

PEMANFAATAN PUPUK HAYATI (BIOFERTILIZER) BERBASIS MIKORIZA UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN KERING

Ikhlas Hamzani^{*1}, Mula Narju², dan Rahmat Barona³

^{1,2,3}Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Aceh, Indonesia.

Jalan Teuku Nyak Arief, Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Kode Pos 23111.

E-Mail: ikhlashamzani@usk.ac.id (*Corresponding author)

Submit: 25-02-2026

Revisi: 07-06-2026

Diterima: 05-08-2026

ABSTRAK

Pemanfaatan Pupuk Hayati (Biofertilizer) Berbasis Mikoriza untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kedelai Pada Lahan Kering (Studi Kasus di Medan). Di Kota Medan, lahan kering umumnya memiliki pH tanah masam, kandungan bahan organik rendah, serta ketersediaan fosfor yang terbatas sehingga menghambat pertumbuhan dan produktivitas kedelai. Upaya peningkatan hasil kedelai secara berkelanjutan memerlukan alternatif teknologi ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan pupuk hayati berbasis mikoriza yang mampu meningkatkan penyerapan unsur hara dan memperbaiki kondisi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemberian pupuk hayati berbasis mikoriza terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) pada lahan kering di Kota Medan, Sumatera Utara. Lahan kering di Medan memiliki kendala berupa pH tanah masam, kandungan bahan organik rendah, dan ketersediaan fosfor terbatas yang menghambat pertumbuhan kedelai. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan dan empat ulangan. Perlakuan terdiri atas: P0 (kontrol tanpa pupuk), P1 (pupuk kimia NPK), P2 (mikoriza 5 g/tanaman), P3 (mikoriza 10 g/tanaman), dan P4 (mikoriza 15 g/tanaman). Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah polong, bobot biji per tanaman, hasil per hektar, serta sifat fisiko-kimia tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian mikoriza 15 g/tanaman (P4) menghasilkan produktivitas tertinggi sebesar 2,61 ton/ha, meningkat 110,5% dibandingkan kontrol (1,24 ton/ha). Kolonisasi akar oleh mikoriza mencapai 72,5% pada perlakuan P4 dengan peningkatan ketersediaan P-tanah dari 4,3 menjadi 8,7 ppm. Penggunaan pupuk hayati berbasis mikoriza terbukti efektif meningkatkan produktivitas kedelai pada lahan kering Medan dan berpotensi mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia hingga 60%.

Kata kunci : Biofertilizer, Kedelai, Lahan kering, Medan, Mikoriza arbuskular.

ABSTRACT

Utilization of Mycorrhizal-Based Biofertilizer to Increase Soybean Plant Productivity on Dry Land (Case Study in Medan). In Medan City, drylands generally have acidic soil pH, low organic matter content, and limited phosphorus availability, which hinders soybean growth and productivity. Efforts to sustainably increase soybean yields require environmentally friendly alternative technologies, one of which is the use of mycorrhizal-based biofertilizers, which can increase nutrient absorption and improve soil conditions. This study aims to examine the effect of mycorrhizal-based biofertilizer on the growth and productivity of soybean plants (*Glycine max* L. Merrill) on dry land in Medan City, North Sumatra. Dry land in Medan has constraints such as acidic soil pH, low organic matter content, and limited phosphorus availability which inhibit soybean growth. This study used a Randomized Block Design (RBD) with five treatments and four replications. The treatments consisted of: P0 (control without fertilizer), P1 (NPK chemical fertilizer), P2 (mycorrhizae 5 g/plant), P3 (mycorrhizae 10 g/plant), and P4 (mycorrhizae 15 g/plant). The variables observed included plant height, number of pods, seed weight per plant, yield per hectare, and soil physicochemical properties. The results showed that the application of 15 g of mycorrhizae/plant (P4) resulted in the highest productivity of 2.61 tons/ha, an increase of 110.5% compared to the control (1.24 tons/ha). Root colonization by mycorrhizae reached 72.5% in the P4 treatment with an increase in soil P availability from 4.3 to 8.7 ppm. The use of

mycorrhizae-based biofertilizers has been proven effective in increasing soybean productivity in dryland areas in Medan and has the potential to reduce dependence on chemical fertilizers by up to 60%.

