

The Effect of Mycorrhiza on Sorghum Plants in Dryland Areas

Uun Ilwati*, A. A. K Sudharmawan, I Made Sudantha

Magister Pertanian Lahan Kering, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Article History

Received : November 28th, 2024

Revised : December 20th, 2024

Accepted : December 18th, 2024

*Corresponding Author:

Uun Ilwati,

Program

Magister Pertanian Lahan Kering,

Universitas Mataram, Mataram,

Indonesia

Email: uun.yunanda@gmail.com

Abstract: Sorghum is one of the cereal crops that can grow well in dry land. However, dry land has limitations in terms of soil nutrients and its structure, which does not retain water for long. The productivity of sorghum in dry land is still low, at 2-3 tons/ha, which is far from its potential yield of 6-7 tons/ha. This happens because the soil lacks essential nutrients. Along with the application of both organic and synthetic fertilizers, one possible approach is to incorporate mycorrhiza into the soil. This article seeks to explore how mycorrhiza influences sorghum plants in arid conditions. This article serves as a review of existing literature concerning sorghum and the influence of mycorrhiza on its growth. From the findings and discussions presented, it can be inferred that mycorrhiza affects the uptake of nutrients, growth, and yield of sorghum by enhancing the availability and absorption of nutrients in the soil, boosting antioxidant activity, increasing photosynthesis, and improving the plants' resilience to environmental stress. Furthermore, mycorrhiza also affects the improvement of the plant's defense system by increasing dry matter content, keeping leaf stomata open, and helping the accumulation of substances including substances like soluble sugars, proline, glycine betaine, organic acids, potassium, and calcium within the plant, which helps in the uptake of water. The application of mycorrhiza to sorghum plants in dry land is expected to support the sustainable increase in plant productivity, reduce the use of chemical fertilizers, and promote a more environmentally friendly farming system.

Keywords: dry land, mycorrhiza, sorghum plant.

Pendahuluan

Lahan kering umumnya diartikan sebagai area yang tidak tergenang atau terendam air dalam sebagian besar waktu sepanjang tahun. Tantangan utama yang dihadapi lahan kering dalam konteks sistem pertanian adalah terkait dengan ketersediaan dan kelangkaan sumber daya, serta faktor-faktor yang berhubungan dengan sifat fisiko-kimia tanah, di samping keterbatasan jumlah organisme hayati yang ada di dalam tanah (biologi tanah) (BBSDLP, 2011).

Sorghum merupakan sereal penting kelima di dunia setelah gandum, beras, jagung, dan barley. Tanaman ini memiliki banyak kegunaan dan bersifat zero waste karena seluruh bagian tanamannya dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, mulai dari pangan, pakan ternak, hingga keperluan industri. Sorghum mampu tumbuh di wilayah tropis dan subtropis serta termasuk dalam kelompok tanaman C4, seperti jagung dan tebu, yang memiliki efisiensi tinggi dalam proses fotosintesis, terutama pada

suhu tinggi dan kondisi kekurangan air. Produksi sorghum yang tinggi dan menguntungkan dapat dicapai dengan ketersediaan air tanah atau curah hujan yang memadai serta waktu tanam yang tepat (Harsono et al., 2021). Tanaman ini juga mampu bertahan pada tanah dengan tingkat kesuburan rendah dan memiliki ketahanan relatif terhadap hama dan penyakit (Hasibuan et al., 2024).

Biji sorghum mengandung tiga jenis karbohidrat, yaitu gula terlarut (seperti sukrosa, glukosa, fruktosa, dan maltosa), serat, serta pati. Sorghum dikenal sebagai salah satu sereal utama yang berasal dari wilayah Afrika Timur dan Selatan. Tanaman ini dibudidayakan untuk berbagai keperluan ekonomi, seperti bahan pangan (biji-bijian), pakan ternak (biji-bijian dan biomassa), serta bahan baku untuk produksi etanol dan biofuel (Afdhalul et al., 2023). Meskipun memiliki kemampuan bertahan terhadap kekeringan, sorghum masih menghadapi kendala terkait rendahnya keberadaan unsur hara di tanah, terutama fosfor, dimana fungsi fosfor ini

sangat penting untuk pertumbuhan akar dan berbagai proses metabolisme. Selain penambahan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sorghum. Salah satu upaya meningkatkan hasil biomassa sorgum manis menambahkan jamur mikoriza arbuskular.

Jamur mikoriza arbuskular memiliki manfaat besar bagi tanaman karena membentuk hubungan simbiosis dengan akar, yang membantu meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfor (P), serta unsur lain seperti seng (Zn), molibdenum (Mo), tembaga (Cu), dan kalium (K). Selain meningkatkan nutrisi tanaman, cendawan ini juga berperan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik seperti kekeringan, dan membantu tanaman melawan serangan patogen akar (Basuki, 2017).

