

EFEK FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN BIOCHAR DALAM MENINGKATKAN PERTUMBUHAN TANAMAN KUSAMBI PADA LAHAN SEMI-ARID

Synergistic Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Biochar on the Growth of Kusambi Plants in Semi-Arid Lands

¹*Magdalena Sunarty Pareira, ²Kristina Irnasari Naikofi

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian Sains Dan Kesehatan, Universitas Timor

*e-mail : mitha.pareira89@gmail.com

ABSTRAK

Lahan semi-arid di Kabupaten Timor Tengah Utara, Nusa Tenggara Timur, banyak memiliki keterbatasan yakni rendahnya ketersediaan air, unsur hara, dan aktivitas mikroorganisme tanah yang berdampak pada rendahnya pertumbuhan tanaman kusambi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian fungi mikoriza arbuskula dan biochar terhadap pertumbuhan tanaman kusambi (*Schleichera oleosa*) pada kondisi lahan kering. Penelitian dilakukan selama delapan bulan dengan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu fungi mikoriza arbuskula (0, 25, dan 50 g per tanaman) dan biochar (0, 10, dan 20 ton per hektar) dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat kering tanaman, dan panjang akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan pemberian fungi mikoriza arbuskula dan biochar secara nyata meningkatkan seluruh parameter pertumbuhan tanaman dibandingkan tanpa perlakuan. Kombinasi perlakuan dosis tertinggi menghasilkan pertumbuhan terbaik dengan tinggi tanaman mencapai 43,63 cm, jumlah daun 42,33 helai, diameter batang 10,76 mm, berat kering 35,40 g, dan panjang akar 43,33 cm. Peningkatan pertumbuhan tersebut terjadi akibat perbaikan sifat tanah, peningkatan ketersediaan hara, serta efisiensi penyerapan air oleh tanaman. Dengan demikian, penggunaan fungi mikoriza arbuskula dan biochar secara terpadu efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kusambi pada lahan semi-arid dan berpotensi sebagai strategi pengelolaan lahan kering yang berkelanjutan.

Kata kunci: Biochar, Kusambi, Lahan Kering, Mikoriza, Pertumbuhan Tanaman

ABSTRACT

Semi-arid lands in North Central Timor Regency, East Nusa Tenggara, face major constraints, including low water availability, limited soil nutrients, and reduced microbial activity, all of which hinder plant growth. This study aimed to evaluate the effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and biochar application on the growth of kusambi (*Schleichera oleosa*) under dryland conditions. The research was conducted over eight months using a completely randomized factorial design with two factors: AMF dosage (0, 25, and 50 g per plant) and biochar application (0, 10, and 20 tons per hectare), each with three replications. Observed parameters included plant height, number of leaves, stem diameter, plant dry weight, and root length. The results showed that the application of AMF and biochar significantly improved all plant growth parameters compared to the control treatment. The highest combination of both treatments resulted in the best growth performance, with plant height reaching 43.63 cm, 42.33 leaves, stem diameter of 10.76 mm, plant dry weight of 35.40 g, and root length of 43.33 cm. This improvement is attributed to enhanced soil physical and chemical properties, increased nutrient availability, and improved water uptake efficiency through mycorrhizal symbiosis. In conclusion, the integrated use of arbuscular mycorrhizal fungi and biochar is effective in enhancing the growth of kusambi plants in semi-arid lands. This approach has strong potential as a sustainable and environmentally friendly strategy for dryland management.

PENDAHULUAN

Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) merupakan salah satu wilayah di Nusa Tenggara Timur (NTT) yang memiliki karakter lahan semi-arid dengan musim kemarau yang cukup panjang, curah hujan rendah, dan intensitas cekaman kekeringan yang tinggi. Kondisi tersebut berdampak negatif terhadap sifat fisik dan kimia tanah, termasuk rendahnya kadar air tanah, ketersediaan hara yang rendah, serta menurunnya aktivitas mikroorganisme tanah yang penting bagi pertumbuhan

(Pareira, 2025) tanaman (Pareira et al., 2023). Dalam kondisi seperti ini, produktivitas tanaman agroforestri menjadi terbatas, sehingga diperlukan pendekatan pengelolaan tanah yang adaptif dan berkelanjutan untuk mendukung produksi tanaman di kawasan semi-arid.