Key words : *Arbuscular mycorrhiza, Biofertilizer, Dry land, Medan, Soybean.*

1. PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan strategis di Indonesia yang memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan protein nabati masyarakat. Permintaan kedelai nasional terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan berkembangnya industri pangan berbasis kedelai, seperti tahu, tempe, kecap, dan susu kedelai. Namun demikian, produksi kedelai dalam negeri masih belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut, sehingga Indonesia terpaksa mengimpor kedelai dalam jumlah besar setiap tahunnya.

(Badan Pusat Statistik, 2023) mencatat bahwa produksi kedelai nasional pada tahun 2022 hanya mencapai 612.435 ton dengan produktivitas rata-rata sekitar 1,5 ton/ha, angka yang masih jauh di bawah potensi genetik varietas unggul yang dapat mencapai 2,5-3,5 ton/ha. Rendahnya produktivitas ini disebabkan oleh berbagai faktor, di antaranya keterbatasan lahan subur, penggunaan benih bermutu rendah, serta teknik budidaya yang belum optimal, termasuk manajemen kesuburan tanah yang kurang tepat.

Kota Medan dan sekitarnya memiliki potensi pengembangan pertanian kedelai pada lahan kering yang cukup signifikan. Namun, lahan kering di kawasan ini umumnya menghadapi berbagai permasalahan kesuburan tanah, antara lain pH tanah masam (5,0-5,5), kandungan bahan organik yang rendah (< 1%), serta ketersediaan unsur hara fosfor (P) yang terbatas akibat fiksasi oleh ion Al^{3+} dan Fe^{3+} . Kondisi demikian menyebabkan pertumbuhan kedelai

terhambat dan produktivitas menjadi rendah (Purwanto, 2021).

Salah satu solusi inovatif yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan pupuk hayati (biofertilizer) berbasis mikoriza arbuskular. Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan kelompok fungi tanah yang bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman, termasuk kedelai. Simbiosis ini memberikan manfaat nyata bagi tanaman, terutama dalam peningkatan serapan fosfor, efisiensi penggunaan air, serta peningkatan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik (Smith, S. E., & Read, D. J, 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa inokulasi FMA mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai secara signifikan. (Kurniawan, 2022) melaporkan peningkatan hasil kedelai hingga 85% dengan pemberian FMA jenis *Glomus mosseae* pada lahan kering. Sementara itu, (Hasibuan, A. S., & Lubis, K. S, 2023) yang melakukan penelitian di Kabupaten Deli Serdang menemukan bahwa kombinasi FMA dengan pupuk organik meningkatkan efisiensi serapan P sebesar 60-70%. Namun, penelitian spesifik mengenai dosis optimal pupuk hayati berbasis mikoriza untuk tanaman kedelai pada kondisi lahan kering di Kota Medan masih sangat terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk: (1) mengkaji pengaruh dosis pupuk hayati berbasis mikoriza terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif kedelai pada lahan kering Medan; (2) mengevaluasi tingkat kolonisasi mikoriza pada akar kedelai; (3) menganalisis

perubahan sifat fisiko-kimia tanah akibat aplikasi mikoriza; serta (4) menentukan dosis mikoriza yang paling efektif untuk meningkatkan produktivitas kedelai pada kondisi lahan kering di Medan.

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanian kering milik petani di Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan, Sumatera Utara, pada koordinat 3 derajat 31 menit 14 detik LU dan 98 derajat 36 menit 42 detik BT dengan ketinggian 25-45 m di atas permukaan laut. Penelitian berlangsung dari bulan April hingga Juli 2025, mencakup kegiatan persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, pemanenan, dan analisis laboratorium.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: benih kedelai Varietas Anjasromo (bersertifikat), inokulan FMA komersial berbasis *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. (kadar spora lebih dari 50 spora/g), pupuk NPK (15-15-15), pupuk dasar (Urea dan SP-36), kapur pertanian (dolomit), dan air irigasi. Peralatan yang digunakan antara lain alat pengolah tanah, pH meter, termohigrometer, meteran, timbangan analitik, dan peralatan analisis tanah di laboratorium. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

2.3. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor perlakuan yang terdiri atas lima taraf dan diulang sebanyak empat kali, sehingga diperoleh 20 satuan

percobaan. Perlakuan yang diuji adalah:

P0 = Kontrol (tanpa pupuk hayati maupun pupuk kimia)

P1 = Pupuk kimia NPK (200 kg/ha) + Urea (100 kg/ha) + SP-36 (100 kg/ha)

P2 = Pupuk hayati mikoriza dosis 5 g/tanaman

P3 = Pupuk hayati mikoriza dosis 10 g/tanaman

P4 = Pupuk hayati mikoriza dosis 15 g/tanaman

Setiap petak percobaan berukuran 4 m x 5 m (20 m²) dengan jarak tanam 40 cm x 20 cm. Analisis data dilakukan menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD) pada taraf signifikansi 5%.