Produktivitas sorgum di Indonesia masih tergolong sangat rendah, dengan rata-rata sekitar 1 ton/ha, jauh dibandingkan dengan di Amerika Serikat yang telah mencapai 3,6 ton/ha. Rendahnya produktivitas ini disebabkan oleh belum optimalnya penerapan teknologi budidaya oleh petani, terutama dalam hal penggunaan varietas unggul. Sebagian besar petani masih mengandalkan varietas lokal dan melakukan pemupukan yang belum sesuai dengan kondisi tanah maupun kebutuhan tanaman (Sutrisna et al., 2013). Pada penelitian di Kabupaten Lombok Utara belum mencapai hasil yang optimal, produktivitas sorgum di lahan kering hanya berkisar 1,5–3 ton per hektar (Apliza et al., 2020), jauh di bawah rata-rata produktivitas internasional yang mencapai 6–9 ton per hektar (McGuire, 2015). Faktor ini tidak hanya disebabkan oleh kendala biofisik lahan kering, tetapi juga oleh kurangnya pengetahuan petani mengenai sistem pertanian lahan kering serta minimnya penerapan teknologi konservasi yang sesuai (Hawari et al., 2021).

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan juga menunjukkan bahwa produktivitas sorghum masih rendah antara lain yang sudah dilakukan Zubaidi (2021) hasil sorghum dengan Pemupukan Phonska 300 kg/ha menghasilkan 3,4 ton/ha dan ZPT Fitosan 5ml/liter memberikan hasil 2,92 ton/ha. Pada penelitian (Qadri et al., 2024) tentang pengaruh amandemen tanah, NPK dan pupuk bioenzim diperoleh potensi hasil 1,00 ton/ha tanpa perlakuan amandemen tanah dan 2,27 ton/ha dengan perlakuan amandemen tanah, NPK dan bioenzim. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Hasibuan et al., 2024)

memperoleh hasil pemberian mikoriza dan NPK pada tanaman sorghum pada pemberian dosis mikoriza 15 g tanaman-1 dengan dosis pupuk NPK 180 g bedeng-1 memperoleh hasil 7 ton/ha. Oleh karena itu, salah satu cara yang dapat dipakai untuk memperbaiki hasil panen sorghum adalah dengan menerapkan mikoriza pada budidaya tanaman sorghum, hal ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, dan mendorong penerapan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan latar belakang ini, artikel ini disusun bertujuan untuk menganalisis pengaruh mikoriza pada tanaman sorghum di lahan kering serta mengevaluasi potensinya sebagai salah satu komponen penting dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Bahan dan Metode

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penulisan artikel meliputi laptop, akses internet, serta sumber literatur dengan kriteria sebagai berikut: artikel berupa jurnal atau makalah konferensi yang terindeks Sinta dan/atau Scopus; ditulis dalam bahasa Indonesia maupun Inggris; memiliki topik yang relevan dengan peran mikoriza pada tanaman sorghum; serta tersedia secara terbuka (open access) melalui internet. Pengumpulan artikel dilakukan melalui berbagai basis data seperti ProQuest Universitas Mataram, Scopus, dan Google Scholar.

Penulisan artikel dilakukan dengan metode studi pustaka, sehingga tidak memerlukan lokasi tertentu untuk pengumpulan data dan sepenuhnya bergantung pada data sekunder. Proses pencarian dan seleksi data dilakukan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai pengaruh mikoriza pada tanaman sorghum di lahan kering. Artikel diambil dengan memanfaatkan kata kunci yang berkaitan, kemudian dilakukan penyaringan judul yang sesuai dengan tema, dan dipilih berdasarkan standar yang sudah ditetapkan.

Hasil dan Pembahasan

Beberapa studi mengenai pemanfaatan mikoriza pada tumbuhan telah dilaksanakan. Hasil yang didapatkan beragam dan menunjukkan performa yang positif. Salah satu penelitian tersebut dilakukan oleh (Anggarini et

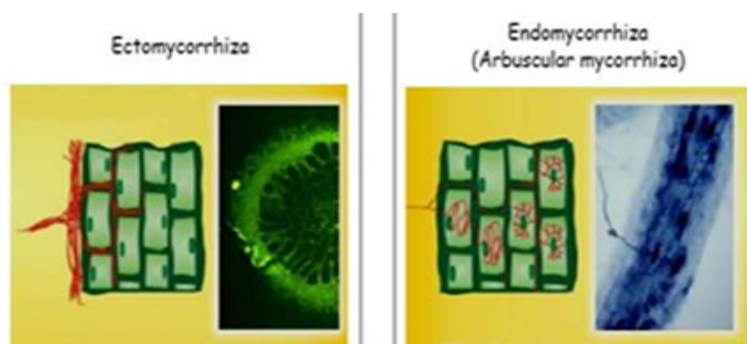
al., 2014), di mana hasilnya menunjukkan bahwa pemberian mikoriza sebanyak 5 g per lubang tanam pada sorghum menghasilkan estimasi hasil 7,42 ton per hektar, sedangkan tanpa mikoriza hasil yang diperkirakan hanya 5,32 ton per hektar. Dan pada penelitian sorghum yang dilakukan oleh (Hasibuan et al., 2024) memperoleh hasil, pada pemberian dosis mikoriza 15 g/tanaman dengan dosis pupuk NPK 180 g/bedeng diperoleh hasil 7,29 ton/ha dan tidak berbeda jauh dengan hasil kombinasi mikoriza dosis 10 g/tanaman dengan NPK 150 g/tanaman yaitu 7,21 ton/ha. Hal ini menunjukkan pemberian mikoriza mempunyai pengaruh pada hasil tanaman sorghum.