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) adalah kelompok jamur tanah yang menjalin hubungan simbiosis mutualistik dengan akar tanaman, yang dapat memperluas area penyerapan air dan unsur hara, terutama fosfor (P), sehingga meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres

abiotik seperti kekeringan dan cekaman mineral. FMA berasosiasi mutualisme dengan sebagian besar tanaman, dimana FMA memperoleh karbon dari tanaman dan tanaman menerima perbekalan unsur hara terutama fosfor (P), Nitrogen (N), dan air dari FMA (Pareira, 2025). Prinsip kerja mikoriza adalah dapat menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang berkolonisasi mikoriza akan mampu meningkatkan kapasitas dalam penyerapan hara, serta mampu hidup dan tumbuh dilahan kering (Pareira, et al.,2019).

Biochar merupakan produk pirolisis biomassa yang kaya karbon stabil, dapat meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, menstabilkan pH, serta memperbaiki ketersediaan unsur hara (Biederman, L. A. et al.,2019). Biochar berperan memperbaiki kapasitas tukar kation dan retensi air (Pareira et al.,2025), memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan aktivitas mikroba. Hal ini berpotensi membantu tanaman bertahan lebih baik dalam kondisi kekeringan (Seran, M., & Pareira, 2025) dan mampu menciptakan kondisi yang mendukung proliferasi mikroorganisme tanah dan memfasilitasi kolonisasi FMA pada sistem perakaran tanaman.

Interaksi antara kedua perlakuan FMA dan biochar berpotensi memberikan efek sinergis dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi cekaman lahan kering dengan memperbaiki serapan hara, efisiensi air, dan adaptasi fisiologi tanaman. Namun, masih sedikit penelitian yang fokus pada penerapan kedua perlakuan ini terhadap tanaman kusambi (*Schleichera oleosa*), yang merupakan spesies tahan kering dengan nilai ekonomi dan ekologis tinggi di wilayah semi-arid seperti TTU. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh FMA dan biochar, baik secara tunggal maupun interaksinya, terhadap pertumbuhan awal tanaman kusambi pada lahan semi-arid di Kabupaten TTU, sebagai dasar pengembangan teknologi agroforestri tangguh terhadap perubahan iklim.

METODOLOGI

Waktu Dan Lokasi

Penelitian dilakukan selama 8 bulan (Juli 2025 sampai Februari 2026), dilahan percobaan BTN Desa Naiola Kecamatan Bikomi Selatan Kabupaten Timor Tengah Utara.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian polybag, parang,sekop,tanah,FMA lokal, biochar,pengaris, camera.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial 3x3 dengan dua faktor perlakuan yakni : faktor pertama fungi mikoriza arbuskula : M0 (tanpa FMA), M1 (FMA 25 g/tanaman) dan M2 : (FMA 50 g/tanaman). Faktor kedua : biochar, B0 (tanpa biochar), B1(biochar 10 ton/ha) dan B2 (biochar 20 ton/ha). Dengan 9 kombinasi perlakuan, masing-masing diulang sebanyak 3 kelompok, sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas satu tanaman kusambi.

Analisis Data

Analisis data sidik ragam pada tingkat kepercayaan 95% sesuai model rancangan acak lengkap (Mattjik dan Sumertajaya 2013). Uji lanjut menggunakan duncan multiple range test (DMRT) pada taraf 5% dilakukan jika hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata.

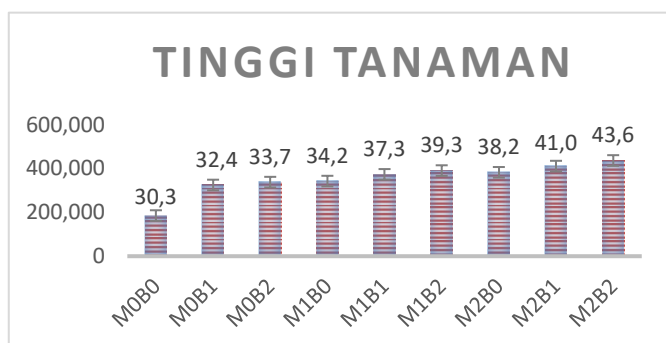
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman (cm)

