

Peranan dan Manfaat Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Keberlanjutan Sumber Daya Lahan dan Ketahanan Pangan



Oleh:

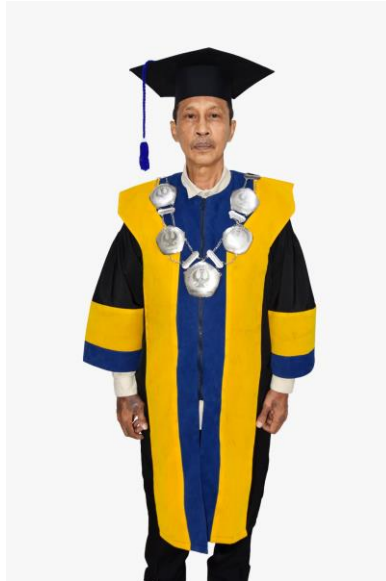
Prof.Dr. Ir, Iskandar Lapanjang, MP

sampaikan pada Orasi Ilmiah Pengukuhan Guru Besar pada Bidang Ekologi Tanaman

**UNIVERSITAS TADULAKO
PALU, 23 JANUARI 2025**

Peranan dan Manfaat Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Keberlanjutan Sumber Daya Lahan dan Ketahanan Pangan

Oleh:
Prof.Dr. Ir, Iskandar Lapanjang, MP



UNIVERSITAS TADULAKO
PALU, 23 JANUARI 2025

Bismillahirrohmanirrohim. Assalamu alaikum Wr. Wb.

Selamat pagi dan salam Sejahtera untuk kita semua

Yang terhormat, Bapak Rektor, Bapak dan Ibu Wakil Rektor Universitas Tadulako

Yang terhormat Bapak Ketua, Sekretaris & Anggota Senat Akademik Universitas Tadulako

Yang terhormat Bapak Ketua Dewan Guru Besar, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar

Yang terhormat Bapak Dekan, Direktur Pasca Sarjana, Ketua Lembaga

Yang terhormat Bapak/Ibu Kepala Biro Univ. Tadulako

Yang terhormat Para wakil dekan. Wakil Direktur, Sekretaris Lembaga

Yang terhormat Para Dosen, pegawai, Tamu Undangan, Sanak saudara, serta segenap hadirin

Yang semuanya kami Hormati

Alhamdulillah, segala puji kita panjatkan kepada Allah swt. Atas limpahan rahmat dan izin-Nya, kita dapat hadir bersama dalam acara Orasi Ilmiah Guru Besar di Universitas Tadulako pada hari ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad saw.

Pertama-tama, saya ucapkan selamat datang kepada seluruh hadirin. Semoga bapak, ibu, dan saudara-saudara sekalian senantiasa dalam keadaan sehat walafiat. Pada kesempatan orasi ilmiah hari ini, insya Allah, saya akan menyampaikan orasi dengan judul :*" Peranan dan Manfaat Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Keberlanjutan Sumber Daya Lahan dan Ketahanan Pangan "*

1. Pendahuluan

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) adalah kelompok fungi yang hidup secara simbiotik mutualisme dengan akar tanaman, dan sekitar 90 % tanaman di alam bersimbiosis dengan Mikoriza. Hal ini disebabkan FMA mampu untuk memperluas jaringan akar dan meningkatkan ketersediaan hara, air dan ketahanan dari pathogen pada tanaman. Sehingga, keberadaan FMA memiliki peranan vital dalam mendukung keberlanjutan pertanian dan ketahanan pangan, khususnya dalam meningkatkan kualitas dan produktivitas tanah (Smith & Read, 2020 ; Lapanjang I, dan Amiruddin, 2023).

FMA juga berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap berbagai stres biotik misalnya: serangan pathogen dan abiotik misalnya: kekeringan, (; Lapanjang I., dkk, 2008; Laanjang., dkk 2016 L; dan Lapanjang I., dkk, 2018). Dalam konteks perubahan iklim yang semakin tidak menentu, kemampuan FMA untuk meningkatkan ketahanan tanaman sangat relevan dalam menjaga kesinambungan sumber daya lahan yang terbatas dan tantangan ketahanan pangan (Gahoonia & Nielsen, 2020).

Penggunaan FMA dalam pertanian dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang berlebihan. Pupuk kimia sering kali menjadi penyebab degradasi tanah dan pencemaran lingkungan. Penggunaan FMA dapat meningkatkan aktivitas mikoriza di dalam tanah, akan mengakibatkan tanah menjadi lebih sehat, dan penggunaan pupuk yang lebih efisien, sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih baik.. Pemanfaatan FMA ini mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Rillig & Mummey, 2020; Lapanjang I dan Amiruddin, 2023), bahkan pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa FMA dapat merehabilitasi lahan yang terdegradasi atau lahan dengan tingkat kesuburan rendah, karena FMA mampu untuk memperbaiki struktur tanah dan siklus hara.

Mengintegrasikan penggunaan FMA dalam sistem pertanian secara luas memerlukan perhatian pada beberapa faktor, seperti pemilihan tanaman yang sesuai, pengelolaan tanah yang tepat, dan pemahaman mendalam tentang interaksi mikoriza dengan mikroorganisme tanah lainnya. Olehnya penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut tentang mikoriza

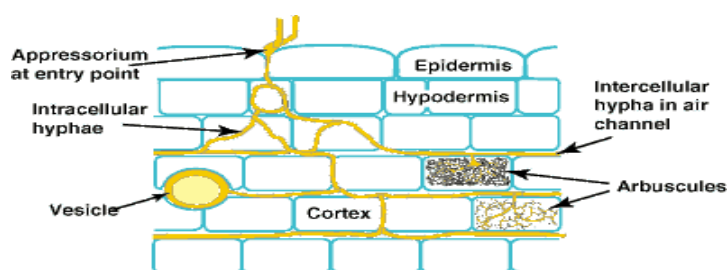
sangat penting, untuk meningkatkan keberlanjutan sumber daya lahan dan mendukung ketahanan pangan jangka panjang (Tchameni & Focheng, 2019).