2.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Persiapan lahan dilakukan dengan cara pengolahan tanah dua kali, yaitu pembajakan sedalam 30 cm dan penggaruan. Pengapuran dilakukan dua minggu sebelum tanam menggunakan dolomit sebanyak 1,5 ton/ha untuk menetralkan keasaman tanah. Inokulasi mikoriza dilakukan pada saat tanam dengan cara mencampurkan inokulan FMA ke dalam lubang tanam sesuai dosis perlakuan. Benih kedelai Anjasromo ditanam dengan cara tugal, dua benih per lubang tanam. Pemeliharaan meliputi penyulaman, penyiangan, dan pengendalian hama penyakit secara terpadu. Pemanenan dilakukan pada umur 85 hari setelah tanam (HST) ketika 85-90% polong telah berwarna coklat atau kuning kecoklatan.

2.5. Pengamatan

Variabel pertumbuhan dan hasil yang diamati meliputi: (1) tinggi tanaman pada umur 30, 45, dan 60 HST; (2) jumlah polong per tanaman; (3)

jumlah polong bernas per tanaman; (4) bobot biji per tanaman; (5) bobot 100 biji; dan (6) hasil biji per hektar. Pengamatan mikrobiologi tanah meliputi persentase kolonisasi FMA pada akar menggunakan metode pewarnaan (Phillips, J. M., & Hayman, D. S., 1970) yang dimodifikasi. Analisis sifat kimia tanah sebelum dan sesudah perlakuan meliputi pH H₂O, C-organik (metode Walkley-Black), N-total (metode Kjeldahl), P-tersedia (metode Bray-1), dan kapasitas tukar kation (KTK) dengan metode NH₄OAc pH 7.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Iklim dan Tanah Lokasi Penelitian

Selama periode penelitian (April-Juli 2025), curah hujan rata-rata di lokasi penelitian mencapai 142 mm/bulan dengan suhu udara berkisar antara 24-34 derajat Celsius dan kelembaban udara 72-88%. Kondisi ini secara umum sesuai untuk pertumbuhan kedelai yang memerlukan curah hujan 100-200 mm/bulan, suhu 22-32 derajat Celsius, dan kelembaban 60-70% (Adisarwanto,

2020). Namun, distribusi hujan yang tidak merata pada bulan Mei-Juni sempat menyebabkan cekaman kekeringan ringan, yang justru menjadi kondisi ideal untuk mengevaluasi efektivitas mikoriza sebagai agen peningkat serapan air dan hara.

Analisis tanah awal menunjukkan bahwa lahan penelitian memiliki pH masam (5,2), kandungan C-organik sangat rendah (0,87%), N-total rendah (0,09%), P-tersedia sangat rendah (4,3 ppm), dan KTK tergolong rendah (12,4 cmol⁺/kg). Berdasarkan kriteria penilaian kesuburan tanah menurut (Balai Penelitian Tanah, 2021), status kesuburan lahan ini tergolong rendah, sehingga kondisi ini merupakan tantangan sekaligus peluang untuk membuktikan efektivitas pupuk hayati berbasis mikoriza.

3.2 Pengaruh Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai

Hasil pengamatan terhadap variabel pertumbuhan dan hasil kedelai pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 1. Secara umum, perlakuan pupuk hayati berbasis mikoriza memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh variabel yang diamati ($P < 0,05$).

