

PERANAN PUPUK HAYATI MIKORIZA DAN AZOLLA TERHADAP TANAMAN SORGUM DI TANAH SUBOPTIMAL

ROLE OF BIOFERTILIZER MYCORRHIZA AND AZOLLA ON SORGUM PLANT IN SUBOPTIMAL SOIL

¹Santa Maria Lumbantoruan¹, Maria Paulina¹, Selviana Anggraini¹, Horas Marihot Silitonga²

¹Program Studi Agroteknologi Universitas Bina Insan Lubuk Linggau

²SMKN 1 Tanjung Lago Kabupaten Banyuasin

INTISARI

Pupuk merupakan unsur penting yang di berikan pada tanaman untuk dapat mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman, namun pemupukan secara kimia yang dilakukan secara terus menerus mengakibatkan pencemaran lingkungan yang mengakibatkan kenaikan emisi rumah kaca dan kerusakan tanah. Pemupukan melalui pemberian mikroorganisme atau yang sering disebut pemupukan hayati merupakan salah satu penerapan teknologi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu pupuk hayati yang sudah sering digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman adaah mikoriza dan azolla. Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan akar dan membantu ketersediaan unsur hara P serta ketersediaan air. Azolla memberikan ketersediaan nitrogen untuk dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan 2 faktor yaitu jenis pupuk hayati dan jenis sorgum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati secara mandiri maupun interaksi dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan berat biji per malai. Hasil terbaik ditunjukkan perlakuan PH3 (mikoriza+azolla).

Kata kunci: Azolla, Mikoriza, Suboptimal, Sorgum

ABSTRACT

Fertilizer is an important element given to plants to optimize plant growth and production, but chemical fertilization that is carried out continuously results in environmental pollution which results in increased greenhouse emissions and soil damage. Fertilization through the provision of microorganisms or what is often called biological fertilization is one application of the right technology to overcome these problems. One of the biological fertilizers that have often been used to increase plant growth is mycorrhizal and azolla. Mycorrhizae can increase root growth and help the availability of P nutrients and water availability. Azolla provides nitrogen availability to increase plant growth. This study used a factorial randomized block design with 2 factors, namely the type of biological fertilizer and the type of sorghum. The results showed that the application of biofertilizers independently or in an interaction could increase plant height, number of leaves, root length and seed weight per panicle. The best results were shown by PH3 (mycorrhizal+azolla) treatment.

Keywords: Azolla, Mycorrhizae, Suboptimal, Sorghum

PENDAHULUAN

Pemupukan merupakan input yang berperan penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman, namun pemupukan anorganik yang berlebihan mengakibatkan pengerasan tanah dan menghasilkan dampak

kerusakan lingkungan. Pemupukan yang dilakukan secara hayati memiliki kelebihan untuk meningkatkan kesehatan tanah dan pertanian yang berkelanjutan yang menurunkan dampak kerusakan lingkungan (Hanafy & El-

¹ Corresponding Author, Email: santa_maria_lumbantoruan@univbinainsan.ac.id

Emary, 2018b). Pupuk hayati yang berpotensi untuk diterapkan di lahan-lahan suboptimal salah satunya adalah mikoriza dan azolla.

Mikoriza merupakan cendawan yang dapat bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman. Simbiosis ini merangsang pertumbuhan akar yang dapat membantu penyerapan unsur hara yang tidak tersedia. Pemupukan yang diberikan melalui mikoriza dapat menghasilkan pemupukan yang berimbang. Hasil penelitian (Zulfita et al., 2018) menunjukkan pemberian mikoriza dapat meningkatkan proses fisiologis yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol pada tanah gambut. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian (Paulina & Lumbantoruan, 2022), pemberian mikoriza yang dikombinasikan dengan biochar memberikan pengaruh yang nyata pada panjang tongkol, diameter tongkol dan bobot 100 biji pada lahan pesisir.