2. Peranan dan Manfaat Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Keberlanjutan Sumberdaya Lahan

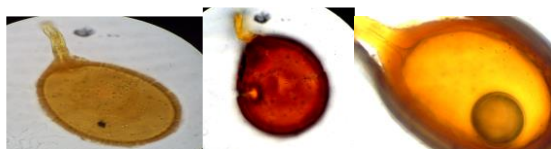
FMA adalah kelompok fungi atau jamur simbiotik yang berasosiasi dengan akar tanaman, membentuk jaringan hifa yang berkembang di dalam sel-sel akar. Fungi ini tergolong dalam ordo *Glomerales* dan memiliki kemampuan untuk membentuk struktur khusus yang disebut arbuskular, yang bermanfaat untuk pertukaran hara antara fungi dan tanaman inangnya. Dalam simbiosis ini, FMA memperoleh karbohidrat sebagai sumber energinya dari tanaman, sementara tanaman mendapatkan manfaat dari peningkatan ketersediaan hara, air dan ketahanan terhadap patogen tanah (Smith & Read, 2008).

Secara ekologi, FMA memiliki kontribusi yang signifikan dalam memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan kesehatan tanaman, serta mendukung keberagaman hayati di ekosistem pertanian dan alami. Penelitian menunjukkan bahwa FMA dapat mempengaruhi dinamika komunitas mikroorganisme tanah, dengan meningkatkan aktivitas mikroba yang mendukung proses dekomposisi bahan organik, dan berperan dalam siklus biogeokimia tanah (Bever et al., 2010). Dalam praktik pertanian, penerapan FMA melalui inokulasi dapat digunakan untuk meningkatkan hasil pertanian, pada kondisi tanah yang miskin hara.

Karakteristik utama FMA disebut arbuskular, yang merupakan struktur bercabang dan berbentuk pohon yang terbentuk di dalam sel akar tanaman inang. Selain itu, FMA memiliki hifa yang tumbuh di dalam tanah dan berinteraksi langsung dengan akar tanaman untuk meningkatkan penyerapan hara. Secara morfologis, FMA memiliki ciri khas berupa spora yang berbentuk bulat atau oval dan dapat bertahan dalam tanah selama periode yang lama. Selain itu, FMA dapat membentuk berbagai jenis jaringan hifa, baik ekstraseluler di luar sel akar maupun intraseluler di dalam sel akar tanaman. Karakteristik fisiologis dari FMA ini, membuat FMA mampu untuk tumbuh dalam lingkungan yang miskin hara, serta kemampuannya untuk memperbaiki kualitas tanah melalui pengaruhnya terhadap struktur tanah dan peningkatan biomassa mikroorganisme tanah lainnya. Untuk lebih jelas bisa dilihat gambar 1 dan 2 dibawah ini.



Gambar 1 Penampang memanjang anatomi FMA (INVAM, 2003)



Gambar 2. Spora FMA (Lapanjang I, 2010)

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa FMA juga berpotensi meningkatkan keberagaman tanaman di ekosistem alami, berkontribusi pada siklus karbon dan nitrogen, serta meningkatkan kesuburan tanah (Bonfante & Genre, 2021). Hal ini menjadikan FMA sebagai agen biologis yang penting dalam pengelolaan kesuburan tanah, terutama pada sistem pertanian berkelanjutan yang mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia (Lapanjang I. dan Amiruddin, 2023)

FMA memainkan peranan penting dalam memperbaiki ketahanan tanaman terhadap suhu ekstrem, dan kekurangan hara. Dalam hubungan simbiotik ini, FMA meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi, terutama fosfor dan unsur mikro lainnya, yang sering kali terbatas di dalam tanah (Smith & Read, 2010). Penelitian terkini menunjukkan bahwa FMA dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air oleh tanaman, sehingga tanaman dapat bertahan terhadap kekeringan (Xie et al., 2021). Fungi ini juga terbukti memodulasi respon tanaman terhadap stres salinitas dengan cara meningkatkan adaptasi fisiologis tanaman, termasuk kemampuan dalam menyerap air dan nutrisi dari tanah yang lebih dalam (Yang et al., 2017).

Salah satu mekanisme utama yang dilakukan FMA dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres adalah memperbaiki struktur tanah yang lebih baik melalui jaringan miselium mereka, yang memperbaiki porositas tanah dan mengurangi erosi. Hal ini memungkinkan tanaman untuk mengakses air dan nutrisi lebih efektif dalam kondisi tanah yang kurang menguntungkan (Nouri et al., 2014). Dalam proses ini, fungi mikoriza juga mempengaruhi struktur fisik tanah dengan meningkatkan agregasi partikel tanah, yang pada gilirannya meningkatkan drainase dan aerasi tanah (Bender et al., 2016) Selain itu, FMA juga terlibat dalam produksi senyawa pertahanan tanaman yang melindungi tanaman dari kerusakan oksidatif yang dapat terjadi selama stres suhu ekstrem (Azcón-Aguilar et al., 2018). Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa FMA dapat merangsang sintesis senyawa bioaktif dalam tanaman yang membantu meningkatkan daya tahan terhadap patogen dan herbivora (Gosling et al., 2020).

