

Respons Produksi Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) terhadap Pemberian Pupuk NPK dan Pupuk Hayati Mikoriza

Response of Upland Rice (*Oryza sativa* L.) Production to NPK Fertilizer and Mycorrhizal Biofertilizer Application

Lutfi Henderlan Harahap^{1*}, Salman Alfarisi¹, Miyarnis¹

¹(Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Pembinaan Masyarakat, Indonesia.

*corresponding author, email: lutfi.henderlan.harahap@gmail.com

ABSTRAK

Padi gogo berpotensi memperluas produksi beras pada lahan kering, tetapi produktivitasnya sering dibatasi oleh rendahnya ketersediaan dan efisiensi serapan hara. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons produksi padi gogo terhadap pupuk NPK dan pupuk hayati mikoriza serta menentukan kombinasi perlakuan yang memberikan bobot gabah tertinggi. Penelitian dilaksanakan pada Juni–September 2025 di lahan pertanian Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Deli Serdang, Sumatera Utara. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial 3×3 dengan tiga ulangan sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Faktor pertama ialah dosis NPK 0, 10, dan 20 g tanaman⁻¹, sedangkan faktor kedua ialah dosis pupuk hayati mikoriza 0, 50, dan 100 g tanaman⁻¹. Parameter produksi meliputi bobot gabah basah dan bobot gabah kering per tanaman. Data dianalisis dengan analisis ragam pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan Duncan's Multiple Range Test apabila berpengaruh nyata. Faktor NPK berpengaruh nyata terhadap kedua parameter, sedangkan faktor mikoriza dan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh nyata. Dosis NPK 20 g tanaman⁻¹ menghasilkan bobot gabah basah 85,67 g tanaman⁻¹ dan bobot gabah kering 83,37 g tanaman⁻¹, masing-masing meningkat 24,79% dan 21,65% dibandingkan kontrol. Kombinasi NPK 20 g tanaman⁻¹ dan mikoriza 50 g tanaman⁻¹ memberikan bobot gabah basah tertinggi secara numerik (85,85 g tanaman⁻¹), tetapi tambahan mikoriza pada dosis NPK tersebut tidak meningkatkan bobot gabah kering secara nyata. Pada kondisi penelitian, NPK 20 g tanaman⁻¹ merupakan dosis paling efektif, sedangkan manfaat mikoriza perlu dioptimalkan melalui evaluasi kolonisasi akar dan ketersediaan hara tanah.

Kata kunci: bobot gabah; efisiensi pemupukan; lahan kering; serapan hara; simbiosis akar

ABSTRACT

Upland rice has the potential to expand rice production on dry land, but its productivity is often constrained by low nutrient availability and nutrient-use efficiency. This study evaluated the production response of upland rice to NPK fertilizer and mycorrhizal biofertilizer and identified the treatment combination that produced the highest grain weight. The experiment was conducted from June to September 2025 at the agricultural field of Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Deli Serdang, North Sumatra. A 3×3 factorial randomized block design with three replications was used, resulting in 27 experimental units. The first factor was NPK at 0, 10, and 20 g plant⁻¹, and the second factor was mycorrhizal biofertilizer at 0, 50, and 100 g plant⁻¹. Wet and dry grain weights per plant were measured. Data were subjected to analysis of variance at the 5% level, followed by Duncan's Multiple Range Test when a significant effect was detected. NPK significantly affected both variables, whereas mycorrhiza and the NPK $\times$ mycorrhiza interaction were not significant. NPK at 20 g plant⁻¹ produced 85.67 g plant⁻¹ wet grain and 83.37 g plant⁻¹ dry grain, representing increases of 24.79% and 21.65%, respectively, over the control. The combination of NPK at 20 g plant⁻¹ and mycorrhiza at 50 g plant⁻¹ produced the numerically highest wet grain weight (85.85 g plant⁻¹); however, adding mycorrhiza at this NPK rate did not significantly increase dry grain weight. Under the experimental conditions, NPK at 20 g plant⁻¹ was the most effective rate, while the contribution of mycorrhiza requires further evaluation through root colonization and soil nutrient measurements.

Keywords: dryland cultivation; fertilizer efficiency; grain weight; nutrient uptake; root symbiosis

PENDAHULUAN

Padi gogo (*Oryza sativa L.*) dibudidayakan pada lahan kering dan berperan dalam memperluas sumber produksi beras di luar lahan sawah. Pengembangannya menghadapi kendala kesuburan tanah rendah, ketersediaan air terbatas, kandungan bahan organik rendah, dan efisiensi pemanfaatan hara yang belum optimal. Kendala tersebut dapat menghambat pembentukan anakan produktif, perkembangan malai, pengisian gabah, dan hasil tanaman. Karena itu, pengelolaan hara terpadu diperlukan untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga fungsi tanah.