Azolla merupakan makrofita yang mengapung di air dengan pertumbuhan yang singkat sehingga cepat dengan jumlahnya berlimpah. Untuk melipat gandakan area cakupan azolla dibutuhkan waktu hanya dengan 5 hingga 10 hari. Azolla memiliki kemampuan untuk menyediakan unsur hara N melalui fiksasi simbiotik. Penyediaan unsur hara yang diperoleh dari pemupukan secara anorganik cenderung cepat tidak tersedia dikarenakan mengalami penguapan dan hilang kelingkrungan. Pupuk organik azolla menghasilkan serapan N yang tinggi sehingga dapat meningkatkan hasil secara efektif dan mengurangi penguapan N (Yao et al., 2018). Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat penting untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, namun 50% penambahannya ke lahan pertanian hilang dan mengakibatkan pencemaran ke udara dan air serta menghasilkan emisi gas rumah kaca

(Lassaletta et al., 2014). Rongga daun azolla memiliki simbiosis cyanobacterium yang dapat meningkatkan potensi pengikatan nitrogen hingga 30 dan 60 kg N ha dan dapat menurunkan emisi CH₄ sebesar 40 % (Kollah et al., 2016).

Pemupukan melalui N sangat berperan dalam meningkatkan produksi tanaman khususnya sorgum. Sorgum merupakan pangan alternative yang sedang dikembangkan mengingat kebutuhan pangan yang semakin hari semakin tinggi. Dampak pertumbuhan ini harus dibarengi dengan teknologi pangan yang memprioritaskan kesehatan pangan. Teknologi pemupukan secara organik ini diharapkan dapat menyediakan pangan yang sehat. Diversifikasi lahan yang difokuskan ke lahan suboptimal mempunyai tantangan yang tidak mudah. Tanah suboptimal yang rendah akan unsur hara dan cenderung mengalami tingkat pencucian yang tinggi mengakibatkan perlu pengelolaan yang tepat agar input pertanian yang diberikan bernilai positif dengan hasil.

BAHAN DAN METODA

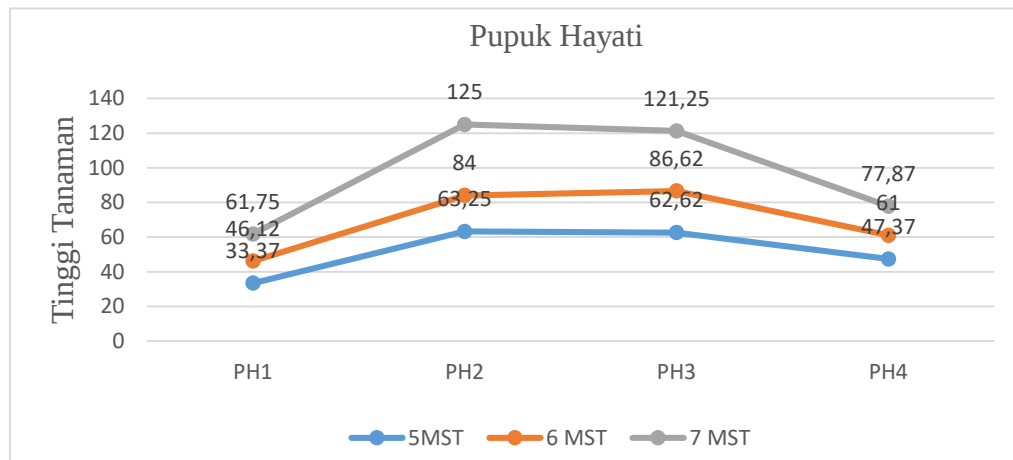
Tempat dan waktu penelitian. Lokasi penelitian dilakukan di dua tempat, yaitu di laboratorium Agroteknologi dan di kebun percobaan Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani Universitas Bina Insan. Penelitian dimulai pada bulan Maret 2022 – Juli 2022.

Rancangan penelitian yang diterapkan adalah rancangan acak kelompok faktorial dengan 2 faktor, yaitu faktor pertama adalah pupuk hayati terdiri atas 4 perlakuan: PH1 = tanpa pupuk hayati (kontrol); PH2 = Azolla; PH3 = Azolla+Mikoriza; dan PH4 = Mikoriza. Faktor kedua jenis varietas, yaitu V1 = Sorgum putih, dan V2 = Sorgum merah.

