinggi. Secara biologis, pola tersebut sesuai dengan fungsi hifa mikoriza dalam memperluas eksplorasi tanah dan meningkatkan perolehan P oleh tanaman. Sebaliknya, pertumbuhan tanaman yang lebih baik dapat meningkatkan ketersediaan fotosintat yang dapat dialokasikan ke akar dan simbiosis mikoriza. Dengan demikian, hubungan antara perkembangan mikoriza dan pertumbuhan tanaman kemungkinan bersifat timbal balik.

Peningkatan jumlah spora dari 42 hingga 65 HST juga menunjukkan perkembangan struktur propagul mikoriza selama siklus pertumbuhan tanaman. Namun, jumlah spora yang tinggi tidak selalu identik dengan tingkat kolonisasi atau efektivitas simbiosis, sehingga interpretasinya perlu dilakukan bersama dengan persentase kolonisasi akar dan respons tanaman. Pada penelitian ini, B4 menunjukkan pola yang konsisten karena tingginya jumlah spora disertai kolonisasi akar yang tinggi serta peningkatan status hara dan biomassa tanaman. Sukri et al. (2019) melaporkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi dan mikoriza dapat meningkatkan perkembangan mikoriza serta mendukung pertumbuhan jagung. Hasil tersebut mendukung interpretasi bahwa respons biologis mikoriza dapat berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan sumber daya tanah.

Komponen Hasil Jagung Ketan

Peningkatan pertumbuhan vegetatif, biomassa, status hara tanah dan tanaman, serta perkembangan mikoriza pada perlakuan B4 selanjutnya tercermin pada komponen hasil jagung ketan. Perlakuan B4 (10 t ha^{-1} pupuk kandang sapi + 3 t ha^{-1} mikoriza) menghasilkan bobot tongkol segar $236,66 \text{ g tanaman}^{-1}$ dan bobot tongkol kering $100,33 \text{ g tanaman}^{-1}$, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 5).



Gambar 5. Bobot Tongkol Segar (BTS), Berat Tongkol Kering (BTK) (g/tanaman), Berat Tongkol Segar Per Petak (BTSP) kg pada Beberapa Kombinasi Bioamelioran Umur 65 HST

Tingginya hasil pada perlakuan B4 merupakan konsekuensi dari kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih optimal akibat sinergi pupuk kandang sapi dan mikoriza. Peningkatan ketersediaan dan serapan N serta P mendukung pembentukan luas dan fungsi daun, aktivitas fotosintesis, serta produksi fotosintat, sedangkan perkembangan sistem perakaran dan kolonisasi mikoriza meningkatkan efisiensi penyerapan air dan hara. Fotosintat yang terbentuk selanjutnya ditranslokasikan dan diakumulasi pada tongkol selama fase pembentukan dan pengisian biji, sehingga meningkatkan bobot tongkol segar maupun kering. Menurut Astiko et al. (2025b), peningkatan ketersediaan N dan P berperan penting dalam mempertahankan aktivitas fotosintesis dan metabolisme tanaman yang diperlukan untuk pembentukan serta pengisian organ hasil. Sementara itu, Maseko dan Dakora (2013) menjelaskan bahwa simbiosis mikoriza dapat meningkatkan penyerapan P dan unsur hara lainnya melalui perluasan daerah eksplorasi akar. Hasil ini sejalan dengan Roy-Bolduc dan Hijri (2011) dan Etesami et al. (2021) yang menunjukkan bahwa integrasi mikoriza dan pupuk organik pada tanah pasir meningkatkan pertumbuhan, biomassa, serapan hara, dan hasil jagung. Dengan demikian, tingginya bobot tongkol pada B4 menunjukkan bahwa kombinasi 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi dan 3 t ha⁻¹ mikoriza mampu memberikan efek bioameliorasi yang menyeluruh, mulai dari perbaikan kondisi tanah, peningkatan aktivitas dan fungsi perakaran, hingga peningkatan akumulasi biomassa dan alokasi fotosintat ke organ hasil, sehingga efektif meningkatkan produktivitas jagung ketan pada tanah pasir.