Perlakuan kombinasi FMA dan biochar secara nyata menghasilkan tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada pegamatan akhir 24 mst. Perlakuan kombinasi FMA 50 g/tanaman + biochar 20 ton/ha, menghasilkan nilai rata-rata tertinggi yaitu 43,63, yang berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya. Hal ini, menunjukkan bahwa dengan pemberian FMA yang dikombinasikan dengan biochar mampu memberikan kondisi tumbuh yang paling optimal bagi tanaman kusambi dilahan kering. Perlakuan M0B0 (kontrol) menghasilkan nilai terendah yaitu 18,53, yang berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Kondisi ini, mengindikasikan bahwa pada kondisi lahan semi-arid tanpa intervensi sangat membatasi pertumbuhan tanaman kusambi. Pemberian FMA terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal ini karena FMA mampu memperluas daerah serapan akar melalui hifa eksternal, sehingga meningkatkan penyerapan unsur hara terutama fosfor (P) yang berperan dalam pembentukan

adenosin trifosfat yang penting untuk energi seluler dan fotosintesis (Pareira, 2025), serta air yang sangat terbatas pada lahan semi-arid. Semakin tinggi dosis FMA (M2), semakin besar kontribusinya terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman. Biochar juga memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman kusambi. Pemberian biochar (B2 = 20 ton/ha) mampu memperbaiki sifat fisik tanah seperti porositas dan kapasitas menahan air, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara. Ini sangat penting pada lahan semi-arid yang umumnya memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi yang bersifat sinergis antara kedua perlakuan FMA dan biochar. Kombinasi M2B2 menghasilkan pertumbuhan terbaik, yang menunjukkan bahwa biochar menyediakan lingkungan tanah yang mendukung perkembangan FMA, sementara FMA meningkatkan efisiensi serapan hara dari tanah yang telah diperbaiki oleh biochar. Sebaliknya, tanpa kedua perlakuan (M0B0), pertumbuhan tanaman sangat rendah karena keterbatasan air, bahan organik, dan aktivitas mikroorganisme tanah. Pada kondisi lahan semi-arid seperti di NTT, keterbatasan air dan kesuburan tanah menjadi

sedangkan tanaman tanpa FMA (M0) menunjukkan jumlah daun yang lebih rendah dibandingkan perlakuan M1 (25 g/tanaman) dan M2 (50 g/tanaman). Hal ini diduga karena FMA dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, khususnya fosfor (P), melalui perluasan jaringan hifa di dalam tanah (Smith SE dan Read D, 2008). FMA juga mengandung unsur hara makro dan mikro seperti nitrogen, fosfor, kalium, magnesium dan kalsium (Pareira, 2025), FMA memiliki kecenderungan dapat meningkatkan kandungan hormon sitokinin dan auksin pada tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selain itu, FMA juga berperan dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan yang umum terjadi pada lahan semi-arid. Pemberian biochar juga memberikan pengaruh yang positif terhadap jumlah daun. Pada setiap taraf FMA, peningkatan dosis biochar dari 0 hingga 20 ton/ha diikuti oleh peningkatan jumlah daun. Biochar diketahui mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, termasuk meningkatkan kapasitas tukar kation, retensi air, serta ketersediaan unsur hara (Lehmann dan Joseph, 2015). Selain itu, biochar juga dapat meningkatkan kesuburan tanah pada lahan terdegradasi dan lahan kering (Glaser et al., 2002). Kondisi ini memungkinkan tanaman memperoleh lingkungan tumbuh yang lebih baik sehingga mendukung pembentukan daun yang lebih banyak. Kombinasi perlakuan M2B2 menghasilkan jumlah daun tertinggi (42,33helai), sedangkan perlakuan kontrol menghasilkan jumlah daun terendah (10,33 helai). kondisi ini menunjukkan adanya efek sinergis antara FMA dan biochar. Biochar dapat menyediakan habitat yang sesuai bagi mikroorganisme tanah, termasuk FMA, sehingga meningkatkan kolonisasi akar dan efektivitas simbiosis (Warnock et al., 2007). Dalam kondisi tersebut, penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman menjadi lebih efisien, yang pada akhirnya meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Peningkatan jumlah daun merupakan indikator penting dalam pertumbuhan vegetatif karena berkaitan erat dengan kapasitas fotosintesis tanaman. Semakin tinggi jumlah daun, maka semakin besar kemampuan tanaman dalam menghasilkan fotosintat yang diperlukan untuk



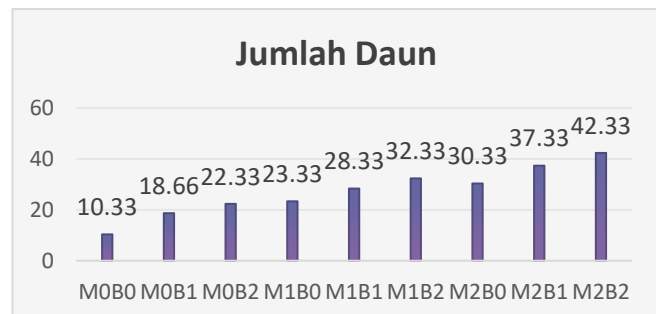
kendala utama.