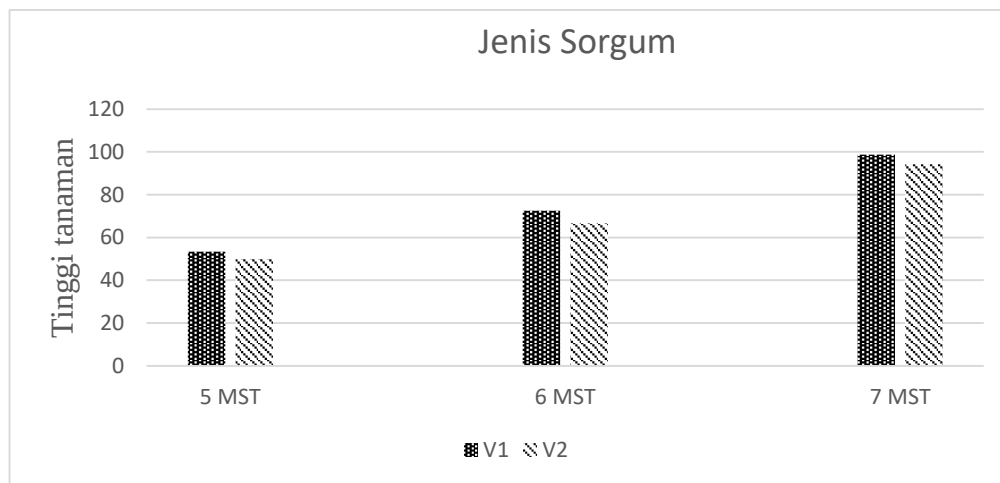
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1. Tinggi tanaman sorgum 5 MST, 6 MST, dan 7 MST setelah diberi aplikasi mikoriza dan azolla pada tanaman sorgum

A.



B.



Perlakuan pupuk hayati pada gambar 1.A menunjukkan peningkatan tinggi tanaman pada 5 MST 6 MST 7 MST. Peningkatan tinggi tanaman setiap minggu secara konsisten ditunjukkan perlakuan PH2 yaitu pupuk azolla peningkatan ini mencapai 125 cm. Hal ini diduga

karena peranan pupuk azolla yang dapat meningkatkan ketersediaan N dimana N berperan penting pada pertumbuhan vegetatif yang salah satunya tinggi tanaman. Hasil penelitian Maswada et all 2021 menyatakan Aplikasi ekstrak azolla dapat meningkatkan

pertumbuhan tanaman, produksi, kebutuhan air dan efisiensi penggunaan N. Peningkatan ini terjadi melalui pengurangan kerusakan oksidatif membran dan peningkatan proses fotosintesis, status air daun, akumulasi prolin serta serapan N. Secara keseluruhan, aplikasi ekstrak azolla adalah pupuk organik yang ramah lingkungan dan hemat biaya. Pemanfaatan pupuk organik azolla dapat mengurangi lebih dari 30% pupuk urea tanpa mempengaruhi hasil gabah tanaman jagung. Azolla tidak hanya saja mempengaruhi dampak pada vegetative tanaman namun juga pada proses biokimia yang terjadi didalam tanaman. Hasil penelitian Hanafy & El-Emary, 2018) menunjukkan pemberian azolla memberikan pengaruh yang nyata pada parameter kreatin, trigliserrida, kreatin pada tanaman tomat. Penggunaan pupuk hayati Azolla dengan konsentrasi maksimal dapat menjadi tanaman pengatur lingkungan salah satunya untuk irigasi dan pertanian ramah lingkungan. Pupuk Azolla juga dapat meningkatkan pasokan unsur hara (makro dan mikro) dan vitamin sehingga dapat mengefektifkan pemupukan pada tanaman tomat Maham 2020. Sumbangan nitrogen dari bakteri endofitik yang dapat mengikat N₂ akan

mengurangi ketergantungan pada penggunaan pupuk N anorganik (Urea). Dosis pupuk *Azolla pinnata* sebesar 37,5 g pot-1 setara 6 ton ha-1 dapat meningkatkan berat kering jagung dan dosis ini merupakan dosis yang terbaik dibandingkan dengan dosis yang lainnya. Jatinangor 2019

Jenis sorgum yang berbeda pada gambar 1.B tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada tinggi tanaman baik sorgum yang putih dan yang merah. Hal ini menunjukkan bahwa jenis sorgum baik putih dan merah mampu beradaptasi di tanah suboptimal. Keunggulan sorgum sebagai alternative pangan adalah sorgum merupakan tanaman yang adaptif, sebagai tanaman golongan C4 dapat dibudidayakan di wilayah tropis. Sorgum dapat tumbuh pada suhu yang optimum berkisar pada suhu diantara 21-35 °C dan suhu tanah minimum sekitar 15-18°C (Andayani, 2021).