Pupuk NPK menyediakan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium yang diperlukan tanaman selama fase vegetatif dan generatif. Nitrogen mendukung pembentukan klorofil, luas daun, dan anakan; fosfor berperan dalam pertumbuhan akar, transfer energi, serta pembentukan bunga dan biji; sedangkan kalium mendukung translokasi fotosintat, pengisian gabah, pengaturan air, dan ketahanan tanaman terhadap cekaman. Pemberian NPK yang tepat dapat meningkatkan ketersediaan hara secara cepat. Namun, pemupukan anorganik yang tidak diimbangi dengan pengelolaan biologi tanah dapat mengurangi efisiensi pemupukan dan tidak selalu memperbaiki kondisi tanah dalam jangka panjang. Urmu *et al.* (2022) & Paramesh *et al.* (2023) memperlihatkan bahwa pendekatan pengelolaan hara terpadu lebih efektif mendukung hasil dan kesehatan tanah dibandingkan ketergantungan pada pupuk kimia saja.

Salah satu pendekatan biologis yang dapat dikombinasikan dengan pupuk NPK adalah penggunaan fungi mikoriza arbuskular. Hifa eksternal mikoriza dapat memperluas daerah penyerapan akar sehingga tanaman mampu mengakses air dan unsur hara, terutama fosfor, dari pori tanah yang tidak terjangkau langsung oleh akar. Inokulasi mikoriza juga dilaporkan dapat meningkatkan serapan hara, karakter fisiologis, produktivitas air, dan hasil gabah pada kondisi ketersediaan air terbatas. Respons tersebut dipengaruhi oleh jenis mikoriza, tingkat kolonisasi akar, varietas tanaman, sifat tanah, ketersediaan fosfor, dan dosis pupuk anorganik.

Penelitian Mulyadi dan Jiang (2023a) menunjukkan bahwa kombinasi mikoriza dan pupuk nitrogen mampu meningkatkan serapan nitrogen dan hasil padi. Penelitian lain di Indonesia juga menunjukkan bahwa pemanfaatan mikoriza dapat memperbaiki sifat tanah dan sejumlah komponen hasil padi. Mulyadi *et al.* (2026), misalnya, menemukan bahwa aplikasi mikoriza pada tanah Ultisol mampu memperbaiki ketersediaan hara serta pertumbuhan dan komponen hasil padi gogo. Meskipun demikian, peningkatan dosis mikoriza tidak selalu menghasilkan respons linier karena efektivitas simbiosis bergantung pada kondisi tanah dan kecukupan hara tanaman.

Informasi mengenai dosis kombinasi NPK dan pupuk hayati mikoriza untuk produksi padi gogo pada lahan kering di Sumatera Utara masih terbatas, khususnya mengenai apakah penambahan inokulum tetap efektif pada tingkat NPK yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh utama dan interaksi dosis NPK dengan pupuk hayati mikoriza terhadap bobot gabah basah dan bobot gabah kering, serta mengidentifikasi kombinasi perlakuan yang paling efektif pada kondisi penelitian.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Juni–September 2025 di lahan pertanian Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Jalan Balai Desa, Marendal II, Pasar 12, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi benih padi gogo varietas Inpago 13, pupuk NPK, pupuk hayati mikoriza, tanah sebagai media tumbuh, label perlakuan, dan pestisida. Alat yang digunakan meliputi cangkul, meteran, timbangan analitik, alat penyemprot, jaring pelindung burung, alat tulis, dan kamera dokumentasi.

Pelaksanaan Penelitian

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan dua faktor. Faktor NPK terdiri atas P0 (0 g tanaman⁻¹), P1 (10 g tanaman⁻¹), dan P2 (20 g tanaman⁻¹), sedangkan faktor pupuk hayati mikoriza terdiri atas M0 (0 g tanaman⁻¹), M1 (50 g tanaman⁻¹), dan M2 (100 g tanaman⁻¹). Sembilan kombinasi perlakuan diulang tiga kali sehingga terdapat 27 satuan percobaan; setiap kombinasi perlakuan diacak dalam masing-masing kelompok. Lahan dibersihkan dan diolah sebelum penanaman. Benih Inpago 13 ditanam sesuai tata letak percobaan. Mikoriza diaplikasikan pada daerah perakaran, sedangkan NPK diberikan sesuai dosis perlakuan. Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit, serta perlindungan tanaman dari burung. Pemanenan dilakukan ketika sebagian besar malai telah menguning dan gabah mencapai kematangan fisiologis.