Gambar 1. Tinggi tanaman kusambi 24 mst

Jumlah Daun (Helai)

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi FMA dan biochar secara signifikan meningkatkan pertambahan jumlah daun tanaman kusambi pada lahan semi-arid. Pertambahan jumlah daun terlihat dengan meningkatnya dosis FMA dan biochar, baik secara tunggal maupun kombinasi. Secara tunggal, faktor FMA berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah daun,

pertumbuhan dan perkembangan. Dalam kondisi lahan semi-arid yang memiliki keterbatasan air dan kesuburan tanah, kombinasi FMA dan biochar terbukti mampu meningkatkan performa pertumbuhan tanaman kusambi secara signifikan.

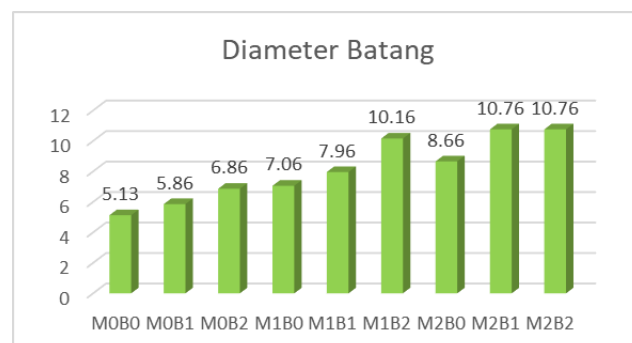


Gambar 2 Jumlah daun kusambi 24 mst

Diameter Batang (mm)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi FMA dan biochar mampu meningkatkan diameter batang tanaman kusambi pada lahan semi-arid. Tren peningkatan terlihat dengan kenaikan dosis kedua perlakuan, dimana nilai terendah terdapat pada kontrol (5,13) dan tertinggi pada M2B1 dan M2B2 (10,76). Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi FMA 50 g/tanaman yang dikombinasikan dengan biochar 10–20 ton/ha memberikan respon pertumbuhan yang optimal. Peningkatan diameter batang pada perlakuan FMA berkaitan dengan perannya dalam meningkatkan serapan unsur hara, khususnya fosfor, serta memperluas daerah eksplorasi akar melalui hifa. Mekanisme ini sangat penting pada lahan kering yang miskin hara dan air (Begum, *et al.*, 2019). Di sisi lain, biochar juga berperan dalam memperbaiki kualitas tanah melalui peningkatan kapasitas tukar kation, retensi air, serta aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi ini mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih stabil pada lingkungan semi-arid (Agegehu., 2017). Interaksi kedua kombinasi tersebut menunjukkan efek sinergis, terutama pada kombinasi M1B2 hingga M2B2 yang menghasilkan diameter batang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tunggal. Kondisi ini diduga, karena biochar menciptakan lingkungan mikro yang mendukung kolonisasi mikoriza sehingga meningkatkan kinerja sistem perakaran. Namun, tidak adanya perbedaan antara M2B1 dan M2B2 menunjukkan bahwa peningkatan dosis biochar di atas 10

ton/ha tidak lagi memberikan tambahan respon yang signifikan. Hal ini mengindikasikan adanya titik optimum dalam penggunaan biochar pada kondisi tertentu (Agegehu, G., 2017). Secara umum, kombinasi FMA dan biochar terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kusambi pada lahan semi-arid, sehingga berpotensi menjadi strategi pengelolaan lahan kering yang adaptif dan berkelanjutan, khususnya di wilayah NTT.