Jumlah daun tanaman sorgum yang disajikan pada tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah daun tertinggi diperoleh perlakuan mikoriza+azolla (PH3) yakni 8,00 helai. Kombinasi perlakuan ini memberikan hasil yang positif dimana mikoriza dan azolla saling bersinergis untuk menyediakan hara tanaman

Tabel 2. Jumlah Daun Tanaman Sorgum Setelah Diaplikasikan Dengan Mikoriza Dan Azolla di Tanah Suboptimal

Jenis Sorgum	Pupuk Hayati				Rataan
	PH1	PH2	PH3	PH4	
	-----Helai-----				
V1	5,25	7,25	9,50	6,75	7,18
V2	5,75	6,00	6,50	6,25	6,12
Rataan	5,50a	6,62a	8,00b	6,50a	

Keterangan: Nilai pada baris atau kolom apabila diikuti oleh huruf kecil yang sama maka berbeda tidak nyata

Kombinasi pupuk hayati yang diterapkan adalah mikoriza dengan azolla. Azolla mengandung nitrogen yang tinggi sedangkan mikoriza dapat membantu ketersediaan unsur hara P dan merangsang pertumbuhan akar pada tanah suboptimal. Sehingga diharapkan menghasilkan kombinasi yang baik dan meningkatkan pertumbuhan sorgum. Penggunaan nitrogen (N) yang efisien dalam produksi tanaman sangat penting untuk memenuhi tantangan ketahanan pangan dan integritas lingkungan. Pupuk hayati Azolla merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk mencapai efisiensi penggunaan N yang lebih baik karena potensinya yang besar untuk fiksasi N. Penggunaan Pupuk hayati Azolla dapat menggantikan sebagian penggunaan pupuk N sintetis (Yao et al., 2018). Hasil penelitian (Seleiman et al., 2022), menunjukkan bahwa kombinasi 40% NPK + 60% kompos azolla atau 50% NPK + 50% kompos azolla menghasilkan pertumbuhan yang paling optimal dan komponen hasil gabah yang sama ($10,76 \text{ t ha}^{-1}$) serta kandungan dan serapan N, P, dan K dibandingkan dengan dosis pupuk NPK rekomendasi. Penggunaan kompos azolla sebagai aplikasi tunggal atau kombinasi dapat mengurangi penggunaan pupuk sintetis hingga 60% tanpa mengurangi pertumbuhan dan produktivitas gabah padi secara signifikan. Pupuk hayati mengandung mikroorganisme yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara dan memperbaiki wilayah perakaran tanaman. Mikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur hara P. Eksploitasi mikroba bermanfaat sebagai pupuk hayati telah menjadi sangat penting di sektor pertanian karena peran potensial mereka dalam keamanan pangan dan produksi tanaman yang berkelanjutan. Pendekatan ramah lingkungan mengilhami berbagai aplikasi rizobakteri pemacu

pertumbuhan tanaman (PGPR), jamur endo dan ektomikoriza, cyanobacteria dan banyak organisme mikroskopis berguna lainnya menyebabkan peningkatan penyerapan nutrisi, pertumbuhan tanaman dan toleransi tanaman terhadap stres abiotik dan biotik (Bhardwaj et al., 2014). Pemberian mikoriza yang dikombinasikan dengan biochar mampu meningkatkan jumlah daun, berat kering tanaman, jumlah buah dan bobot buah segar tomat (Alianti et al., 2016).

Mikoriza dapat meningkatkan pertambahan diameter batang dan tinggi tanaman karet di tanah podzolik merah kuning (Lumbantoruan et al., 2015). Hasil Penelitian (Begananda et al., 2018), menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati mikoriza + Azolla secara mandiri dapat berpengaruh nyata pada luas daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, infeksi mikoriza dan bobot segar tanaman. Interaksi pengurangan dosis anjuran pupuk N, P dan K dengan pupuk hayati berpengaruh secara nyata terhadap bobot umbi basah, bobot kering tanaman, bobot kering umbi, bobot basah petak efektif, bobot kering petak efektif dan produktivitas hasil. Kelebihan penggunaan pupuk hayati mempunyai keunggulan dibandingkan dengan pupuk kimia yaitu pengelolaan yang mudah dan tidak mahal, merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui, tidak menghasilkan polusi, dapat meningkatkan kesuburan tanah disebabkan peningkatan kandungan bahan organik yang berdampak pada struktur tanah yang baik. (Kollah et al., 2016). Pupuk hayati mengandung mikroorganisme yang menguntungkan diduga dapat meningkatkan kesehatan tanah dan kesuburan tanah (Atieno et al., 2020).