Mikoriza merupakan jenis jamur yang berinteraksi secara simbiotik dengan tumbuhan dan mengisi jaringan korteks akar saat tanaman sedang tumbuh dengan intensif. Jenis jamur mikoriza yang paling banyak diamati berasal dari kategori endomikoriza, yaitu Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM). Simbiosis antara VAM dan tanaman adalah saling menguntungkan. Pada tanaman yang memiliki hubungan simbiotik dengan VAM, area yang digunakan untuk menyerap air dan nutrisi dari akar diperluas oleh miselium VAM, yang pada gilirannya meningkatkan penyerapan unsur hara, khususnya fosfor (P) (Hapsani & Basri, 2018)

Mikoriza mampu meningkatkan status nutrisi tanah dan produktivitas pertanian, serta berkontribusi dalam menjaga kesehatan tanah

secara berkelanjutan dengan cara yang ramah lingkungan. Keterkaitan antara akar tanaman inang dan mikoriza, baik secara langsung maupun tidak langsung, memberi keuntungan yang besar untuk perkembangan tanaman. Pupuk hayati berbasis mikoriza memiliki sejumlah keunggulan, seperti membantu penyerapan hara, melindungi tanaman dari serangan patogen, serta meningkatkan penyerapan air, terutama unsur hara fosfor (P) dan nitrogen (N) (Hasibuan et al., 2024).

Mikoriza terbagi menjadi tiga kategori, yaitu endomikoriza, ektomikoriza, dan ektendomikoriza. Di antara ketiganya, endomikoriza dan ektomikoriza adalah yang paling dikenal. Jenis endomikoriza yang paling umum digunakan adalah Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM). VAM adalah jenis jamur yang bekerja sama dengan akar tanaman, membentuk vesikel dan arbuskula di dalam korteks akar. Vesikel merupakan bagian hifa yang berbentuk bulat dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan, sedangkan arbuskula adalah hifa dengan struktur dan fungsi yang serupa dengan haustorium yang terdapat di dalam sel tanaman. Keluarga VAM mencakup sembilan genus, yaitu Acaulospora, Gigaspora, Glomus, Sclerocytis, Glaziella, Complexiples, Modocila, Entrospora, dan Endogone, di mana Acaulospora, Gigaspora, Glomus, dan Sclerocytis adalah yang paling terkenal (Hapsani & Basri, 2018).



Gambar 1. Ectomycorrhiza, Endomycorrhiza

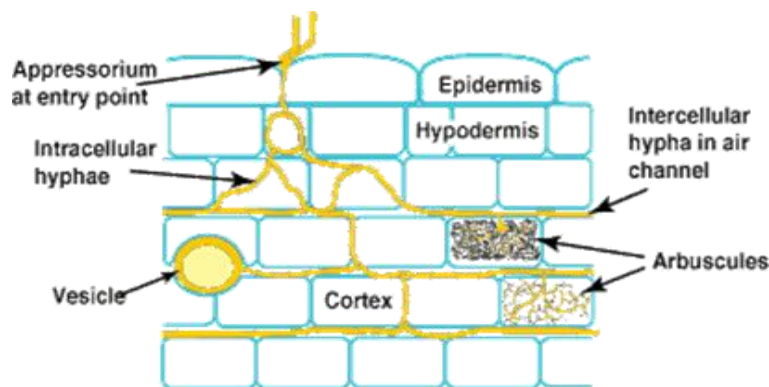
Akar yang terpapar ektomikoriza umumnya memiliki ujung yang pendek dan tumpul, dilapisi oleh lapisan jaringan jamur, serta sedikit atau bahkan tidak memiliki rambut akar. Jamur berfungsi menggantikan peran rambut akar dalam penyerapan nutrisi. Dari dalam lapisan tersebut, jamur berkembang di antara sel-sel pada korteks akar, membentuk jaringan hartig. Akar yang terpapar infeksi umumnya akan mengalami pembesaran dan bercabang.

Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM) memiliki karakteristik utama seperti keberadaannya di dalam sel akar inang, hifa yang tidak terpisahkan, serta pembentukan vesikel dan arbuskular. Hifa di dalam sel akar inang menjadi titik awal untuk penetrasi serta terhubung langsung dengan hifa yang ada di luar akar. Arbuskular berfungsi sebagai jalur pengiriman nutrisi antara jamur dan inang, sementara vesikel yang terbentuk di ujung hifa dalam jaringan inang berperan sebagai

tempat penyimpanan makanan cadangan. Infeksi mikoriza pada akar dapat dengan mudah dilihat melalui penggunaan pewarnaan dengan bahan kimia tertentu. Sel akar yang terinfeksi akan menunjukkan ukuran yang lebih besar dan mengembang tanpa merusak struktur sel tersebut. Bahkan ketika dilihat dari luar, tidak ada perubahan yang mencolok.