Parameter Pengamatan

Bobot gabah basah per tanaman. Gabah dari setiap tanaman sampel dipisahkan dari malai dan segera ditimbang sebelum pengeringan menggunakan timbangan analitik. Hasil dinyatakan dalam g tanaman⁻¹. Bobot gabah kering per tanaman. Gabah dikeringkan, kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik. Hasil dinyatakan dalam g tanaman⁻¹.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam Rancangan Acak Kelompok faktorial pada taraf 5%. Model menguji pengaruh kelompok, faktor NPK, faktor pupuk hayati mikoriza, dan interaksi NPK × mikoriza. Apabila pengaruh perlakuan nyata, pemisahan rataaan dilakukan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Hasil dinyatakan sebagai rataaan, dan perbedaan antarperlakuan ditunjukkan oleh notasi huruf pada tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot Gabah Basah

Analisis ragam menunjukkan bahwa dosis NPK berpengaruh nyata terhadap bobot gabah basah ($p < 0,05$), sedangkan pupuk hayati mikoriza dan interaksi NPK × mikoriza tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$). Rataan bobot gabah basah meningkat dari 68,65 g tanaman⁻¹ pada P0 menjadi 76,85 g tanaman⁻¹ pada P1 dan 85,67 g tanaman⁻¹ pada P2. Dibandingkan kontrol, P1 dan P2 meningkatkan bobot gabah basah masing-masing 11,94% dan 24,79%. Rataan bobot gabah basah pada setiap kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rataan bobot gabah basah padi gogo (g tanaman⁻¹)

Pupuk NPK	Pupuk hayati mikoriza			Rataan
	M0 (kontrol)	M1 (50 g tanaman ⁻¹)	M2 (100 g tanaman ⁻¹)	
P0 (kontrol)	69,23	68,72	68,01	68,65 b
P1 (10 g tanaman ⁻¹)	76,12	77,16	77,28	76,85 ab
P2 (20 g tanaman ⁻¹)	85,48	85,85	85,69	85,67 a
Rataan	76,94	77,24	76,99	

Keterangan: Angka pada kolom rataaan yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut DMRT pada taraf 5%. Faktor mikoriza dan interaksi NPK × mikoriza tidak berbeda nyata.

Peningkatan bobot gabah pada taraf NPK yang lebih tinggi menunjukkan bahwa ketersediaan N, P, dan K menjadi pembatas utama produksi. Nitrogen mendukung pembentukan luas daun dan kapasitas fotosintesis; fosfor berperan dalam transfer energi dan perkembangan akar; sedangkan kalium mengatur keseimbangan air serta translokasi fotosintat menuju gabah. Kecukupan ketiga unsur tersebut memperbesar sumber fotosintat dan mendukung pengisian gabah, sehingga respons NPK lebih kuat daripada respons mikoriza. Kombinasi P2M1 menghasilkan bobot gabah basah tertinggi secara numerik, yaitu 85,85 g tanaman⁻¹, tetapi nilainya berdekatan dengan P2M0 (85,48 g tanaman⁻¹) dan P2M2 (85,69 g tanaman⁻¹). Karena interaksi tidak nyata, selisih tersebut tidak menunjukkan keunggulan statistik P2M1. Dengan demikian, peningkatan dosis mikoriza pada taraf NPK 20 g tanaman⁻¹ belum memberikan tambahan hasil yang konsisten.

Rataan faktor mikoriza berkisar 76,94–77,24 g tanaman⁻¹ dan tidak berbeda nyata. Mikoriza meningkatkan serapan hara melalui hifa eksternal yang memperluas volume tanah yang dieksplorasi akar, terutama untuk fosfor yang mobilitasnya rendah. Namun, manfaat simbiosis bergantung pada kolonisasi akar, viabilitas dan kesesuaian inokulum, kelembapan tanah, serta tingkat ketersediaan hara. Ketika hara tersedia cukup dari NPK, tanaman dapat mengurangi alokasi karbon kepada fungi sehingga tambahan inokulum tidak selalu diikuti kenaikan hasil. Bobot gabah basah dipengaruhi kadar air saat penimbangan. Oleh karena itu, interpretasi produksi perlu dikonfirmasi menggunakan bobot gabah kering pada kadar air yang seragam.