Peranan FMA dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan sangatlah signifikan, terutama dalam mengatasi masalah kekurangan air dan hara yang sering dialami dalam kondisi pertanian yang tidak ideal. Penerapan teknologi berbasis FMA di bidang pertanian dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk mendukung ketahanan pangan di masa depan, seiring dengan meningkatnya tantangan perubahan iklim (Wang et al., 2019).

Meskipun banyak manfaat yang diperoleh dari peranan FMA, efektivitas simbiosis ini sangat bergantung pada faktor lingkungan dan spesies tanaman yang terlibat. Keberadaan FMA dalam tanah dapat dipengaruhi oleh tingkat pH tanah, kelembapan, dan kandungan bahan organik. Sehingga pemahaman yang lebih dalam mengenai interaksi FMA dengan lingkungan dan tanaman akan sangat penting untuk mengoptimalkan peranannya dalam pertanian dan rehabilitasi lahan (Tedersoo et al., 2017). Penelitian lebih lanjut tentang mekanisme penyerapan hara oleh FMA akan memberikan wawasan lebih dalam mengenai potensi penerapannya dalam pertanian berkelanjutan.

Selain dapat meningkatkan kesuburan tanah, FMA juga berperan dalam pemulihan tanah yang tercemar atau terdegradasi. Mikoriza dapat memperbaiki kualitas tanah dengan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap salinitas, dan toksisitas logam berat (Gianinazzi et al., 2010). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa FMA berkontribusi dalam bioremediasi, yaitu proses pemulihan tanah dari polusi logam berat, seperti tembaga dan kadmium, melalui mekanisme pengikatan atau pemindahan logam tersebut dari tanah ke dalam jaringan akar tanaman (Zhu et al., 2016). Dengan demikian, fungi mikoriza tidak hanya berfungsi sebagai

agen pemulihan untuk tanah terdegradasi, tetapi juga sebagai pelindung dari kerusakan lebih lanjut akibat polusi tanah.

FMA memainkan peran penting dalam mendukung keanekaragaman hayati tanah dengan membentuk hubungan simbiotik dengan akar tanaman.. Melalui hubungan simbiotik ini, FMA berperan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan daya serap air, dan mempengaruhi mikroorganisme tanah lainnya, yang pada gilirannya memperkaya keanekaragaman hayati mikroba di dalam tanah (de la Peña et al., 2020). Selain itu, FMA juga berperan sebagai penghubung dalam interaksi ekosistem tanah yang lebih luas. Dengan membentuk jaringan miselium yang menyebar di bawah permukaan tanah, fungi mikoriza memperluas area penyerapan unsur hara dan air, serta membentuk "jaringan sosial" yang menghubungkan tanaman satu dengan yang lainnya. Keberadaan FMA dalam tanah dapat memperkuat interaksi antar spesies tanaman dan mikroorganisme tanah lainnya, seperti bakteri pengikat nitrogen dan jamur lain, yang saling mendukung dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem tanah. Hal ini berkontribusi pada peningkatan keragaman hayati dengan mendukung kelangsungan hidup berbagai spesies yang bergantung pada fungsi tanah yang sehat (Zhang et al., 2022).

Peran FMA dalam meningkatkan keanekaragaman hayati tanah juga terlihat pada kemampuan mereka untuk bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti tanah yang terdegradasi atau kekurangan unsur hara. FMA ini mampu beradaptasi dengan berbagai jenis tanah dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan atau salinitas tinggi. Dengan demikian, FMA tidak hanya meningkatkan kualitas tanah, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan ekosistem tanah yang sehat dan beraneka ragam. Keberagaman spesies FMA itu sendiri juga menjadi indikator penting bagi kondisi ekologis tanah, yang mencerminkan seberapa sehat suatu ekosistem tanah dalam mendukung kehidupan berbagai organisme (Smith & Read, 2020).

Penggunaan FMA dalam pertanian berkelanjutan semakin mendapat perhatian sebagai solusi untuk meningkatkan produktivitas tanah yang ramah lingkungan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami interaksi kompleks antara FMA dengan berbagai faktor lingkungan serta tanaman spesifik, agar teknologi ini dapat diterapkan secara lebih efektif dalam pemulihan dan peningkatan kualitas tanah pada skala yang lebih besar.

FMA memainkan peran penting dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan, terutama dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara tanah, dengan memperluas jaringan miselium yang menghubungkan tanaman dengan tanah, FMA membantu tanaman mengakses hara yang sulit dijangkau oleh akar tanaman secara langsung. Hal ini sangat relevan dalam konteks pertanian berkelanjutan, yang mengutamakan peningkatan produktivitas tanaman tanpa merusak keseimbangan ekosistem tanah (Bahram et al., 2021).

Selain itu, FMA membantu tanaman dalam mengatur keseimbangan air dengan memperluas area penyerapan air dan meningkatkan kemampuan tanaman untuk bertahan dalam kondisi yang kurang optimal. Penelitian oleh Smith & Read (2020) menunjukkan bahwa tanaman yang berasosiasi dengan FMA memiliki ketahanan lebih baik terhadap kekeringan dan kondisi tanah yang terdegradasi, yang menjadi salah satu tantangan besar dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan, terutama di daerah-daerah yang rawan kekeringan. Hal lain . FMA juga dapat meningkatkan stabilitas struktur tanah. Dalam konteks pengurangan erosi tanah, FMA berperan dalam memperkuat agregat tanah melalui pembentukan hifa yang mengikat partikel tanah. Hifa mikoriza membantu meningkatkan daya kohesi dan adhesi partikel tanah, yang pada gilirannya mengurangi kerentanannya terhadap erosi akibat air atau angin (Smith & Read, 2010). Penelitian juga menunjukkan

bahwa keberadaan FMA dapat memperbaiki kemampuan tanah untuk menahan air, yang mengurangi limpasan permukaan dan potensi erosi.