Infeksi Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM) dimulai dengan pembentukan struktur di

permukaan akar yang kemudian menembus sel-sel epidermis dari akar tanaman. Setelah penetrasi berlangsung, hifa tumbuh baik di dalam sel maupun di luar sel dalam korteks akar, dan pada jenis inang tertentu, hifa membentuk lilitan di luar korteks. Hifa yang berada di wilayah rizosfer memiliki kemampuan untuk meningkatkan penyerapan fosfor dari tanah dengan memperluas area interaksi antara akar dan tanah.



Gambar 2. Struktur Arbuscular Mycorrhizae

Penyerapan unsur hara oleh mikoriza berlangsung melalui hifa dalam tanah, dan kemudian unsur hara tersebut diarahkan ke sel akar tanaman. Fosfor yang bergerak di dalam hifa mengikuti jalur sitoplasma, sedangkan perpindahan unsur hara dari jamur ke tanaman inang diduga terjadi melalui arbuskular. Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM) memiliki penyebaran yang luas, yang mencakup dari tanaman Angiospermae hingga Briophyta, dengan penyebaran geografis yang meliputi area dari kutub sampai hutan hujan tropis. Beberapa manfaat mikoriza antara lain:

a. Peningkatan Serapan Air dan Hara

Hifa eksternal mikoriza memperbesar area untuk menyerap air serta nutrisi. Karena ukuran hifa lebih kecil dibandingkan dengan akar, hifa bisa mengakses pori-pori tanah yang sangat kecil, memungkinkan penarikan air meski pada tingkat kelembapan tanah yang rendah. Penyerapan air yang lebih banyak juga membawa nutrisi yang mudah larut seperti nitrogen (N), kalium (K), dan sulfur (S), sehingga meningkatkan penyerapan elemen-elemen tersebut. Selain itu, hifa mikoriza memproduksi enzim fosfatase yang memisahkan fosfor (P) dari ikatan tertentu, membuatnya dapat digunakan oleh tanaman.

b. Ketahanan Terhadap Kekeringan

Akar yang bermikoriza selalu terjaga dari kerusakan yang disebabkan oleh kekeringan. Setelah mengalami kekurangan air, akarnya dapat pulih lebih cepat karena hifa jamur dapat mengambil air dari pori-pori tanah saat akar tanaman sudah tidak bisa lagi melakukannya. Besarnya jaringan hifa di dalam tanah meningkatkan jumlah air yang bisa diambil oleh tanaman.

c. Proteksi dari Patogen dan Unsur Toksik

Mikoriza berperan dalam melindungi tanaman dari penyakit akar dan zat berbahaya. Komponen mikoriza bertindak sebagai pelindung alami terhadap patogen akar, dan jamur mikoriza dapat memproduksi antibiotik yang bisa membunuh patogen.

d. Produksi Senyawa Perangsang Pertumbuhan

Mikoriza menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman.

e. Meningkatkan Aktivitas Organisme Menguntungkan

Mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman legum mampu meningkatkan penyerapan fosfor, yang pada gilirannya memperkuat kerja nitrogenase, meningkatkan perkembangan akar, serta mendukung keterhubungan simbiotik dengan mikoriza.

f. Memperbaiki Struktur dan Agregasi Tanah

Hifa eksternal mikoriza berkontribusi pada perbaikan dan penstabilan struktur tanah dengan cara melepaskan senyawa polisakarida, asam

organik, dan lendir yang menyatukan butiran tanah menjadi agregat mikro. Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM) juga memproduksi glikoprotein glomalin yang memiliki peran krusial dalam meningkatkan kestabilan agregat tanah. Konsentrasi glomalin lebih banyak ditemukan di tanah yang tidak diproses dibandingkan dengan yang telah diproses, karena pengolahan tanah dapat merusak jaringan hifa sehingga mengurangi sekresi glomalin.

g. Membantu Siklus Mineral

Beberapa variasi mikoriza memproduksi enzim hidrolitik, contohnya protease dan fosfatase, yang berfungsi dalam proses mineralisasi bahan organik dan juga meningkatkan pemadatan tanah (Harsono et al., 2021).