Tabel 3. Berat Biji Per Malai Tanaman Sorgum Setelah Diaplikasikan Dengan Mikoriza Dan Azolla di Tanah Suboptimal

Jenis Sorgum	Pupuk Hayati				Rataan
	PH1	PH2	PH3	PH4	
	-----g-----				
V1	18,75	50,75	56,00	45,25	42,68a
V2	15,25	43,25	50,25	40,25	37,25a
Rataan	17,00a	47,00b	53,12b	42,75b	

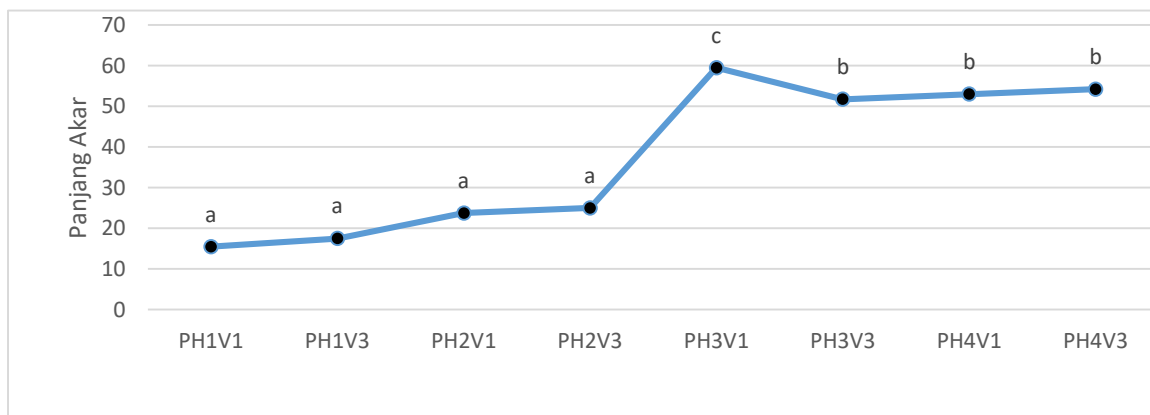
Keterangan: Nilai pada baris atau kolom apabila diikuti oleh huruf kecil yang sama maka berbeda tidak nyata

Berat biji yang terbaik ditunjukkan oleh perlakuan (PH3) pupuk hayati mikoriza+azolla senilai 53,12 g. Pertumbuhan vegetatif yang baik akan berdampak pada pertumbuhan generatif. Dampak perlakuan pupuk hayati yang sudah terlihat dari tinggi tanaman dan panjang akar berujung pada peningkatan hasil biji permalai. Hasil ini menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Hasil penelitian (Novi & Wahidi, 2018), menunjukan pemberian pupuk hayati mikoriza + azolla secara interaksi dan mandiri mampu berpengaruh secara nyata terhadap bobot umbi basah, bobot

kering umbi. Pemberian mikoriza dan azolla secara mandiri dapat meningkatkan berat biji permalai. Berat biji yang terbaik ditunjukkan oleh perlakuan azolla kemudian mikoriza.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan jenis sorgum yang terbaik ditunjukkan oleh jenis sorgum putih dibandingkan merah. Berat biji permalai untuk jenis sorgum putih sebesar 42,68. berat ini tidak jauh berbeda dari jenis sorgum merah. Hal ini menunjukkan baik jenis varietas yang putih dan yang merah dapat tumbuh dengan baik di tanah suboptimal

Gambar 2. Grafik Panjang Akar Tanaman Sorgum Setelah Diberi Aplikasi Mikoriza dan Azolla di Tanah Suboptimal



