

Peningkatan Ketersediaan Hara Fosfor dengan Pemberian Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai pada Tanah yang Diinokulasi Mikoriza

Increasing Nutrition Availability of Phosphor With the Addition of Organic Materials on Soybean Plants Growth in Mycorozza Inoculation Soil

St. Subaedah^{*}, Netty, Maimunah Nonci

^{*}) Email koresponden: st.subaedah@umi.ac.id

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo No.45 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan ketersediaan hara fosfor dengan pemberian bahan organik terhadap pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah yang diinokulasi mikoriza. Penelitian dirancang dalam model eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari empat perlakuan yaitu media tanam tanah (tanpa bahan organik), media tanah + sekam, media tanah + arang sekam, dan media tanah + sekam + arang sekam. Setiap perlakuan diulang empat kali dan setiap ulangan digunakan tiga polybag tanaman. Adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar P-total, P-tersedia, derajat infeksi mikoriza, pertumbuhan tanaman inang yang mencakup tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan volume akar. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan organik sekam + arang sekam meningkatkan ketersediaan hara fosfor sebesar 9,5% dibandingkan tanpa pemberian bahan organik. Selain itu meningkatkan infeksi mikoriza pada akar tanaman hingga 76%, serta menghasilkan pertumbuhan tanaman kedelai yang lebih tinggi, jumlah daun yang lebih banyak dan akar yang lebih panjang.

Kata kunci: P-total; P-tersedia; persentase infeksi mikoriza; kedelai.

ABSTRACT

*The cocoa bean fermentation process is carried out to improve the quality of cocoa beans as industrial raw materials such as the formation of aroma, color, and flavor can increase the selling value. This study aims to examine the quality of the results of the addition of mixed culture and single culture *Lactobacillus plantarum* and determine the best quality of fermented cocoa beans with the addition of mixed culture and single culture *Lactobacillus plantarum*. The cocoa beans used for fermentation were RCC clones from Nglanggeran, Gunung Kidul. This study used a randomized block design (RAK) with different concentrations of yeast and bacteria, namely: single culture 5%, 10%, 15%, and mixed culture 5%, 10%, and 15% with a long fermentation time of 6 days. Cocoa beans without yeast and bacteria inoculum were used as controls. The single culture and the mixed culture used influenced the different results. The best treatment using a single culture was a single culture of 10%, while the treatment with the addition of mixed cultures was a mixed culture of 10%. The results of the research analysis of some of the best parameters are as follows: 37.85°C temperature measurement; pH 5.37; yield 31,369; seeds 100 grams 76.25; water content 7.848%; lactic acid 0.1125%; acetic acid 0.281%; reducing sugar 5.1065; total fat 50.70%; and cut test organoleptic test the preferred treatment by the panelists was Mixed Culture 5%.*

Keywords: P-total; P-available; percentage infection of mycorrhiza; soybean.

I. PENDAHULUAN

Pemacuan peningkatan produksi kedelai di dalam negeri telah banyak diupayakan baik

melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi. Peningkatan produksi dengan jalan ekstensifikasi diperhadapkan pada penggunaan lahan kering marginal yang didominasi oleh tanah yang masam dan kadar bahan organik yang rendah. Pada tanah masam, ketersediaan unsur makro (khususnya fosfor) biasanya terbatas, sementara fosfor merupakan hara makro utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Fosfor pada tanaman kedelai merupakan penyusun lesitin yang memegang peranan penting dalam integritas membran (Gardner et al, 2008).

Menurut Smith et al, (2009) serapan fosfor dari tanah oleh tanaman biasanya menjadi faktor yang membatasi pencapaian hasil tanaman yang optimal. Bahkan ketika fosfor berada dalam jumlah banyak pun, ketersediaan untuk tanaman masih sering bermasalah karena pengikatan P oleh Al atau Fe (Matsumoto, 2000). Oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan ketersediaan hara fosfor. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pemberian bahan organik.

Bahan organik merupakan kunci kesuburan tanah karena memperbesar kemampuan tanah mengikat hara, mengurangi pencucian hara, meningkatkan kemampuan tanah menahan air, sehingga ketersediaan air tanah meningkat serta sebagai sumber energi bagi biota tanah (Kamsurya dan Botanri, 2022). Bahan organik akan mengalami dekomposisi dan akan menghasilkan asam-asam organik antara lain asam humat dan asam fulvat. Asam humat dan asam fulvat banyak mengikat kation-kation polivalen seperti Ca^{++} , Fe^{++} dan Al^{+++} membentuk kelat Ca, Fe dan Al (Ahmad dan Tan, 1991) sehingga P dilepas ke dalam larutan tanah dan akhirnya dapat diserap oleh tanaman.