KESIMPULAN

Kombinasi pupuk kandang sapi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, biomassa, status hara tanah dan tanaman, perkembangan mikoriza, serta hasil jagung ketan pada tanah pasir. Perlakuan B4, yaitu 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi + 3 t ha⁻¹ mikoriza, memberikan respons terbaik di antara perlakuan yang diuji. Pada 56 HST, B4 meningkatkan tinggi tanaman dari 126,91 cm pada

kontrol menjadi 164,88 cm dan jumlah daun dari 9,22 menjadi 17,21 helai tanaman⁻¹. Perlakuan ini juga menghasilkan N total tanah sebesar 4,100% dan P tersedia sebesar 76,164 mg kg⁻¹, serta kadar N dan P tanaman tertinggi, masing-masing 0,194% dan 3,164 g kg⁻¹. Perkembangan mikoriza pada B4 ditunjukkan oleh jumlah spora yang mencapai 5.014,00 spora 100 g⁻¹ tanah dan kolonisasi akar sebesar 96,66% pada 65 HST. Respons tersebut diikuti oleh peningkatan biomassa dan komponen hasil, dengan bobot tongkol segar dan kering tertinggi masing-masing sebesar 236,66 dan 100,33 g tanaman⁻¹. Dengan demikian, kombinasi 10 t ha⁻¹ pupuk kandang sapi dan 3 t ha⁻¹ mikoriza merupakan perlakuan paling efektif di antara kombinasi yang diuji untuk meningkatkan pertumbuhan, status hara, perkembangan mikoriza, dan hasil jagung ketan pada kondisi tanah pasiran penelitian ini.

REKOMENDASI

Kombinasi pupuk kandang sapi 10 t ha⁻¹ dan mikoriza 3 t ha⁻¹ dapat direkomendasikan sebagai alternatif bioameliorasi untuk budidaya jagung ketan pada tanah pasiran dengan kondisi yang serupa dengan lokasi penelitian. Kedua bioamelioran diaplikasikan pada saat tanam, dengan inokulum mikoriza ditempatkan di sekitar zona perakaran untuk mendukung pembentukan simbiosis sejak awal pertumbuhan. Penelitian selanjutnya perlu menguji dosis di sekitar kombinasi tersebut pada sedikitnya dua musim tanam dan beberapa lokasi tanah pasiran dengan status kesuburan berbeda untuk menentukan dosis agronomis yang optimum dan kestabilan respons tanaman. Evaluasi lebih lanjut juga perlu mencakup efisiensi penggunaan pupuk dan analisis ekonomi usaha tani agar kelayakan teknologi ini untuk diterapkan petani dapat ditentukan.

REFERENSI

- Ahmed, N., Li, J., Li, Y., Deng, L., Deng, L., Chachar, M., Chachar, Z., Chachar, S., Hayat, F., Raza, A., Umrani, J. H., Gong, L., & Tu, P. (2025). Symbiotic synergy: How arbuscular mycorrhizal fungi enhance nutrient uptake, stress tolerance, and soil health through molecular mechanisms and hormonal regulation. *IMA Fungus*, 16, e144989. <https://doi.org/10.3897/ima fungus.16.144989>
- Arisma, A., Pusvita, D., & Soleha, S. (2024). Peran fungi mikoriza arbuskula dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman hortikultura. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 4(1), 390–400. <https://doi.org/10.24036/prosemmasbio/vol4/973>
- Astiko, W., Fauzi, M. T., Susilowati, L. E., Zulkifli, L., & Fahrurrozi. (2025). Improving nitrogen availability and crop productivity using bioameliorants in maize-soybean intercropping on suboptimal land. *Nitrogen*, 6(4), 89. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6040089>
- Astiko, W., Fauzi, M. T., Sudirman, S., Ernawati, N. M. L., & Muthahanas, I. (2025a). Inovasi pemanfaatan limbah pupuk kandang sapi dan mikoriza dalam meningkatkan hasil panen jagung manis di Moncok Karya, Ampenan. *Jurnal Gema Ngabdi*, 7(2), 209–217. <https://doi.org/10.29303/jgn.v7i2.586>
- Astiko, W., Sastrahidayat, I. R., Djauhari, S., & Muhibuddin, A. (2013a). The role of indigenous mycorrhiza in combination with cattle manure in improving maize yield (*Zea mays* L.) on sandy loam of Northern Lombok, Eastern Indonesia. *Journal of Tropical Soils*, 18(1), 53–58. <https://doi.org/10.5400/jts.2012.18.1.53>