Selain daun akar merupakan organ tumbuhan yang berperan dalam keberlangsungan tumbuhan. Kondisi tanah yang suboptimal mengakibatkan pertumbuhan akar tidak maksimal dikarenakan kondisi yang tidak mendukung untuk pertumbuhan akar. Namun dalam penelitian ini menunjukkan pertumbuhan akar yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Hasil terbaik ditunjukkan perlakuan mikoriza+azolla yang dapat meningkatkan panjang akar hingga 59,5 cm. Dengan pertumbuhan akar yang baik maka akan dapat meningkatkan wilayah jelajah akar untuk dapat meningkatkan serapan hara bagi pertumbuhan tanaman sorgum. (Zubek et al., 2019), menyatakan pupuk hayati mikoriza dapat meningkatkan wilayah Jelajah akar sekitar 80%, sehingga dapat meningkatkan kapasitas tanaman untuk memperoleh nutrisi, pertumbuhan, dan vitalitas. Selain itu, mikoriza juga dapat melindungi tanaman terhadap cekaman biotik (patogen) dan abiotik (kekeringan), dan telah terbukti menentukan komposisi dan fungsi komunitas tanaman. Hal ini dapat menjadi dasar untuk pembentukan ekologi yang lebih stabil.

Mikoriza memproduksi Glikoprotein yaitu protein tanah terkait glomalin (GRSP). Glikoprotein merupakan zat organik lengket yang dapat melindungi tanah terhadap degradasi di bawah penggunaan lahan intensif, pembentukan agregat yang stabil, dan memperpanjang penyimpanan Carbon sehingga dapat mengurangi pemanasan tanah dan pelepasan CO₂ (Agnihotri et al., 2022). Glomalin ini bersifat hidrofobik, tahan panas, atau tahan panas terhadap suhu panas tanah. Karakter hidrofobik glomalin memberikan ketahanan agregasi tanah terhadap air, produksi zat ini mencapai maksimum dalam miselia tua. Mikoriza juga dapat meningkatkan tanaman untuk mampu beradaptasi pada cekaman kekeringan melalui

penyesuaian potensial air, tekanan osmosis, dan tekanan turgor (Lumbantoruan & Sahar, 2021). Glikoprotein secara perlahan dapat terurai oleh bakteri dan jamur di dalam tanah (Fall et al., 2021).

Peranan dari mikoriza tersebut ditingkatkan lagi dengan kombinasi azolla. Peningkatan panjang akar akan meningkatkan peningkatan serapan hara yang akan berkorelasi positif dengan peningkatan biji. Pemberian pupuk organik cair azolla dapat meningkatkan panjang akar, bobot segar akar, dan berat kering akar (Rifgi, 2020). Aplikasi kompos azolla pada 5,0% dari berat tanah memberikan hasil gabah tertinggi, dengan rata-rata 13,8% lebih tinggi dari kontrol yang tidak diubah. Peningkatan hasil biji-bijian mungkin karena penyerapan nitrogen yang efisien melalui akar. Pupuk hayati azolla. Aplikasi kompos azolla pada kadar 5,0% berat tanah menghasilkan jumlah anakan, jumlah bulir, berat bulir, dan hasil bulir tanaman padi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol yang tidak diubah (Razavipour et al., 2018).

KESIMPULAN

Pemberian pupuk hayati secara kombinasi dan mandiri mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sorgum. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan hasil tanaman baik tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan berat biji. Peningkatan pemanfaatan pupuk hayati ini layak untuk diterapkan agar dapat meningkatkan kesehatan tanah dan pengurangan penggunaan pupuk kimia yang berujung pada degradasi lahan dan pencemaran lingkungan. Penggunaan pupuk hayati diduga juga mampu menerapkan pertanian berkelanjutan di masyarakat khususnya di tingkat petani.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Bina Insan Lubuklinggau yang sudah mendanai penelitian ini melalui hibah internal di wilayah Universitas Bina Insan tahun 2021