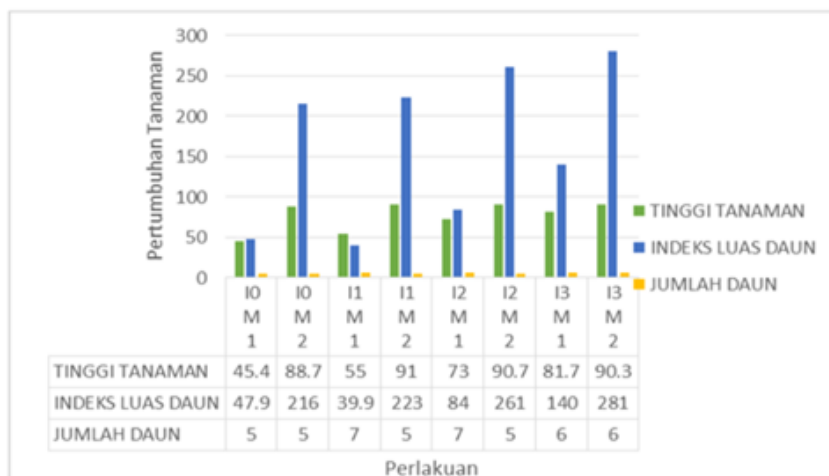
Pengaruh Mikoriza Arbuskula dalam Penyerapan Nutrisi Tanah, Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Sorghum

Jamur mikoriza arbuskula (AMF) memiliki berbagai peran penting bagi tanaman, terutama pada tahap perkembangan sereal. AMF berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan dan penyerapan nutrisi di tanah, aktivitas antioksidan, laju fotosintesis, serta toleransi tanaman terhadap stres lingkungan (Khan et al., 2022). Selain itu, AMF menciptakan beberapa metode untuk membantu proses penguraian bahan organik dalam tanah, baik dengan cara langsung maupun tidak langsung, melalui oksidasi, pemecahan oleh enzim, penyediaan karbon di rizosfer, dan dorongan terhadap mikroorganisme (Frey, 2019).

Jamur Mikoriza Arbuskular memiliki fungsi dalam memperbaiki kualitas pengelompokan tanah, mengatur susunan komunitas bakteri dan tumbuhan, serta mempertahankan keseimbangan ekosistem (Diagne et al., 2020). Selain itu, AMF juga mendistribusikan produk fotosintesis tanaman langsung ke rizosfer dan berfungsi sebagai jalur integrasi produk fotosintesis tanaman menjadi bahan organik tanah (Frey, 2019).

Simbiosis AMF dengan sebagian besar tanaman terbukti meningkatkan pertumbuhan dan asimilasi nutrisi tanaman (Thirkell et al., 2020). Pada tanaman, AMF memperluas area serapan akar sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi (Diagne et al., 2020). Pada tanaman sorgum, AMF meningkatkan biomassa, jumlah daun, tinggi tanaman, serta total penyerapan fosfor, nitrogen, dan kalium ((Nakmee et al., 2016); (Diagne et al., 2020)).

Penelitian oleh (Sukmawati et al., 2020) menunjukkan bahwa tanaman sorgum dan jagung yang diberi perlakuan mikoriza memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman jagung yang diberikan perlakuan mikoriza. Dan pada pengukuran kualitas tanah menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kadar nutrisi, meskipun tidak signifikan untuk pH dan kelembapan tanah. Peningkatan kadar fosfor dan C-organik pada tanaman sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman jagung. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman sorgum lebih efisien dalam menyerap nutrisi dibandingkan dengan jagung.



Gambar 3. Hasil Penelitian Pertumbuhan jagung dan sorgum dengan beberapa jenis mikoriza (VAM)

Ket : Jo : Tanpa mikoriza (AMF) M1 : Jagung
 J1: AMF Abu abu M2: Sorghum
 J2 : AMF Hitam
 J3 : AMF Coklat

Peningkatan kualitas tanah menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza pada tanaman inang sorgum dengan isolat *Gigaspora* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman inang jagung. Penyerapan air yang lebih efektif oleh tanaman bermikoriza juga membantu membawa nutrisi terlarut seperti nitrogen (N), sehingga meningkatkan penyerapan hara. Peningkatan variabel pertumbuhan pada sorgum dengan perlakuan sumber inokulan dari rizosfer sorgum dibandingkan dengan sumber inokulan lainnya dikarenakan jumlah spora lebih tinggi pada inokulasi dari tanaman inang tersebut. Hal ini karena akar tanaman sorgum lebih panjang dibandingkan tanaman inang lainnya, sehingga menghasilkan lebih banyak hifa dan spora. (Muis et al., n.d.) (2016) menyatakan bahwa VAM bersimbiosis dengan tanaman inang yang responsif, memiliki akar melimpah, serta sistem perakaran yang luas.

Sesuai dengan studi yang dilakukan oleh (Hasibuan et al., 2024), terungkap adanya interaksi antara mikoriza dan pupuk NPK pada dosis mikoriza 10g per tanaman dan NPK 180 g per tanaman yang berdampak pada panjang malai, serta pada dosis mikoriza 10 g per tanaman dan NPK 150 g per bedeng yang berpengaruh terhadap berat biji, potensi hasil, dan persentase akar yang terkolonisasi oleh mikoriza. Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum akibat inokulasi mikoriza.