FMA dapat meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi, khususnya pada lahan yang terdegradasi. FMA dapat meningkatkan dan mempertahankan kelembapan serta mengurangi kerusakan struktural akibat aliran air yang kuat. Hifa FMA berfungsi sebagai jaringan penstabil tanah, yang mengikat partikel tanah dan mencegah terjadinya pengikisan lapisan atas yang subur. Sebagai contoh, penelitian oleh Bai et al. (2017) mengungkapkan bahwa aplikasi FMA pada lahan pertanian dapat menurunkan erosi permukaan hingga 25% pada musim hujan. Hal ini membuktikan bahwa FMA bukan hanya untuk pertumbuhan tanaman tetapi juga sebagai pelindung tanah dari kerusakan.

Selain itu, FMA juga berperan dalam restorasi tanah eroded. Dalam sistem pertanian yang terdegradasi (lahan kritis), FMA dapat membantu proses regenerasi tanah dengan meningkatkan retensi air, memperbaiki struktur tanah, dan memperkaya mikroflora tanah yang mendukung keseimbangan ekosistem. Penelitian oleh Chen et al. (2016) menunjukkan bahwa inokulasi dengan FMA di tanah yang terdegradasi dapat meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi dan mempercepat pemulihan kesuburan tanah. FMA memperbaiki agregasi tanah dengan membentuk jaringan hifa yang menghubungkan partikel tanah, yang pada gilirannya meningkatkan daya serap air dan mengurangi erosi. Penelitian oleh Zaidi et al. (2018) menunjukkan bahwa koloni FMA di tanah yang tercemar dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas penahan air, yang penting dalam rehabilitasi lahan terkontaminasi yang mengalami degradasi fisik. Dengan demikian, penggunaan FMA memiliki potensi besar dalam mitigasi erosi tanah, serta mendukung keberlanjutan pertanian, konservasi tanah dan proses rehabilitasi lingkungan

Pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan memerlukan pendekatan yang menjaga keseimbangan ekologis dan mendukung pemulihan ekosistem yang telah terdegradasi. Sehingga, penggunaan FMA dapat menjadi salah satu solusi dalam rehabilitasi lahan, restorasi ekosistem, dan pertanian ramah lingkungan. FMA dapat mempercepat proses pemulihan kesuburan tanah yang terdegradasi, serta mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak kualitas tanah dan air (Verbruggen et al., 2022). Oleh karena itu, FMA berperan penting dalam mendukung praktek pengelolaan sumber daya alam yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

FMA berperan penting dalam meningkatkan kualitas tanah, khususnya pada rehabilitasi lahan terkontaminasi. FMA dapat membantu tanaman untuk bertahan hidup dan tumbuh di tanah yang mengandung logam berat atau kontaminan organik. Penelitian oleh Mahmud et al. (2019) menunjukkan bahwa inokulasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah yang tercemar, dengan mekanisme mitigasi kontaminan melalui pengikatan atau penyerapan logam berat, yang membantu mengurangi dampak negatif bagi tanaman dan ekosistem.

Pemanfaatan FMA dalam rehabilitasi lahan terkontaminasi juga membuka peluang untuk pengembangan teknik bioremediasi yang lebih ramah lingkungan dan efisien. FMA memiliki potensi dalam proses fito-remediasi, yaitu penggunaan tanaman untuk menyerap atau menstabilkan kontaminan dari tanah. Penelitian oleh Roldán et al. (2020) menunjukkan bahwa dengan bantuan FMA, tanaman dapat lebih efektif dalam mengakumulasi logam berat, seperti cadmium dan timbal, yang sering kali menjadi masalah utama dalam tanah terkontaminasi. Oleh karena itu, penerapan mikoriza arbuskular dalam rehabilitasi lahan tidak hanya memberikan solusi terhadap masalah pertumbuhan tanaman, tetapi juga berkontribusi pada pemulihan ekosistem yang lebih luas.

FMA memiliki peran penting dalam meningkatkan produksi tanaman secara ramah lingkungan. Hal ini sesuai hasil penelitian yang dilakukan oleh Smith dan Read (2010)

menunjukkan bahwa FMA dapat meningkatkan ketersediaan fosfor, yang sangat penting untuk proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Dalam sistem pertanian ramah lingkungan, FMA berperan penting untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Dengan meningkatkan penyerapan nutrisi secara alami, penggunaan FMA mendukung pertanian berkelanjutan yang lebih ramah terhadap alam (Bárzana et al., 2020).

Manfaat lainnya dari FMA adalah kemampuannya pertanian organik atau sistem agroekologi juga dapat meningkatkan struktur tanah dengan meningkatkan kegiatan mikroba tanah, yang pada gilirannya meningkatkan kesuburan tanah dan keberlanjutan ekosistem pertanian (Jiang et al., 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2019) juga menunjukkan bahwa penggunaan FMA dalam tanah yang terdegradasi dapat memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan hasil panen dengan cara yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan metode konvensional.

Keunggulan lainnya, FMA dapat mengurangi tekanan patogen tanah dengan memodulasi komposisi mikroba tanah melalui mekanisme kompetisi atau penghalangan. Sebagai contoh, penelitian oleh Martínez-García et al. (2020) mengungkapkan bahwa FMA dapat menurunkan jumlah patogen tanaman tertentu, sehingga mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia. Selain itu, pemanfaatan FMA sebagai bagian dari praktik pertanian yang berkelanjutan dapat memperbaiki siklus nutrisi dan menjaga keseimbangan ekosistem tanah, yang sangat mendukung ketahanan jangka panjang dalam produksi tanaman. Hal ini memberikan solusi yang efisien dan ramah lingkungan dalam menghadapi tantangan pertanian global yang terus berkembang (Wang et al., 2018).

3. Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Ketahanan Pangan

FMA merupakan salah satu kelompok fungi yang memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan pangan. Hal ini dikarenakan, FMA dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kualitas tanah melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah. Penelitian oleh Nouri et al. (2020) menunjukkan bahwa tanaman yang diinokulasi dengan mikoriza arbuskular dapat tumbuh lebih baik meski dalam kondisi tanah yang kurang subur. Hal ini berpotensi meningkatkan hasil pertanian dan mendukung ketahanan pangan.

Selain itu, FMA juga berperan dalam meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit dan hama. Mikoriza arbuskular menghasilkan senyawa yang dapat memperkuat sistem pertahanan tanaman, seperti produksi senyawa penghambat patogen. Studi oleh Jansa et al. (2019) mengungkapkan bahwa inokulasi FMA pada tanaman jagung meningkatkan ketahanannya terhadap patogen tanah seperti *Fusarium* dan *Rhizoctonia*. Dengan demikian, penggunaan mikoriza arbuskular dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan meningkatkan keberlanjutan pertanian. Dalam jangka panjang, aplikasi FMA dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan kimia yang berlebihan, sehingga mendukung keberlanjutan sistem pertanian.

Penerapan FMA dalam sistem pertanian tidak hanya bermanfaat untuk peningkatan hasil pertanian, tetapi juga dapat meningkatkan ketahanan pangan pada skala lebih luas dengan cara yang ramah lingkungan. Beberapa penelitian terbaru, seperti yang dilakukan oleh Govindaraj et al. (2021), menunjukkan bahwa penggunaan FMA dalam pertanian dapat memperbaiki kualitas tanah secara berkelanjutan, meningkatkan hasil tanaman, dan mengurangi kerusakan ekosistem akibat konversi lahan. Oleh karena itu, integrasi FMA dalam sistem pertanian modern harus dipertimbangkan sebagai solusi jangka panjang untuk

menghadapi tantangan ketahanan pangan global, terutama dalam menghadapi perubahan iklim dan degradasi lahan.

Peranan FMA dalam peningkatan hasil tanaman telah terbukti signifikan dalam berbagai penelitian. Studi oleh Smith dan Read (2010) menunjukkan bahwa mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara memperbaiki keseimbangan hara di dalam tanah dan meningkatkan daya tahan terhadap stres lingkungan. Hal ini dikarenakan, FMA dapat membantu tanaman untuk mendapatkan nutrisi, terutama fosfor, yang sulit diserap langsung dari tanah. Melalui struktur mikoriza, FMA ini memperluas area penyerapan akar, meningkatkan ketersediaan air dan mineral bagi tanaman, serta memperbaiki struktur tanah. Hal ini membuat tanaman lebih mampu bertahan di tanah yang suboptimal atau kurang bergizi.

Selain itu, FMA juga berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen dan perubahan iklim. Dalam penelitian oleh Hijri et al. (2019), ditemukan bahwa FMA dapat mengurangi dampak negatif dari kekeringan dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman. Fungi mikoriza juga meningkatkan kemampuan tanaman untuk bertahan terhadap infeksi patogen tanah, seperti bakteri dan jamur patogen, dengan cara bersaing atau mengaktifkan pertahanan tanaman. Efek simbiotik ini tidak hanya meningkatkan hasil tanaman dalam kondisi normal, tetapi juga memperkuat ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik.

Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa penggunaan FMA dalam sistem pertanian berkelanjutan dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan pestisida. Hal ini dikarenakan, dengan pemberian inokulum FMA ke dalam tanah dapat mengurangi kebutuhan untuk aplikasi pupuk fosfat sintetis, yang tidak hanya lebih ramah lingkungan, tetapi juga dapat mengurangi biaya produksi bagi petani. Menurut penelitian oleh Zhang et al. (2022), penggunaan FMA dapat meningkatkan hasil pertanian hingga 30% pada beberapa jenis tanaman pangan, tanpa perlu mengorbankan kualitas atau keberagaman hayati tanah. Oleh karena itu, pemanfaatan FMA dalam sistem pertanian menjadi solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas pertanian yang berkelanjutan.

FMA memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas pangan, baik dari segi kuantitas maupun nilai gizi tanaman. FMA membentuk hubungan simbiotik dengan akar tanaman yang membantu memperbaiki penyerapan nutrisi penting seperti fosfor, nitrogen, dan unsur mikro lainnya (Smith & Read, 2008). Dengan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, FMA berkontribusi pada pertumbuhan yang lebih baik dan hasil panen yang lebih tinggi. Selain itu, FMA juga membantu dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan seperti kekeringan dan penyakit tanah (van der Heijden et al., 2015). Penelitian oleh Sieverding (2010) menunjukkan bahwa penggunaan inokulan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan hasil pertanian dan kualitas tanaman pangan dalam kondisi tanah yang kurang subur.

Kualitas pangan tidak hanya tergantung pada kuantitas hasil panen, tetapi juga pada kandungan gizi yang terdapat dalam tanaman. FMA memiliki pengaruh signifikan terhadap komposisi kimia tanaman, termasuk peningkatan kandungan protein, karbohidrat, dan mineral (Gianinazzi et al., 2010). Sebagai contoh, penelitian oleh Khaosaad et al. (2016) menunjukkan bahwa tanaman tomat yang diinokulasi dengan FMA memiliki kandungan mineral yang lebih tinggi, seperti kalium dan magnesium, dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi. Hal ini menunjukkan bahwa FMA berkontribusi tidak hanya pada kuantitas hasil pertanian tetapi juga pada kualitas gizi yang terkandung dalam tanaman pangan, yang dapat meningkatkan ketahanan pangan masyarakat.