- Astiko, W., Sastrahidayat, I. R., Djauhari, S., & Muhibuddin, A. (2013b). Soil fertility status and soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] performance following introduction of indigenous mycorrhiza combined with various nutrient sources into sandy soil. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 35(2), 127–137. <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p127-137>
- Astiko, W., Sudirman, S., Ernawati, N. M. L., & Muthahanas, I. (2025b). Uji efektivitas beberapa sumber amelioran terhadap peningkatan serapan NP dan produktivitas jagung manis di tanah pasir. *Prosiding SAINTEK*, 7, 36–46. <https://doi.org/10.29303/sainstek.v7i1.3432>
- Astiko, W., Sudirman, S., Fauzi, M. T., Ernawati, N. M. L., & Muthahanas, I. (2026). Synergistic effects of cattle manure and mycorrhizal inoculation on growth, yield, and soil biological activity of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) grown in sandy soils. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 13(1), 213–224. <https://doi.org/10.9734/ajahr/2026/v13i1447>
- Astiko, W., Wangiyana, W., & Susilowati, L. E. (2019). Indigenous mycorrhizal seed-coating inoculation on plant growth and yield, and NP-uptake and availability on maize-sorghum cropping sequence in Lombok's drylands. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(3), 1131–1146.
- Bhupenchandra, I., Chongtham, S. K., Devi, A. G., Dutta, P., Sahoo, M. R., Mohanty, S., & Swapnil, P. (2025). Unlocking the potential of arbuscular mycorrhizal fungi: Exploring role in plant growth promotion, nutrient uptake mechanisms, biotic stress alleviation, and sustaining agricultural production systems. *Journal of Plant Growth Regulation*, 44(12), 6802–6840.
- de Holanda, S. F., Vargas, L. K., & Granada, C. E. (2025). Challenges for sustainable production in sandy soils: A review. *Environment, Development and Sustainability*, 27(1), 53–66. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03895-6>
- Etesami, H., Jeong, B. R., & Glick, B. R. (2021). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphate-solubilizing bacteria, and silicon to P uptake by plant. *Frontiers in Plant Science*, 12, 699618. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.699618>
- Gao, C., El-Sawah, A. M., Ali, D. F. I., Alhaj Hamoud, Y., Shaghaleh, H., & Sheteiwy, M. S. (2020). The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 10(3), 319. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030319>
- Grant, C. A., Bittman, S., Montreal, M., Plenchette, C., & Morel, C. (2005). Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(1), 3–14. <https://doi.org/10.4141/P03-182>
- Lumbanraja, P., Tampubolon, B., Pandiangan, S., Ambarita, J., & Tindaon, F. (2023). Aplikasi pupuk kandang dan mikoriza terhadap peningkatan P-tersedia, serapan P serta pertumbuhan dan produksi jagung manis (*Zea mays* Saccharata L.) pada tanah Ultisol. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 26(1), 11–20. <https://doi.org/10.30596/agrium.v26i1.13806>
- Marles, J., Apriyanto, E., & Harsono, P. (2019). Respon pertumbuhan dan hasil tiga varietas sorgum di lahan pesisir dengan aplikasi bahan organik dan fungi mikoriza arbuskular. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(1), 29–40. <https://doi.org/10.31186/naturalis.7.1.9258>
- Maseko, S. T., & Dakora, F. D. (2013). Plant enzymes, root exudates, cluster roots and mycorrhizal symbiosis are the drivers of P nutrition in native legumes growing in P deficient soil of the Cape Fynbos in South Africa. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 3, 331–340.
- Medina, A., & Azcón, R. (2010). Effectiveness of the application of arbuscular mycorrhiza fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under

- stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3), 354–372. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162010000100009>
- Mukhtiyanta, M. N. A., Samanhudi, Yunus, A., Pujiasmanto, B., & Minardi, S. (2018). Effectiveness of cow manure and mycorrhiza on the growth of soybean. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 142(1), 012065. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/142/1/012065>
- Nafady, N. A., Hassan, E. A., Abd-Alla, M. H., & Bagy, M. M. K. (2018). Effectiveness of eco-friendly arbuscular mycorrhizal fungi biofertilizer and bacterial feather hydrolysate in promoting growth of *Vicia faba* in sandy soil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.024>
- Paweningsih, R. D., & Soetopo, L. (2020). Karakterisasi jagung ketan (*Zea mays* L. var. *ceratina*) pada generasi S5. *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(2), 130–139. <https://doi.org/10.21176/protan.v8i2.1357>
- Plassard, C., & Dell, B. (2010). Phosphorus nutrition of mycorrhizal trees. *Tree Physiology*, 30(9), 1129–1139. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq063>
- Purnama, M. A., Astiko, W., & Muthahanas, I. (2024). Efektivitas pemberian amelioran mengandung mikoriza untuk meningkatkan hasil dan serapan nitrogen serta fosfor tanaman jagung manis (*Zea mays* saccharata Sturt) di tanah pasir. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK*, 3(3), 186–194. <https://doi.org/10.29303/jima.v3i3.3820>
- Roy-Bolduc, A., & Hijri, M. (2011). The use of mycorrhizae to enhance phosphorus uptake: A way out the phosphorus crisis. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 2(104), 1–5. <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000104>
- Saifulloh, A. A., & Suntari, R. (2022). Peningkatan pertumbuhan, serapan unsur hara N, P, K serta produksi tanaman jagung di Entisol Kalidawir, Tulungagung akibat aplikasi pupuk kandang sapi dan pupuk NPK. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 193–200. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.21>
- Smith, S. E., Jakobsen, I., Grønlund, M., & Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: Interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant Physiology*, 156(3), 1050–1057. <https://doi.org/10.1104/pp.111.174581>
- Sukri, M. Z., Firgiyanto, R., Sari, V. K., & Basuki, B. (2019). Kombinasi pupuk kandang sapi, asam humat dan mikoriza terhadap infeksi akar bermikoriza tanaman cabai dan ketersediaan unsur hara tanah Udipsamments. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 19(2), 141–145. <https://doi.org/10.25181/jppt.v19i2.1450>
- Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, 27(2), 205–212. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00340.x>
- Waruwu, A. B. S., Mendrofa, P. K. T., & Lase, N. K. (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>
- Widianingsih, M. M., Suparno, N. O., & Azalia, V. (2025). Pengaruh penggunaan pupuk organik terhadap sifat biologi tanah. *Jurnal Psikososial dan Pendidikan*, 1(2), 1104–1110. <https://publisherqu.com/index.php/psikosospenn/article/view/2712>
- Yuniarti, A., Damayani, M., & Nur, D. M. (2020). Efek pupuk organik dan pupuk N, P, K terhadap C-organik, N-total, C/N, serapan N, serta hasil padi hitam (*Oryza sativa* L. indica) pada Inceptisols. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 3(2), 2. <https://doi.org/10.35760/jpp.2019.v3i2.2205>