DAFTAR PUSTAKA

- Agnihotri, R., Sharma, M. P., Prakash, A., Ramesh, A., Bhattacharjya, S., Patra, A. K., Manna, M. C., Kurganova, I., & Kuzyakov, Y. (2022). Glycoproteins of arbuscular mycorrhiza for soil carbon sequestration: Review of mechanisms and controls. In *Science of the Total Environment* (Vol. 806). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150571>
- Alianti, Y., Zubaidah, S., & Saraswati, D. (2016). Tanggapan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) terhadap pemberian biochar dan pupuk hayati pada tanah gambut. *Jurnal Agri Peat*, 17(02), 115–125.
- Andayani, R. D. (2021). Uji adaptasi sorgum (*Sorghum bicolor*) berdaya hasil tinggi di wilayah Kediri. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 14(1), 30–34.
- Atieno, M., Herrmann, L., Nguyen, H. T., Phan, H. T., Nguyen, N. K., Srean, P., Than, M. M., Zhiyong, R., Tittabutr, P., Shutsrirung, A., Bräu, L., & Lesueur, D. (2020). Assessment of biofertilizer use for sustainable agriculture in the Great Mekong Region. *Journal of Environmental Management*, 275, 0–24. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111300>
- Begananda, Rokhminarsi, E., & Utami, D. S. (2018). Aplikasi mikoriza dan azolla pada budidaya bawang merah di lahan marjinal. *Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VIII, November*, 98–108.
- Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66>
- Fall, A. F., Nakabone, G., Ssekandi, J., Founoune, H., Apori, S. O., Ndiaye, A., Badji, A., & Ngom, K. (2021). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility and its importance in phytoremediation of polluted soil. *Preprints, September*. <https://doi.org/10.20944/preprints202109.0284.v1>
- Hanafy, A., & El-Emary, G. A. E. (2018a). Role of azolla pinnata biofertilizer extract in producing healthy tomatoes. *Asian J Res Biochem*, 1–8.
- Hanafy, A., & El-Emary, G. A. E. (2018b). Role of Azolla Pinnata Biofertilizer Extract in Producing Healthy Tomatoes. *Asian Journal of Research in Biochemistry*, 3(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2018/v3i329832>
- Kollah, B., Patra, A. K., & Mohanty, S. R. (2016). Aquatic microphylla Azolla: a perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate change. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4358–4369. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5857-9>
- Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J., & Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: The relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environmental Research Letters*, 9(10).

<https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105011>

Lumbantoruan, S. M., & Sahar, A. (2021). Uji Potensi Pemberian Bahan Organik dan Pupuk Hayati terhadap Osmoregulasi Karet di Tanah Cekaman Kekeringan. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 24(1), 17–21.

Lumbantoruan, S. M., Sahar, A., Elfiati, D., & Sitohang, C. (2015). Efektivitas pemberian beberapa jenis bahan organik tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza pada tanaman karet di tanah cekaman kekeringan. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(3), 300–310.

Novi, N., & Wahidi, I. (2018). Respon tanaman buncis (*Phaseolus Vulgaris* L.) terhadap pemberian azolla dan mikoriza. *Mikoriza Untuk Pembangunan Pertanian Dan Kehutanan Berkelanjutan*, 121–128.

Paulina, M., & Lumbantoruan, S. M. (2022). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. Saccharata) Terhadap Biochar dan Fungi Mikoriza arbuskula di Lahan Pesisir. *Jurnal Pertanian Agros*, 24(1), 193–201.

Razavipour, T., Moghaddam, S. S., Doaei, S., Noorhosseini, S. A., & Damalas, C. A. (2018). Azolla (*Azolla filiculoides*) compost improves grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 209(November 2017), 1–10.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.020>

Seleiman, M. F., Elshayb, O. M., Nada, A. M., El-Leithy, S. A., Baz, L., Alhammad, B. A., & Mahdi, A. H. A. (2022). Azolla compost as an approach for enhancing growth, productivity and nutrient uptake of *Oryza sativa* L. *Agronomy*, 12(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020416>

Yao, Y., Zhang, M., Tian, Y., Zhao, M., Zeng,

K., Zhang, B., Zhao, M., & Yin, B. (2018). Azolla biofertilizer for improving low nitrogen use efficiency in an intensive rice cropping system. *Field Crops Research*, 216(November 2017), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.020>

Zubek, S., Chmolewska, D., Jamrozek, D., Ciechanowska, A., Nobis, M., Błaszowski, J., Rożek, K., & Rutkowska, J. (2019). Monitoring of fungal root colonisation, arbuscular mycorrhizal fungi diversity and soil microbial processes to assess the success of ecosystem translocation. *Journal of Environmental Management*, 246(June), 538–546.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.044>

Zulfita, D., Surachman, & Santoso, E. (2018). Efektivitas pupuk hayati dan jenis pupuk kandang pada serapan hara N, P, K dan proses fisiologis tanaman jagung pada tanah gambut. *AGROISTA, Jurnal Agroteknologi*, 02(02), 118–134.