Penggunaan fungi mikoriza arbuskular dalam praktik pertanian berkelanjutan juga dapat mendukung keamanan pangan jangka panjang. Dengan meningkatkan efisiensi

penggunaan pupuk dan air, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, FMA membantu mengurangi ketergantungan pada bahan kimia dan pupuk sintesis yang sering kali memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Bender et al., 2015). Oleh karena itu, penerapan teknologi mikoriza dalam sistem pertanian berkelanjutan dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas pangan, dengan tetap menjaga keberlanjutan

4. Penerapan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Dalam Pertanian

Dalam praktik pertanian, penerapan FMA sebagai biofertilizer telah menjadi perhatian utama karena kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan hara, meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan, dan memperbaiki struktur tanah. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan FMA dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, yang pada gilirannya dapat mengurangi polusi lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian (Smith et al., 2018).

Teknik penerapan FMA dalam pertanian dilakukan dengan berbagai cara, mulai dari inokulasi langsung jamur mikoriza ke dalam tanah atau melalui perawatan bibit dengan inokulum FMA. Salah satu pendekatan yang efektif adalah dengan memperkenalkan inokulum mikoriza ke dalam media tanam atau tanah sebelum proses penanaman, yang dapat meningkatkan kolonisasi akar tanaman dan mempercepat interaksi simbiotik. Selain itu, riset juga menunjukkan pentingnya pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan tipe FMA tertentu, karena keberhasilan inokulasi sangat bergantung pada spesies jamur dan tanaman yang digunakan (Liu et al., 2020). Oleh karena itu, dalam penerapannya di lapangan, pemilihan inokulum yang tepat sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal.

Keunggulan lain dari penerapan FMA adalah dalam memperbaiki keseimbangan mikroflora tanah, yang dapat meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit (Gianinazzi et al., 2019). Seiring dengan peningkatan kesadaran akan pentingnya pertanian berkelanjutan, pemanfaatan FMA diharapkan dapat menjadi salah satu solusi dalam menciptakan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

FMA memiliki potensi besar dalam mendukung keberlanjutan pertanian di Indonesia dengan meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki penyerapan nutrisi tanaman, serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia. Namun, penerapannya di lapangan masih menghadapi sejumlah tantangan dan kendala. Salah satu masalah utama adalah kurangnya pemahaman yang mendalam tentang mikroorganisme ini di kalangan petani dan pelaku pertanian. Sebagian besar petani di Indonesia belum terbiasa dengan konsep mikoriza dan manfaatnya, serta belum teredukasi mengenai teknik aplikasi yang tepat. Hal ini berimbas pada rendahnya adopsi teknologi mikoriza dalam sistem pertanian tradisional dan modern (Wiryawan et al., 2022).

Kendala lain terkait dengan kualitas dan ketersediaan inokulum mikoriza yang terbatas. Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan efisiensi FMA dalam meningkatkan hasil pertanian, masih sedikit produsen yang memproduksi inokulum dengan kualitas yang standar dan harga yang terjangkau. Proses produksi inokulum yang tidak terstandarisasi dan sulitnya pengendalian kualitas menjadikan mikoriza sulit diakses oleh sebagian besar petani, terutama di daerah-daerah terpencil. Selain itu, faktor lingkungan seperti pH tanah, kelembaban, serta komposisi unsur hara juga dapat mempengaruhi efektivitas mikoriza. Sebuah penelitian oleh Setiawan et al. (2021) menunjukkan bahwa kondisi tanah di beberapa wilayah Indonesia yang asam atau rendah unsur hara tidak selalu mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikoriza.

Selain itu, terdapat kendala dalam integrasi teknologi mikoriza ke dalam sistem pertanian yang sudah ada. Banyak petani yang terbiasa menggunakan praktik pertanian

konvensional yang lebih mengandalkan pemupukan kimia dan pengendalian hama dengan bahan kimia, sehingga sulit untuk meyakinkan mereka mengenai keuntungan jangka panjang penggunaan FMA. Penelitian oleh Nugroho et al. (2023) mengungkapkan bahwa perubahan kebiasaan bertani, yang mencakup pengurangan penggunaan bahan kimia dan adopsi mikoriza, memerlukan waktu dan penyuluhan yang berkesinambungan. Oleh karena itu, untuk mengatasi kendala-kendala ini, diperlukan kerja sama antara lembaga penelitian, pemerintah, dan masyarakat petani dalam rangka edukasi, penyediaan inokulum berkualitas, serta penyusunan kebijakan yang mendukung penggunaan mikoriza di sektor pertanian.

5. Kesimpulan

FMA dapat berperan dan bermanfaat dalam keberlanjutan sumber daya lahan baik berperan dalam memperbaiki atau memulihkan lahan lahan kritis karena erosi, kurang subur, kekeringan, pemulihan tanah dari polusi logam berat (bioremediasi), peningkatan ketahanan dari lingkungan salinitas, peningkatan dayatahan tanaman pada suhu tinggi, dan meningkatkan sumberdaya hayati

FMA dapat berpengaruh dalam keberlanjutan ketahanan pangan, karena dapat membantu tanaman dalam ketersediaan hara dan air yang lebih baik dibandingkan dengan yang tidak menggunakan FMA, sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman akan lebih baik

Masih ada beberapa kendala dalam penerapan teknologi FMA pada tanaman, seperti: Masih banyak petani yang kurang paham tentang penerapan dan manfaat FMA, masih kurangnya tersedia inokulum yang berkualitas dengan harga yang cukup murah bagi kebanyakan petani, dan masih banyak petani yang masih belum mau berubah dari cara bertani dengan model konvensional, yaitu masih menggunakan pupuk dan peptiosioda kimia

Ucapan Terima Kasih

Rasa syukur yang mendalam saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas izin dan kehendak-Nya, segala hal yang terjadi dapat terwujud. Pada momen istimewa ini, izinkan saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Pimpinan Kemenristekdikti yang mempercayakan amanah jabatan Guru Besar kepada saya sejak 1 Desember 2024.