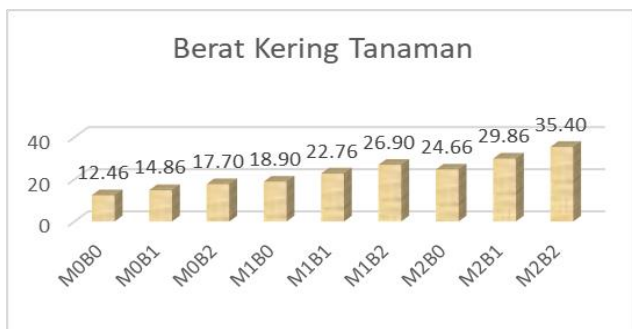


Gambar 3. Diameter batang tanaman kusambi 24 mst

Berat Kering Tanaman

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian FMA dan biochar meningkatkan berat kering tanaman kusambi pada lahan semi-arid. Nilai terendah diperoleh pada kontrol (12,46), sedangkan nilai tertinggi pada kombinasi M2B2 (35,40). Peningkatan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis FMA dan biochar, semakin besar akumulasi biomassa tanaman (Soinne, H., 2020). Berat kering tanaman mencerminkan hasil akhir dari proses fotosintesis dan akumulasi bahan kering. Peningkatan biomassa pada perlakuan FMA diduga karena kemampuannya dalam meningkatkan serapan hara, khususnya fosfor, serta memperbaiki efisiensi penggunaan air pada kondisi kering (Smith, F. A., & Smith, 2019). Dengan adanya hifa mikoriza, tanaman dapat mengakses sumber hara yang sebelumnya tidak tersedia di dalam tanah. Sementara itu, biochar berperan dalam memperbaiki kualitas tanah melalui peningkatan porositas, kemampuan menahan air, serta aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi ini mendukung pertumbuhan akar dan meningkatkan penyerapan nutrisi sehingga berdampak pada peningkatan biomassa tanaman (Blanco-Canqui, 2017), ada lahan semi-arid, peran biochar menjadi sangat penting dalam menjaga

ketersediaan air bagi tanaman. Interaksi antara FMA dan biochar menunjukkan efek sinergis yang jelas, dimana kombinasi keduanya menghasilkan berat kering yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tunggal. Hal ini mengindikasikan bahwa biochar dapat menciptakan lingkungan tanah yang lebih stabil dan mendukung perkembangan FMA, sehingga meningkatkan efektivitas simbiosis akar (Warnock, et al., 2018). Peningkatan tertinggi pada perlakuan M2B2 menunjukkan bahwa kombinasi dosis tinggi FMA dan biochar masih memberikan respon positif tanpa menunjukkan gejala kejenuhan. Kondisi ini berbeda dengan beberapa parameter lain, sehingga menunjukkan bahwa akumulasi biomassa tanaman masih responsif terhadap peningkatan input bahan organik.



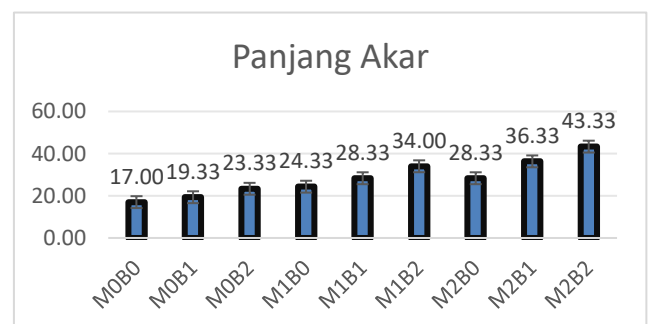
Gambar 4. Berat Kering Tanaman Kusambi 24mst

Panjang Akar

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi FMA dan biochar meningkatkan panjang akar tanaman kusambi pada lahan semi-arid. Nilai terendah terdapat pada perlakuan kontrol (17,00), sedangkan tertinggi pada kombinasi M2B2 (43,33). Peningkatan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis FMA dan biochar, semakin berkembang sistem perakaran tanaman. Panjang akar yang meningkat pada perlakuan FMA berkaitan dengan kemampuan mikoriza dalam merangsang pertumbuhan akar dan memperluas zona eksplorasi tanah. FMA membentuk simbiosis dengan akar yang memungkinkan tanaman menjangkau air dan unsur hara pada volume tanah yang lebih luas, terutama pada kondisi kering (Rouphael, Y., et., 2015), (Chiu, C. H., et., 2018). Kondisi ini sangat menguntungkan pada lahan semi-arid yang memiliki keterbatasan air. Selain itu, biochar turut berperan dalam memperbaiki struktur tanah sehingga

memudahkan penetrasi akar. Peningkatan porositas dan aerasi tanah akibat biochar memungkinkan akar tumbuh lebih panjang dan lebih dalam (A, Laird et al., 2017). Dengan demikian, biochar tidak hanya meningkatkan kondisi fisik tanah tetapi juga mendukung perkembangan sistem perakaran tanaman. Interaksi antara FMA dan biochar terlihat jelas pada kombinasi perlakuan M1B2 hingga M2B2 yang menunjukkan panjang akar lebih tinggi dibandingkan perlakuan tunggal. Hal ini menunjukkan adanya efek sinergis, dimana biochar menyediakan kondisi lingkungan yang mendukung kolonisasi FMA, sehingga meningkatkan efektivitas penyerapan air dan hara oleh akar (Lehmann et al., 2020). Peningkatan tertinggi pada perlakuan M2B2 menunjukkan bahwa kombinasi FMA dosis tinggi (50 g/tanaman) dan biochar 20 ton/ha masih memberikan respon positif terhadap pertumbuhan akar tanpa menunjukkan adanya penurunan efektivitas.