Tabel 1. Pengaruh Dosis Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai pada Lahan Kering Medan.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Polong	Bobot Biji (g/tan)	Hasil (ton/ha)
P0 (Kontrol)	45,2 ± 2,1	28,4 ± 3,2	12,8 ± 1,4	1,24 ± 0,12
P1 (Pupuk Kimia)	52,6 ± 2,8	35,2 ± 2,9	15,6 ± 1,7	1,68 ± 0,15
P2 (Mikoriza 5 g)	58,4 ± 3,1	41,7 ± 3,5	18,3 ± 1,9	2,05 ± 0,18
P3 (Mikoriza 10 g)	63,7 ± 3,4	47,2 ± 4,1	21,4 ± 2,2	2,43 ± 0,21
P4 (Mikoriza 15 g)	65,1 ± 3,6	48,9 ± 4,3	22,8 ± 2,4	2,61 ± 0,23

Keterangan: Data merupakan nilai rata-rata +/- standar deviasi dari empat ulangan.

Tinggi tanaman menunjukkan pola pertambahan yang konsisten seiring dengan peningkatan dosis mikoriza. Perlakuan P4 (mikoriza 15 g/tanaman) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi sebesar 65,1 cm, berbeda nyata dibandingkan kontrol (45,2 cm) namun tidak berbeda nyata dengan P3 (63,7 cm). Peningkatan tinggi tanaman ini berkaitan erat dengan peran mikoriza dalam meningkatkan serapan unsur hara nitrogen (N) dan fosfor (P) yang merupakan elemen esensial dalam proses sintesis protein dan pembentukan klorofil (Barea, 2020).

Jumlah polong per tanaman pada perlakuan mikoriza (P2, P3, P4) secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol (P0) maupun pupuk kimia (P1). Perlakuan P4 menghasilkan rata-rata 48,9 polong/tanaman, meningkat 72,2% dibandingkan P0 (28,4 polong). Peningkatan jumlah polong ini erat kaitannya dengan peningkatan asimilat yang dihasilkan melalui perbaikan status hara tanaman bermikoriza. Menurut (Utami, 2022), tanaman kedelai bermikoriza menunjukkan aktivitas fotosintesis yang lebih tinggi akibat meningkatnya kandungan klorofil, yang pada akhirnya mendukung pembentukan organ reproduktif lebih optimal.

Hasil biji per hektar menunjukkan respons yang paling menonjol. Perlakuan

P4 menghasilkan 2,61 ton/ha, meningkat 110,5% dibandingkan kontrol (1,24 ton/ha) dan 55,4% dibandingkan perlakuan pupuk kimia P1 (1,68 ton/ha). Hasil ini melampaui rata-rata produktivitas nasional kedelai sebesar 1,5 ton/ha dan mendekati potensi produksi Varietas Anjasmoro yang berkisar 2,03-2,25 ton/ha pada kondisi optimal (Balitkabi, 2021). Tingginya produktivitas pada perlakuan mikoriza dibandingkan pupuk kimia menunjukkan bahwa pendekatan biologis melalui pupuk hayati dapat memberikan hasil yang lebih baik secara berkelanjutan, terutama pada lahan dengan kesuburan rendah.

3.3 Kolonisasi Mikoriza dan Perubahan Sifat Kimia Tanah

Persentase kolonisasi akar oleh FMA dan perubahan sifat kimia tanah sebelum dan sesudah perlakuan disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan kolonisasi akar kedelai oleh FMA mencapai 72,5% pada perlakuan P4, yang tergolong tinggi menurut standar klasifikasi (Giovannetti, M., & Mosse, B, 1980). Tingginya persentase kolonisasi ini mengindikasikan kompatibilitas yang baik antara inokulan FMA yang digunakan dengan sistem perakaran kedelai Varietas Anjasmoro.

Tabel 2. Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Kolonisasi Mikoriza Sebelum dan Sesudah Perlakuan.

Parameter Tanah	Sebelum Tanam	Setelah Panen (P0)	Setelah Panen (P4)
pH tanah	5,2	5,3	5,8
C-organik (%)	0,87	0,85	1,12
N-total (%)	0,09	0,08	0,14
P-tersedia (ppm)	4,3	3,9	8,7
CTK (cmol+/kg)	12,4	12,1	14,3
Kolonisasi Mikoriza (%)	-	-	72,5

Keterangan: P0 = kontrol; P4 = perlakuan terbaik (mikoriza 15 g/tanaman)

Perubahan sifat kimia tanah yang paling mencolok terjadi pada ketersediaan fosfor (P-tersedia) yang meningkat dari 4,3 ppm (sebelum tanam) menjadi 8,7 ppm pada perlakuan P4 setelah panen, atau meningkat sebesar 102,3%. Sebaliknya, pada perlakuan kontrol P0, P-tersedia justru menurun dari 4,3 menjadi 3,9 ppm, mengindikasikan terjadinya deplesi hara akibat serapan tanaman tanpa penggantian yang memadai. Mekanisme peningkatan ketersediaan P oleh FMA melibatkan produksi enzim fosfatase ekstraseluler dan asam organik oleh hifa eksternal yang melarutkan P terikat menjadi P-tersedia bagi tanaman (Richardson, 2021).