Penerapan mikoriza *Glomus mosseae* pada varietas Numbu secara keseluruhan berhasil meningkatkan pertumbuhan tanaman sorgum dengan baik. Interaksi antara jenis mikoriza *Glomus mosseae* dan varietas Numbu menunjukkan hasil yang signifikan dalam memperbaiki pertumbuhan tanaman sorgum (Afdhalul et al., 2023).

Tabel 1. Nilai rerata potensi hasil ton ha-1 sorgum terhadap perlakuan interaksi genus mikoriza dan varietas sorgum pada tanah entisol

Perlakuan Genus Mikoriza (M)	Varietas (V)		BNT 5%
	V1 (Varietas Numbu)	V2 (Varietas Super)	
M0 (Tanpa mikoriza)	3,3 Aa	3,82 Aa	1,03
M1 (<i>Glomus mosseae</i>)	7,69 Bb	4,67 Ab	
M2 (<i>Gigaspora</i> sp.)	4,55Ab	6,32 Bb	

Keterangan: Angka-angka dengan huruf kapital sama secara horizontal dan huruf kecil secara vertikal menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNT 5%

Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji F dalam tabel sidik ragam, dapat dilihat bahwa genus mikoriza memiliki dampak yang sangat besar terhadap potensi hasil. Di sisi lain, varietas sorgum tidak menunjukkan dampak yang berarti terhadap potensi hasil. Selain itu, terdapat interaksi yang sangat signifikan antara genus mikoriza dan varietas sorgum berkaitan dengan potensi hasil (Afdhalul et al., 2023).

Pengaruh Mikoriza Arbuskula dalam Peningkatan Sistem Ketahanan Tanaman

Jamur VAM meningkatkan ketahanan tanaman terhadap berbagai stres, seperti kekeringan, salinitas, logam berat, suhu ekstrem, patogen, dan penyakit. Mekanisme adaptasi terhadap stres abiotik umumnya meliputi selektivitas ion, peningkatan nutrisi hidromineral, produksi osmolit, regulasi gen, serta sintesis antioksidan dan fitohormon. Pada stres biotik, VAM meningkatkan sistem pertahanan tanaman, kompetisi, dan resistensi terhadap patogen (Khan et al., 2022). VAM

juga meningkatkan toleransi tanaman terhadap tantangan lingkungan, seperti salinitas dan kekeringan, dengan meningkatkan kandungan bahan kering dan penyerapan air (Masrahi et al., 2023).

Jamur VAM meningkatkan kemampuan akar untuk menyerap air dari tanah, menjaga stomata daun tetap terbuka, dan meningkatkan produksi bahan kering. Selain itu, VAM juga membantu akumulasi zat-zat seperti gula larut, prolin, glisin betain, asam organik, kalium, dan kalsium dalam tanaman untuk mempermudah penyerapan air (Tani et al., 2019).

Jamur VAM di bawah kondisi stres kekeringan mengurangi akumulasi ROS (reactive oxygen species) dengan meningkatkan sistem pertahanan antioksidan dalam tanaman. Hal ini mengurangi efek negatif kekeringan pada DNA, protein, dan lipid, sehingga memungkinkan tanaman untuk tetap berfungsi dengan baik. Mekanisme lain yang terlibat dalam respon tanaman terhadap stres kekeringan termasuk produksi

fitohormon. Homeostasis hormon mengatur toleransi tanaman terhadap stres abiotik. Asam absisat (ABA) adalah sinyal hormonal stres yang paling mendasar, yang memodulasi laju transpirasi, konduktivitas hidrolis akar, dan ekspresi aquaporin. Respon ABA mengatur konduktansi stomata dan proses fisiologis terkait lainnya. ABA menginduksi penutupan stomata dan mengurangi kehilangan air sel. Inokulasi dengan VAM mempengaruhi kontrol fungsi stomata melalui regulasi asam absisat. Konsentrasi ABA yang lebih rendah ditemukan pada akar dan daun tanaman mikoriza dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza di bawah stres kekeringan.

Mekanisme lain yang terlibat dalam toleransi tanaman terhadap kekeringan termasuk penyesuaian osmotik yang memungkinkan tanaman mempertahankan turgor dan aktivitas fisiologis dengan mengakumulasi senyawa solut yang kompatibel seperti gula, prolin, glisin betain, poliamin, dan asam organik seperti oksalat dan malat. Seperti yang dijelaskan dalam kondisi salin, stres kekeringan menginduksi produksi spesies oksigen reaktif (ROS). Fitohormon lain, seperti strigolaktone dan auksin, juga terlibat dalam regulasi stres air pada tanaman. Telah dibuktikan bahwa inokulasi dengan AMF memperkuat respon strigolaktone dan auksin terhadap stres kekeringan (Diagne et al., 2020).

Jasmonic acid (JA) juga berinteraksi dengan asam absisat untuk mengatur respon tanaman terhadap kondisi stres air. JA dapat mengurangi stres air pada tanaman. Hormon ini terlibat dalam regulasi ekspresi dan kelimpahan aquaporin serta memainkan peran penting dalam penyerapan dan transportasi air, serta konduktivitas hidrolis stomata dan akar.