Hal ini mengindikasikan bahwa sistem perakaran tanaman masih responsif terhadap peningkatan kedua perlakuan tersebut. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi FMA dan biochar efektif dalam meningkatkan panjang akar tanaman kusambi pada lahan semi-arid, sehingga berpotensi meningkatkan kemampuan adaptasi tanaman terhadap kondisi cekaman kekeringan.



Gambar 5. Panjang Akar Tanaman Kusambi

KESIMPULAN

Pemberian FMA dan biochar secara tunggal maupun kombinasi terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kusambi pada lahan semi-arid. Seluruh parameter yang diamati, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat kering tanaman, dan

panjang akar menunjukkan peningkatan yang nyata dibandingkan dengan kontrol, dengan kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada dosis FMA 50 g per tanaman dan biochar 20 ton per hektar. Penggunaan FMA dan biochar secara terpadu dapat direkomendasikan sebagai strategi pengelolaan lahan kering yang adaptif dan berkelanjutan, khususnya di wilayah semi-arid.

DAFTAR PUSTAKA

- Agegehu, G., Srivastava, A. K., & Bird, M. I. (2017). The role of biochar in improving soil properties and crop productivity: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 243, 1–16.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N., & Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth under stress conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 1061–1076.
- Blanco-Canqui, H. (2017). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 81(4), 687–711.
- Biederman, L. A., & Harpole, W. S. (2019). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: A meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 11(1), 40–52.
- Chen, M., Arato, M., Borghi, L., Nouri, E., & Reinhardt, D. (2018). Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi – From ecology to application. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1270.
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C., van Groenigen, J. W., Hungate, B. A., & Verheijen, F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters*, 12(5), 053001.
- Joseph, S., Cowie, A. L., Van Zwieten, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., Cayuela, M. L., Graber, E. R., Ippolito, J. A., & Kuzyakov, Y. (2021). How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses. *GCB Bioenergy*, 13(11), 1731–1764.
- Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2021). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(8), 544–553.
- Mattjik AA, Sumertajaya. 2013. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Bogor (ID): IPB Press.
- Pareira, M. S., Tuas, M. A., Naikofi, K. I., & Knaofmone, E. (2023). Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Interval Penyiraman Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Pakcoy. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(2), 1308-1317.
- Pareira, Magdalena Sunarty. "Peran Fungi Mikoriza Arbuskula dan Irigasi Tetes dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (Brassica rappa L.) Di Lahan Kering." *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman* 2.1 (2025): 284-293.
- Pareira, M. S., Mansur, I., & Wulandari, D. (2019). Pemanfaatan FMA dan Tanaman Inang untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Cendana (*Santalum album* Linn.). *Journal of Tropical Silviculture*, 9(3), 151-159.
- Pareira, M. S., Bria, S., Banunaek, Z., & Naikofi, K. (2025). The Effects Of Planting Media And Liquid Organic Fertilizer To Increase The Productivity Of Mustard Plants In Semi-Arid LAnd .*Agrisaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 9(3), 686-693.
- Smith SE dan Read D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition. UK : Academic Press.
- Smith, J. K., Johnson, A. M., Brown, L. M., & Patel, R. N. (2018). Factors Influencing Arbuscular Mycorrhizal Fungi Effectiveness. *Soil and Plant Sciences Journal*, 25(4), 210-225.
- Smith, F. A., & Smith, S. E. (2019). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth. *Annual Review of Plant Biology*, 70, 455–479.
- Seran, M., & Pareira, M. S. (2025). Peningkatan Ketahanan Pakcoy terhadap Cekaman Kekeringan Melalui Aplikasi Biochar dan Pupuk Guano. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 228-237.
- Soinne, H., Hovi, J., Tammeorg, P., & Turtola, E. (2020). Effect of biochar on soil properties and plant growth in boreal conditions. *Agricultural and Food Science*, 29(1), 1–15.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W., & Rillig, M. C. (2018). Mycorrhizal responses to biochar in soil. *Plant and Soil*, 300(1–2), 9–20.