Kandungan C-organik pada perlakuan P4 meningkat dari 0,87% menjadi 1,12%, sementara N-total meningkat dari 0,09% menjadi 0,14%. Peningkatan ini berkaitan dengan meningkatnya akumulasi biomassa akar dan serasah tanaman yang diperkaya oleh hifa mikoriza, yang akhirnya terdekomposisi menjadi bahan organik tanah. Menurut (Leifheit, 2020), jaringan hifa FMA berperan penting dalam pembentukan agregat tanah dan stabilisasi karbon organik melalui produksi protein glomalin.

Peningkatan pH tanah pada perlakuan P4 dari 5,2 menjadi 5,8 menunjukkan adanya perbaikan kondisi kimia tanah menuju kisaran optimum bagi pertumbuhan kedelai, yaitu sekitar pH 6,0–6,5. Pada kondisi tanah masam, ketersediaan unsur hara seperti P, Ca, dan Mg umumnya rendah, sedangkan kelarutan Al dan Fe meningkat sehingga dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman. Pemberian dolomit berperan penting dalam menetralkan keasaman tanah melalui suplai ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang menggantikan ion H^+ dan Al^{3+} pada kompleks jerapan tanah. Akibatnya, pH tanah meningkat dan toksisitas Al menurun sehingga lingkungan perakaran

menjadi lebih baik untuk pertumbuhan kedelai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi dolomit mampu meningkatkan pH tanah serta memperbaiki sifat kimia tanah pada budidaya kedelai di lahan masam (Febriani, 2024).

Selain pengapuran dolomit, peningkatan pH tanah juga dipengaruhi oleh aktivitas biologis di daerah rizosfer. Respirasi akar dan mikroorganisme tanah menghasilkan senyawa organik dan karbon dioksida yang dapat memengaruhi dinamika ion dalam tanah. Pada perlakuan dengan FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula), hifa mikoriza menghasilkan senyawa organik seperti glomalin dan asam organik yang membantu memperbaiki agregasi tanah serta meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Interaksi antara akar tanaman, mikroba, dan mikoriza di daerah rizosfer dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara dan memperbaiki kondisi kimia tanah secara bertahap. Penelitian mengenai ameliorasi rizosfer kedelai menunjukkan bahwa pemberian amelioran seperti dolomit mampu mendukung aktivitas biologis tanah dan meningkatkan produktivitas kedelai pada lahan masam (Siti Ria Chaerunisa, 2021).

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang meningkat dari 12,4 menjadi 14,3 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ menunjukkan bahwa kemampuan tanah dalam menyerap dan mempertahankan unsur hara kation seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan NH_4^+ menjadi lebih baik. Peningkatan KTK berkaitan erat dengan kenaikan pH tanah, karena pada kondisi pH yang lebih tinggi jumlah muatan negatif pada koloid tanah meningkat sehingga daya jerap terhadap kation hara juga meningkat. Dengan meningkatnya KTK, kehilangan unsur hara akibat pencucian dapat ditekan dan ketersediaan hara bagi tanaman menjadi lebih stabil. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pemberian dolomit

dapat meningkatkan KTK tanah secara signifikan melalui peningkatan kejenuhan basa dan perbaikan sifat kimia tanah (Rahman, 2020).

3.4 Efisiensi Penggunaan Hara dan Implikasi Ekonomi

Berdasarkan data hasil penelitian, dihitung bahwa penggunaan pupuk hayati berbasis mikoriza pada dosis 15 g/tanaman (P4) dapat mengurangi kebutuhan pupuk kimia hingga 60% dibandingkan perlakuan pupuk kimia konvensional (P1), dengan tetap menghasilkan produktivitas yang 55% lebih tinggi. Jika dikonversi dalam nilai ekonomi, penghematan biaya pupuk kimia setara dengan Rp 1,8-2,2 juta/ha per musim tanam, sementara peningkatan hasil biji kedelai pada harga pasar Rp 8.500/kg memberikan tambahan pendapatan sekitar Rp 7,9 juta/ha dibandingkan kontrol. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa aplikasi pupuk hayati berbasis mikoriza mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik, terutama fosfat, serta meningkatkan produktivitas kedelai pada lahan masam dan lahan kering (Christa Dyah Utami, 2021).