Mekanisme lain yang terlibat dalam toleransi tanaman terhadap kekeringan termasuk penyesuaian osmotik yang memungkinkan tanaman mempertahankan turgor dan aktivitas fisiologis dengan mengakumulasi senyawa solut yang kompatibel seperti gula, prolin, glisin betain, poliamin, dan asam organik seperti oksalat dan malat. Seperti yang dijelaskan dalam kondisi salin, stres kekeringan menginduksi produksi spesies oksigen reaktif (ROS). Fitohormon lain, seperti strigolaktone dan auksin, juga terlibat dalam regulasi stres air pada tanaman. Telah dibuktikan bahwa inokulasi dengan VAM memperkuat respon strigolaktone dan auksin terhadap stres kekeringan (Diagne et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan (Zhang et al., 2016) melaporkan bahwa sorghum yang diinokulasi mikoriza memiliki potensi osmotik lebih tinggi, dengan nilai turgor mencapai 1,2 MPa dibandingkan 0,8 MPa pada kontrol, menunjukkan kemampuan bertahan hidup yang lebih baik di kondisi kering. Mikoriza berperan dalam membantu tanaman sorgum bertahan di lingkungan yang kurang mendukung, seperti kondisi kekeringan dan tanah dengan kesuburan rendah. Mikoriza meningkatkan kemampuan tanaman untuk menghadapi stres dengan cara meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi (Anggarini et al., 2014).

Pemanfaatan Mikoriza Arbuskular untuk Pertanian Berkelanjutan

Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan telah menyebabkan pencemaran lahan pertanian dan menghasilkan banyak polutan. Penelitian mengungkapkan bahwa VAM mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan ketahanan terhadap patogen, serta membantu remediasi logam berat. Cendawan VAM menciptakan senyawa glycoprotein glomalin yang sangat terkait dengan peningkatan stabilitas agregat. Tingkat glomalin lebih tinggi ditemukan di tanah yang tidak diolah dibandingkan dengan tanah yang telah diolah. Glomalin terbentuk dari sekresi hifa luar ditambah enzim dan senyawa polisakarida lainnya. Proses pengolahan tanah merusak jaringan hifa sehingga menghasilkan sekresi yang sangat terbatas. Pembentukan struktur yang stabil sangat penting, terutama pada tanah yang memiliki tekstur liat atau pasir.

Mikoriza dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan melindungi mereka dari patogen akar dan bahan berbahaya. Struktur mikoriza berperan sebagai perlindungan biologis terhadap patogen akar. Jamur mikoriza juga dapat memproduksi antibiotik yang efektif membunuh mikroorganisme penyebab penyakit.

Mikoriza berperan dalam melindungi tanaman dari kelebihan unsur-unsur beracun seperti logam berat melalui berbagai mekanisme seperti filtrasi, inaktivasi kimiawi, atau penimbunan unsur-unsur tersebut dalam hifa jamur. Mikoriza arbuskular (VAM) dapat secara alami ditemukan pada tanaman pionir di area yang terkontaminasi limbah industri, tailing tambang batubara, atau lahan yang tercemar lainnya. Penggunaan inokulan yang sesuai dapat mempercepat proses rehabilitasi

tanah yang terkontaminasi unsur-unsur toksik (Hapsani & Basri, 2018). Dengan kemampuan tersebut, VAM memiliki potensi besar sebagai pupuk hayati dalam sistem pertanian berkelanjutan guna mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia.

Kesimpulan

Mikoriza berpengaruh besar terhadap perkembangan dan daya tahan tanaman sorgum di area kering. Dengan meningkatkan penyerapan nutrisi, adaptasi terhadap stres air, hasil tanaman, dan kualitas tanah, mikoriza merupakan solusi strategis dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan di daerah dengan kondisi kekeringan. Penggunaan mikoriza yang bijaksana serta pemilihan spesies dan varietas yang tepat dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian di lahan kering.