Bobot Gabah Kering

Analisis ragam menunjukkan bahwa dosis NPK berpengaruh nyata terhadap bobot gabah kering ($p < 0,05$), sedangkan pupuk hayati mikoriza dan interaksi NPK × mikoriza tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$). Rataan meningkat dari 68,53 g tanaman⁻¹ pada P0 menjadi 74,88 g tanaman⁻¹ pada P1 dan 83,37 g tanaman⁻¹ pada P2, setara dengan peningkatan 9,27% dan 21,65% dibandingkan kontrol.

Pada taraf P2, bobot gabah kering P2M0, P2M1, dan P2M2 masing-masing sebesar 83,39; 83,37; dan 83,35 g tanaman⁻¹. Rentang hanya 0,04 g tanaman⁻¹ dan interaksi tidak nyata, sehingga tambahan mikoriza pada dosis NPK tertinggi tidak menghasilkan keuntungan produksi yang terukur. Pada P0, M1 menghasilkan bobot gabah kering 5,39% lebih tinggi daripada M0, sedangkan M2 lebih rendah. Pada P1, M1 dan M2 hanya meningkatkan bobot masing-masing 1,64% dan 2,26% dibandingkan tanpa mikoriza. Pola yang kecil dan tidak linier tersebut menunjukkan bahwa jumlah inokulum bukan satu-satunya penentu efektivitas simbiosis.

Tabel 2. Rataan bobot gabah kering padi gogo (g tanaman⁻¹)

Pupuk NPK	Pupuk hayati mikoriza			Rataan
	M0 (kontrol)	M1 (50 g tanaman ⁻¹)	M2 (100 g tanaman ⁻¹)	
P0 (kontrol)	67,71	71,36	66,53	68,53 c
P1 (10 g tanaman ⁻¹)	73,92	75,13	75,59	74,88 b
P2 (20 g tanaman ⁻¹)	83,39	83,37	83,35	83,37 a
Rataan	75,01	76,62	75,16	

Keterangan: Angka pada kolom rata-rata yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata menurut DMRT pada taraf 5%. Faktor mikoriza dan interaksi NPK × mikoriza tidak berbeda nyata.

Rataan mikoriza tertinggi diperoleh pada M1 (76,62 g tanaman⁻¹), tetapi tidak berbeda nyata dari M0 dan M2. Dosis inokulum yang lebih tinggi dapat meningkatkan kebutuhan karbon fungi tanpa menjamin kenaikan kolonisasi akar atau serapan hara. Pada tanah dengan P tersedia memadai, ketergantungan tanaman terhadap mikoriza juga berkurang; kondisi ini dapat menjelaskan mengapa M2 tidak melampaui M1.

Das *et al.* (2022) melaporkan bahwa inokulasi mikoriza bersama fosfor meningkatkan serapan P, karakter fisiologis, produktivitas air, dan hasil gabah pada kondisi kelembapan terbatas. Mulyadi dan Jiang (2023a) juga menunjukkan bahwa kombinasi mikoriza dan nitrogen dapat meningkatkan serapan N dan hasil padi. Perbedaan besarnya respons dengan penelitian ini menegaskan bahwa manfaat mikoriza ditentukan oleh ketersediaan hara awal dan keberhasilan kolonisasi, bukan hanya dosis inokulum.

Ngui *et al.* (2024) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk hayati dan pupuk anorganik dapat meningkatkan P tersedia, anakan produktif, dan hasil padi, sedangkan Cao *et al.* (2025) memperlihatkan bahwa komposisi komunitas fungi mikoriza arbuskular memengaruhi komponen hasil. Dengan demikian, efektivitas pupuk hayati dipengaruhi oleh kepadatan propagul hidup, kompatibilitas fungi–tanaman, lingkungan perakaran, dan pengelolaan hara.

Pola hasil mengindikasikan bahwa NPK 20 g tanaman⁻¹ telah mencukupi kebutuhan hara untuk pengisian gabah pada kondisi penelitian, sehingga kontribusi tambahan mikoriza menjadi kecil. Meskipun demikian, mikoriza masih berpotensi memberikan manfaat nonhasil melalui perkembangan akar, stabilitas agregat, dan ketahanan terhadap keterbatasan air. Manfaat tersebut belum dapat dibuktikan karena kolonisasi akar, sifat tanah, dan serapan hara tidak diukur dalam penelitian ini.