Penelitian oleh (Indah Permanasari, 2016) menunjukkan bahwa mikoriza berperan dalam meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat pada tanaman kedelai melalui peningkatan serapan unsur hara dan aktivitas perakaran tanaman. Selain itu, (Zaenul Maknun, 2025) melaporkan bahwa kombinasi mikoriza dengan pengurangan dosis pupuk NPK tetap mampu menghasilkan produktivitas kedelai tinggi hingga 3,16 ton/ha, sehingga berpotensi menekan biaya produksi petani. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza pada tanah masam dapat memperbaiki sifat kimia tanah, meningkatkan ketersediaan fosfor, dan meningkatkan

pertumbuhan serta jumlah polong kedelai secara signifikan (Jeksen, 2012).

Analisis B/C ratio menunjukkan bahwa perlakuan P4 (mikoriza 15 g) menghasilkan B/C ratio sebesar 2,48, lebih tinggi dibandingkan P1 pupuk kimia (1,92) dan P0 kontrol (0,87). Hal ini menunjukkan bahwa investasi pada pupuk hayati berbasis mikoriza secara ekonomi lebih menguntungkan dan berkelanjutan dibandingkan pendekatan konvensional berbasis pupuk kimia, terutama mengingat kecenderungan harga pupuk kimia yang terus meningkat di pasar domestik.

3.5 Mekanisme Kerja Mikoriza pada Lahan Kering Medan

Efektivitas mikoriza yang tinggi pada kondisi lahan kering Medan dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme utama. Pertama, jaringan hifa eksternal FMA yang dapat menjangkau area tanah jauh lebih luas dari zona deplesi hara sekitar akar (rhizosfer) mampu mengakses reservoir fosfor yang tidak terjangkau oleh akar tanaman. Pada tanah masam dengan P-tersedia rendah seperti di lokasi penelitian, keunggulan ini menjadi sangat kritis karena sebagian besar P terikat dalam bentuk Al-P dan Fe-P yang tidak tersedia bagi tanaman.

Kedua, pada kondisi kekeringan yang dialami selama bulan Mei-Juni, tanaman bermikoriza menunjukkan layu yang lebih lambat dan pemulihan lebih cepat setelah hujan turun. Fenomena ini berkaitan dengan peran hifa FMA dalam meningkatkan akses tanaman terhadap air tanah, meregulasi ekspresi gen aquaporin pada sel akar, serta meningkatkan produksi osmotikum untuk mempertahankan turgor sel (Aroca, 2021). Ketiga, mikoriza turut menstimulasi aktivitas bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri penambat N di rhizosfer melalui sekresi eksudat akar yang diperkaya oleh senyawa hasil metabolisme FMA,

sehingga terjadi sinergi positif dalam peningkatan ketersediaan hara.

4. KESIMPULAN

Pemberian pupuk hayati berbasis mikoriza berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan dan produktivitas kedelai pada lahan kering Medan. Perlakuan mikoriza dosis 15 g/tanaman (P4) menghasilkan tinggi tanaman, jumlah polong, bobot biji, dan hasil per hektar tertinggi.

Produktivitas kedelai tertinggi diperoleh pada perlakuan P4 sebesar 2,61 ton/ha, meningkat 110,5% dibandingkan kontrol (1,24 ton/ha) dan 55,4% lebih tinggi dari perlakuan pupuk kimia NPK (1,68 ton/ha).

Kolonisasi akar kedelai oleh FMA mencapai 72,5% pada dosis 15 g/tanaman, yang berkontribusi pada peningkatan ketersediaan P-tanah dari 4,3 menjadi 8,7 ppm dan perbaikan sifat kimia tanah secara keseluruhan.

Penggunaan pupuk hayati berbasis mikoriza memberikan nilai B/C ratio 2,48, lebih menguntungkan dibandingkan pupuk kimia konvensional (B/C ratio 1,92), sekaligus mengurangi kebutuhan pupuk kimia hingga 60%.