Bapak Rektor Universitas Tadulako, Wakil Rektor, Kepala Biro, Kepala dan Sekretaris Lembaga, Dekan, Direktur Pascasarjana, Wakil Dekan, wakil direktur, Ketua dan sekretaris Jurusan, koordinator Prodi dan semua yang telah mendukung proses dan pengusulan jabatan ini.

Di hari yang membahagiakan ini, saya juga ingin menghaturkan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada kedua orang tua tercinta, almarhum ayahanda Mohammad Sairun Lapanjang, dan almarhumah ibunda Titiiek Soeranti, yang meski tidak hadir karena telah berpulang ke rahmatullah, namun selalu mengajarkan saya untuk mengemban tanggung jawab dengan penuh ketulusan, bekerja dengan rendah hati, jujur dan menjalani hidup dengan kesederhanaan. Tak lupa terima kasih juga saya sampaikan kepada almarhum ayah mertua Bapak Bakri Yunus, dan ibu mertua Hj. Nurmiati. Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat bagi mereka semua. Aamiin.

Kepada istri tercinta, Nurmiati, SKP, yang telah menemani dalam suka dan duka selama 33 tahun, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan yang mendalam. Ia selalu mengingatkan untuk menjaga kewajiban, meski di tengah kesibukan, dan dengan penuh

perhatian menyiapkan kebutuhan saya sebelum bekerja. Terima kasih juga untuk anak-anak kami, dr. Atitah Pratiwi (Residen Psikiatri di UNHAS) anak pertama dan anak mantu dr. Irvan Ananto (Residen Radiologi UNPAD) Faikah Dyah Utami, S.Farm., M.Farm. Apt anak kedua, serta kedua cucu tersayang Mohammad Jidan Ramahan dan Mohamad Julhani Al Akbar yang selalu menjadi motivasi dalam berkarya. Kepada saudara-saudaraku, Mohayati Lapanjang, Muharti Setiawati Lapanjang, B,Sc(Almarhumah), Marlina Lapanjang, SH (Alamrhumah). Lattersa Lapanjang SE, Urip Putranto Lapanjang, SH.MH., Erwin Hendarwin Lapanjang (almarhum) saya ucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan moril maupun material.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Prof.Dr.Ir. Bambang Purwoko, M.Sc., Prof. Dr. Ir, Sri Wilarso Budi R.,MS., Dr,Ir,Haryadi, MS., Dr. Ir. Maya Melati, MS.M.Sc., Dr. Ir, Djokjo Prayitno dan Ir, Siti Kabirun., Ir. Amien Ishak, M.Sc dan Ir. Abu Laddong. tidak hanya membimbing studi saya baik di S3, S2 dan S1, namun juga memberikan pelajaran berharga tentang komitmen dan ketulusan dalam penelitian.

Terima kasih pula saya sampaikan ke Ir. Natsir Abas, selaku dosen wali saat kuliah di S1. Saya menghaturkan terima kasih yang tak terhingga kepada para guru, guru besar, rekan-rekan dosen dan tenaga kependidikan, mahasiswa bimbingan di Fakultas Pertanian, serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah bekerja sama dalam berbagai kegiatan.

Saya menyadari bahwa keberhasilan ini adalah hasil kolaborasi banyak pihak. Semoga setiap kebaikan dan manfaat dari inovasi ini menjadi amal jariyah yang pahalanya terus mengalir untuk kita semua.

Aamiin ya rabbal'amin

Daftar Pustaka

- Azcón-Aguilar, C., et al. (2018). "Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Stress Resistance: A Functional Overview." *Journal of Plant Biology*, 61(1), 1-8.
- Bahram, M., et al. (2021). *Fungal networks: Contributions to ecosystem functioning*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 635.
- Bai, Y., et al. (2017). *The role of arbuscular mycorrhizal fungi in reducing soil erosion in agricultural systems*. *Soil Biology and Biochemistry*, 109, 104-112.
- Bárzana, G., et al. (2020). *Mycorrhizal Fungi in Agroecosystems: A Review of Ecological and Agronomic Benefits*. *Agricultural Systems*, 180, 102769.
- Bender, S. F., Wagg, C., & van der Heijden, M. G. A. (2016). An Underground Revolution: Mycorrhizal Fungi as Drivers of Plant Biodiversity and Ecosystem Functioning in Agro-Ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(8), 559-567.
- Bever, J. D., et al. (2010). "Root-mediated interactions between plants and fungi: Implications for sustainable agriculture." *Agricultural Systems*, 103(3), 234-242.
- Bonfante, P., & Genre, A. (2021). "Mechanisms of Symbiosis in Arbuscular Mycorrhizal Fungi." *Annual Review of Phytopathology*, 59, 223-240.
- Chen, L., et al. (2016). *Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation enhances soil quality and reduces erosion in degraded lands*. *Land Degradation & Development*, 27(7), 1783-1790.
- De la Peña, E. L., Gil, J. V., & Nájera, R. (2020). Mycorrhizal fungi in soil: Their contribution to soil biodiversity and ecosystem services. *Soil Biology & Biochemistry*, 144, 107741. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107741>
- Gianinazzi, S., Vosátka, M., & Laugé, J. (2010). *Mycorrhiza: Symbiotic Relationships Between Fungi and Plants*. *Springer Science & Business Media*.