Penelitian lanjutan perlu mengukur persentase kolonisasi akar, kepadatan spora, P tersedia tanah, serapan N, P, dan K, kadar air gabah, serta hasil per satuan luas. Data tersebut diperlukan untuk menguji apakah respons yang rendah pada dosis mikoriza tinggi disebabkan oleh kolonisasi yang tidak optimal, kecukupan hara, biaya karbon simbiosis, atau kondisi lingkungan.

KESIMPULAN

Dosis NPK berpengaruh nyata terhadap bobot gabah basah dan bobot gabah kering padi gogo, sedangkan pupuk hayati mikoriza dan interaksi NPK × mikoriza tidak berpengaruh nyata. NPK 20 g tanaman⁻¹ menghasilkan rata-rata bobot gabah basah 85,67 g tanaman⁻¹ dan bobot gabah kering 83,37 g tanaman⁻¹, masing-masing meningkat 24,79% dan 21,65% dibandingkan kontrol.

Pada kondisi penelitian, NPK 20 g tanaman⁻¹ merupakan dosis paling efektif untuk produksi. Kombinasi dengan mikoriza 50 g tanaman⁻¹ menghasilkan bobot gabah basah tertinggi secara numerik, tetapi tidak memberikan peningkatan bobot gabah kering yang nyata dibandingkan NPK tanpa mikoriza. Oleh karena itu, penambahan mikoriza pada dosis NPK tertinggi belum dapat direkomendasikan sebagai input tambahan yang efisien bagi petani.

Rekomendasi lapangan perlu dikonversi ke dosis per hektare dan diuji melalui analisis ekonomi pada jarak tanam serta jenis formulasi NPK yang digunakan. Penelitian lanjutan juga perlu memasukkan kolonisasi akar, ketersediaan hara tanah, serapan hara, dan hasil per satuan luas untuk menetapkan kombinasi NPK–mikoriza yang agronomis dan ekonomis pada lahan kering.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Pendidikan Tinggi, dan Teknologi, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DPPM) No. 16/SPK/LL1/AL.04.03/PL/2025 pada tanggal 28 Mei 2025, atas pendanaan pada Program Penelitian Dosen Pemula Tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Cao, M., Ye, S., Jin, C., Cheng, J., Xiang, Y., Song, Y., Xin, G., & He, C. (2025). The communities of arbuscular mycorrhizal fungi established by different winter green manures in paddy fields promote post-cropping rice production. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(4), 1588–1605. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.07.035>
- Das, D., Ullah, H., Himanshu, S. K., Tisarum, R., Cha-Um, S., & Datta, A. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus application improve growth, physiological traits, and grain yield of rice under alternate wetting and drying irrigation. *Journal of Plant Physiology*, 278, 153829. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153829>
- Mulyadi, & Jiang, L. (2023a). Combined application of arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen fertilizer alters the physicochemical soil properties, nitrogen uptake, and rice yield in a polybag experiment. *Agriculture*, 13(7), 1364. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071364>
- Mulyadi, & Jiang, L. (2023b). The combined application of biochar and arbuscular mycorrhizal fungi enhanced the physical and chemical properties of soil and rice productivity in Indonesia. *Sustainability*, 15(12), 9782. <https://doi.org/10.3390/su15129782>
- Mulyadi, M., Sari, S. A., & Rusdan, R. (2026). Effectiveness of mycorrhizal fertilizer on soil quality, growth, and yield of upland rice in Ultisol soil. *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*, 29(1), 69–79. <https://doi.org/10.30596/agrium.v29i1.27657>
- Ngui, M., Melati, M., & Muhimmatul, H. (2024). Impact of biofertilizer and inorganic fertilizers on soil available phosphorus, productive tillers, and rice (*Oryza sativa* L.) yield. *Journal of Tropical Soils*, 29(3), 143–148. <https://doi.org/10.5400/jts.2024.v29i3.143-148>
- Paramesh, V., Kumar, P., Bhagat, T., Nath, A. J., Manohara, K. K., Das, B., Desai, B. F., Jha, P. K., & Prasad, P. V. V. (2023). Integrated nutrient management enhances yield, improves soil quality, and conserves energy under the lowland rice–rice cropping system. *Agronomy*, 13(6), 1557. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061557>
- Urmi, T. A., Rahman, M. M., Islam, M. M., Islam, M. A., Jahan, N. A., Mia, M. A. B., Akhter, S., Siddiqui, M. H., & Kalaji, H. M. (2022). Integrated nutrient management for rice yield, soil fertility, and carbon sequestration. *Plants*, 11(1), 138. <https://doi.org/10.3390/plants11010138>