Referensi

- Afdhalul, F., Rita, H., & Syafruddin (2023). Effect of Mycorrhizal Types and Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Varieties on Growth and Yield. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(3), 503–508.
- Anggarini, A., Tohari, & Kastono, D. (2014). PENGARUH MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench) PADA TUNGGUL PERTAMA DAN KEDUA. 3(3), 63–77.
- Apliza, D., Ma'shum, M., Suwardji, S., & Wargadalam, V. J. (2020). Pemberian Pupuk Silikat dan Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan, Kadar Brix, dan Hasil Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 6(1), 16–24. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.229>
- Basuki, B. (2017). *Pertumbuhan Dan Hasil Empat Genotipe Sorgum Manis Dengan Perlakuan Dosis Mikoriza Arbuskuler Growth and Yields of Four Sweet Sorghum Genotypes tested* 11–16. <http://eprints.upnyk.ac.id/13749/>
- BBSDLP. (2011). *Road Map Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering*.
- Diagne, N., Ngom, M., Djighaly, P. I., Fall, D., Hocher, V., & Svistoonoff, S. (2020). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity*, 12(10), 1–25. <https://doi.org/10.3390/d12100370>
- Frey, S. D. (2019). Mycorrhizal Fungi as Mediators of Soil Organic Matter Dynamics. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50, 237–259. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062331>
- Hapsani, A., & Basri, H. (2018). Kajian Peranan Mikoriza Dalam Bidang Pertanian. *Agrica Ekstensia*, 12(2), 74–78.
- Harsono, P., Handayanta, E., Hartanto, R., & ... (2021). Effects of manure types on the growth and yield of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in dryland. ... *Series: Earth and* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042067>
- Hasibuan, D., Marliah, A., & . S. (2024). Pengaruh Pemberian Mikoriza dan NPK Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(1), 80–89. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v9i1.28024>
- Hawari, H., Suwardji, S., & Idris, H. (2021). The Role of Biochar and Combination of Inorganic Fertilizers and Biological Fertilizers in Increasing Yield and Levels of Brix Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Dry Land. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(3), 437. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i3.729>
- Khan, Y., Shah, S., & Tian, H. (2022). The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Influencing Plant Nutrients, Photosynthesis, and Metabolites of Cereal Crops—A Review. *Agronomy*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy12092191>
- Masrahi, A. S., Alasmari, A., Shahin, M. G., Qumsani, A. T., Oraby, H. F., & Awad-Allah, M. M. A. (2023). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate Solubilizing Bacteria in Improving Yield, Yield Components, and Nutrients Uptake of Barley under Salinity Soil. *Agriculture (Switzerland)*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture13030537>
- McGuire, S. (2015). FAO, IFAD, and WFP. The State of Food Insecurity in the World 2015: Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven

- Progress. Rome: FAO, 2015. In *Advances in Nutrition* (Vol. 6, Issue 5). <https://doi.org/10.3945/an.115.009936>
- Muis, R., Ghulamahdi, M., Melati, M., & Mansur, I. (n.d.). Diversity of Arbuscular Mycorrhiza Fungi from trapping using Different Host Plants. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 4531, 158–169. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>
- Nakmee, P. S., Techapinyawat, S., & Ngamprasit, S. (2016). Comparative potentials of native arbuscular mycorrhizal fungi to improve nutrient uptake and biomass of Sorghum bicolor Linn. *Agriculture and Natural Resources*, 50(3), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2016.06.004>
- Qadri, L., Nurahmi, E., & Ichsan, C. N. (2024). Pengaruh Amandemen Tanah, Pemupukan NPK, Penyemprotan Eco enzyme terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench.) pada Tanah Ultisol Judul Artikel Ilmiah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(1), 11–20. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v9i1.27897>
- Sukmawati, S., Adnyana, I. M., & Suprpta, D. N. (2020). The Compatibility of Arbuscular Mycorrhizal Fungi with Corn and Sorghum Plant in the Dry Land of Central Lombok. *International Journal of ...* <https://www.neliti.com/publications/330165/the-compatibility-of-arbuscular-mycorrhizal-fungi-with-corn-and-sorghum-plant-in>
- Sutrisna, N., Sunandar, N., & Zubair, A. (2013). Uji adaptasi beberapa varietas sorgum (Sorghum bicolor L.) pada lahan kering di kabupaten Ciamis, Jawa Barat. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 2(2), 137–143. www.jlsuboptimal.unsri.ac.id
- Tani, E., Chronopoulou, E. G., Labrou, N. E., Sarri, E., Goufa, M., Vaharidi, X., Tornesaki, A., Psychogiou, M., Bebeli, P. J., & Abraham, E. M. (2019). Growth, Physiological, Biochemical, and Transcriptional Responses to Drought Stress in Seedlings of Medicago sativa L., Medicago arborea L. And their hybrid (Alborea). *Agronomy*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy9010038>
- Thirkell, T. J., Pastok, D., & Field, K. J. (2020). Carbon for nutrient exchange between arbuscular mycorrhizal fungi and wheat varies according to cultivar and changes in atmospheric carbon dioxide concentration. *Global Change Biology*, 26(3), 1725–1738. <https://doi.org/10.1111/gcb.14851>
- Zhang, L., Xu, M., Liu, Y., Zhang, F., Hodge, A., & Feng, G. (2016). Carbon and phosphorus exchange may enable cooperation between an arbuscular mycorrhizal fungus and a phosphate-solubilizing bacterium. *New Phytologist*, 210(3), 1022–1032. <https://doi.org/10.1111/nph.13838>
- Zubaidi, A., Suwardji, & Wangiyana, W. (2021). Pengaruh Pemberian Pupuk Npk Dan Fitosan Terhadap Kadar Brix Batang Dan Hasil Tanaman Sorgum (Sorghum bicolor L. Moench) Di Tanah Pasiran Lahan Kering Kabupaten Lombok Utara, NTB. *Jurnal Pertanian Agros*, 23(1), 157–166.