- Gosling, P., et al. (2020). "Mycorrhizal Fungi in Agriculture: The Way Forward." *Soil Biology and Biochemistry*, 145, 107777
- Govindaraj, R., Junaid, M. K., & Muthukumar, T. (2021). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in enhancing soil quality and agricultural sustainability. *Mycorrhiza*, 31(1), 1-13.
- Hijri, M., et al. (2019). *Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Role in Agriculture*. Springer.
- Jansa, J., Kolar, J., & Gorka, M. (2019). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant-pathogen interactions and biocontrol of soilborne diseases. *Frontiers in Plant Science*, 10, 707.
- Jiang, Y., et al. (2017). *Mycorrhizal Fungi Improve Soil Fertility and Plant Growth in Agroecosystems*. Environmental Science and Pollution Research, 24(9), 8164-8174.
- Lapanjang, I., Lapanjang, I., Purwoko, B.S., Hariyadi, Wilarso S.B., dan Melati, M., 2010 *Morfologi dan hasil berbagai provenan jarak pagar (jatropha curcas L) pada cekaman kekeringan dan asosiasinya dengan fungi mikoriza arbuskular*. Disertasi, IPB.
- Lapanjang, I., Purwoko, B.S., Hariyadi, Wilarso S.B., dan Melati, M., 2011. *Efektivitas mikoriza arbuskular dengan provenan jarak pagar pada cekaman kekeringan*. Agrotropika (16(1): 29-37, Januari- Juni.
- Lapanjang, I., E. Zakaria, N. Edy, and HN Barus, 2023. *Effectiveness of multiple culture of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from the rhizosphere of cocoa on host plant pueraria javanica*. IOP Conference Series: Earth and Environment Science. doi: 10.1088/1755-1315/1253/1/012032
- Lapanjang, I., dan Amirudin, 2023. *Productivity of lembah palu local shallot (Allium cepa L. Var Aggregatum) from organic cultivation*. Malaysian Applied Biology 52(3):49-58
- Mahmud, T., et al. (2019). "Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and metal uptake in contaminated soils." *Environmental Pollution*, 255, 113-121.
- Martínez-García, P. J., et al. (2020). *Impact of Mycorrhizal Fungi on Plant Health and Growth under Stress Conditions*. Plants, 9(3), 379.
- Nouri, E., Khoshkhui, M., & Kahromi, S. (2020). Mycorrhizal fungi in improving soil fertility and plant growth: A sustainable approach. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(5), 47.
- Nugroho, R., Prabowo, A., & Widodo, R. (2023). *Integrasi Fungi Mikoriza Arbuskular dalam Sistem Pertanian Organik di Indonesia*. Agrivita, 40(2), 105-117.
- Rillig, M. C., & Mummey, D. L. (2020). Mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Agronomy*, 10(4), 617-630.
- Roldán, A., et al. (2020). "Arbuscular mycorrhizal fungi and their role in phytoremediation of heavy metals." *Microorganisms*, 8(9), 1423.
- Setiawan, D., Rizki, M., & Alamsyah, S. (2021). *Pengaruh Kondisi Tanah terhadap Pertumbuhan Fungi Mikoriza Arbuskular di Indonesia*. Jurnal Ekologi Tropika, 25(1), 45-59.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2020). *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. Academic Press
- Sieverding, E. (2010). *Arbuscular mycorrhizal fungi: Functional concepts and applications*. Springer Science & Business Media.

- Tchameni, P. T., & Focheng, A. (2019). Mycorrhizal inoculation and its role in improving agricultural productivity in tropical regions. *Journal of Applied Microbiology*, 127(5), 1431-1442.
- Tedersoo, L., Bahram, M., & Polme, S. (2017). How mycorrhizal fungi shape plant communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(2), 88-98.
- Van der Heijden, M. G., Martin, F. M., Selosse, M. A., & Sanders, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: The past, the present, and the future. *New Phytologist*, 205(4), 1406-1423.
- Verbruggen, E., et al. (2022). *Fungal biodiversity and its contribution to ecosystem services*. *Fungal Diversity*, 50(2), 307-322.
- Wang, Y., et al. (2018). *Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Microbial Diversity and Plant Growth*. *Microorganisms*, 6(2), 49.
- Wang, L., et al. (2019). "The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Improving Drought Stress Resistance in Plants." *Applied Soil Ecology*, 140, 34-42.
- Xie, Y., et al. (2021). "Mycorrhiza as a Tool to Enhance Plant Drought Tolerance: A Review." *Agronomy for Sustainable Development*, 41(2), 17.
- Yang, Y., et al. (2017). "Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Salt Tolerance in Plants: A Review." *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 107-113.
- Zaidi, A., et al. (2018). "Role of arbuscular mycorrhizal fungi in amelioration of soil physical properties in contaminated environments." *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(3), 598-608.
- Zhang, Z., et al. (2019). *The Role of Mycorrhizal Fungi in the Restoration of Degraded Soils*. *Science of the Total Environment*, 651, 1767-1777.
- Zhang, Y., et al. (2022). "Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil microorganisms." *Microorganisms*, 10(5), 1034.
- Zhao, Z., & Zhang, X. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi and soil microbial community interactions in agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 163, 103842.
- Zhu, Y., & Liao, Y. (2016). Mycorrhizal Fungi for Environmental Remediation: Mechanisms and Applications. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(1), 21-29.