Pupuk hayati berbasis mikoriza terbukti sebagai solusi berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas kedelai pada lahan kering Medan dengan tetap menjaga kelestarian kesuburan tanah.

Berdasarkan temuan penelitian ini, disarankan kepada petani kedelai di lahan kering Medan untuk mengadopsi pupuk hayati berbasis mikoriza dengan dosis 10-15 g/tanaman sebagai komponen utama dalam sistem pemupukan terpadu. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengkaji efektivitas mikoriza pada musim tanam yang berbeda, interaksinya dengan varietas kedelai lain, serta kombinasinya dengan pupuk organik untuk hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. (2020). *Budidaya Kedelai Tropika*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Aroca, R. P.-L. (2021). Regulation of root water uptake under drought stress conditions. The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, 361(1-2), 3-19. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-021-04900-z>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Tanaman Pangan Indonesia 2022*. Jakarta: BPS-Statistics Indonesia.
- Balai Penelitian Tanah. (2021). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Edisi ke-3. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Bal itkabi, (. P. (2021). *Deskripsi Varietas Unggul Kedelai*. Malang: Bal itkabi.
- Barea, J. M.-A. (2020). Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*, 56(417), 1761-1778. doi:<https://doi.org/10.1093/jxb/eri197>
- Christa Dyah Utami, H. H. (2021). Aplikasi pupuk hayati mikoriza dan beberapa jenis pupuk hijau terhadap hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *AGRILAND : Jurnal Ilmu Pertanian*, 9(3), 115-123. doi:<https://doi.org/10.30743/agr.v9i3.4973>

- Febriani, R. Y. (2024). Pengaruh Jenis Kapur terhadap pH, Al Dapat Dipertukarkan, Kelarutan Fe, Ketersediaan Fosfor dan Kapasitas Tukar Kation di Lahan Pasang Surut. *Acta Solum*, 2(3), 116-121. doi:<https://doi.org/10.20527/actasolum.v2i3.2623>
- Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3), 489-500.
- Hasibuan, A. S., & Lubis, K. S. (2023). Peran mikoriza arbuskular dan pupuk organik terhadap efisiensi serapan fosfor kedelai di lahan kering Deli Serdang. *Jurnal Pertanian Tropik*, 10(2), 112-124. doi:<https://doi.org/10.32734/jpt.v10i2.2023>
- Indah Permanasari, K. D. (2016). PENINGKATAN EFISIENSI PUPUK FOSFAT MELALUI APLIKASI MIKORIZA PADA KEDELAI. *Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 23-20.
- Jeksen, J. (2012). PENGARUH DOSIS PUPUK MIKORIZA VESICULAR ARBUSKULAR TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH PADA TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L) Merr). *Jurnal Agrica*, 5(1), -11.
- Kurniawan, D. W. (2022). Inokulasi *Glomus mosseae* terhadap produktivitas kedelai pada ultisol. *Agronomi Indonesia*, 50(3), 215-225. doi:<https://doi.org/10.24831/jai.v50i3.42156>
- Leifheit, E. F. (2020). Multiple factors influence the role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregation: A meta-analysis. *Plant and Soil*, 374(1-2), 523-537.
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161.
- Purwanto, H. S. (2021). *Kesuburan Tanah Masam Sumatera: Permasalahan dan Solusi*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Rahman, F. A. (2020). Spesiasi Aluminium Terlarut dan Sifat Kimia Ultisol yang Diameliorasi dengan Dolomit dan Lignit-Teraktivasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1), 42-49. doi:<https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.42>
- Richardson, A. E. (2021). Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and Soil*, 349(1-2), 121-156.
- Siti Ria Chaerunisa, M. G. (2021). Ameliorasi Rizosfer Kedelai Menggunakan Jerami, Abu Sekam, dan Dolomit. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 49(2), 154-161. doi:<https://doi.org/10.24831/jai.v49i2.34964>
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2021). *Mycorrhizal Symbiosis (4th ed.)*. London: Academic Press.

Utami, S. A. (2022). Aktivitas fotosintesis dan akumulasi bahan kering kedelai bermikoriza pada kondisi cekaman kekeringan. *Jurnal Tanaman Pangan*, 41(1), 35-46.

Zaenul Maknun, D. W. (2025). *Jurnal Vegetalika*, 14(2), 161-170. doi: <https://doi.org/10.22146/veg.82229>