Berbagai jenis bahan organik yang dapat ditambahkan ke media tanam yang berasal dari sisa tanaman atau limbah pertanian seperti sekam padi. Penggunaan sekam maupun arang sekam sebagai campuran media tanam akan diperoleh media tanam yang porous, sehingga perkembangan perakaran tanaman berjalan maksimal dan juga kemampuan arang sekam untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Kookana *et al.*, 2011). Hasil penelitian Firmansya dan Silvana (2019) menunjukkan bahwa penggunaan arang sekam memberikan hasil terbaik untuk laju pertumbuhan tanaman, dan luas daun tanaman jagung. Selain pemberian bahan organik, kesuburan tanah juga dapat diperbaiki dengan pemberian pupuk hayati, seperti mikoriza. Mikoriza merupakan jenis cendawan yang menguntungkan pertumbuhan tanaman terutama pada lahan-lahan marginal (Subaedah, 2018; Suharno dan Sancayaningsih, 2013). Mikoriza dengan akar tanaman membentuk hubungan simbiosis mutualisme dengan perakaran tumbuhan tingkat tinggi. Mikoriza besimbiosis dengan tanaman membentuk hubungan simbiosis mutualisme antara cendawan dan perakaran tumbuhan tingkat tinggi (Smith and Smith, 2012).

Mikoriza arbuskula menginfeksi sistem perakaran tanaman inang dengan cara memproduksi jalinan hifa secara intensif, sehingga tanaman yang bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air (Smith and Read, 1997; Talanca, 2010; Buechel and Bloodnick, 2016). Kondisi ini memungkinkan tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza lebih tahan terhadap kekeringan (Barzana *et al.*, 2012). Jalinan hifa pada FMA juga dapat menyerap unsur fosfat yang terikat dalam tanah dan menjadi unsur yang tersedia bagi tanaman (Smith and Smith, 2012; Subaedah *et al.*, 2020a). Aktifitas mikoriza selain dipengaruhi oleh tanaman inang juga dipengaruhi oleh bahan

organik tanah. Menurut Sutanto (2002) bahan organik digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energinya. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui peningkatan ketersediaan hara fosfat dengan pemberian bahan organik terhadap pertumbuhan tanaman kedelai dan pada tanah yang diinokulasi mikoriza.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Green House dan Laboratorium Microbiology, Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar. Penelitian ini berlangsung dari Mei sampai Agustus 2020. Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain isolat mikoriza, benih kedelai, tanah, pasir, sekam, arang sekam, HCl, H₂SO₄, Alkohol, polybag, gelas ukur, gelas piala, tabung reaksi, timbangan, autoklap dan mikroskop.

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan media tanam yaitu, tanah atau tanpa bahan organik (B0), tanah + sekam (B1), tanah + arang sekam (B2), kombinasi tanah + sekam + arang sekam (B3). Setiap perlakuan diulang empat kali sehingga terdapat 16 satuan percobaan dan setiap ulangan menggunakan tiga tanaman.

Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan media tanam dengan sterilisasi media tanam terlebih dahulu. Setelah media disterilisasi, selanjutnya dilakukan pencampuran media sesuai dengan ketentuan perlakuan. Media yang telah dicampur kemudian dimasukkan ke dalam polybag sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian polybag terisi media. Penanaman benih kedelai sebanyak 3 benih per polybag dan selanjutnya dipertahankan dua tanaman per polybag. Aplikasi mikoriza dilakukan setelah tanaman inang berumur 1 minggu dengan memasukkan 10 g/polybag isolate mikoriza dengan kedalaman sekitar 3-4 cm. Pemeliharaan yang dilakukan sampai tanaman berumur 8 minggu setelah tanam yang meliputi penyiraman, pemupukan dengan pupuk daun topsil-D yang dilakukan pada umur 2, 4 dan 6 minggu setelah tanam dengan konsentrasi 2g/l air. Adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Kadar P-total dan P-tersedia. Analisis Fosfat-total menggunakan metode HCl 25% dan P tersedia menggunakan metode Bray I.
- 2) Persentase infeksi mikoriza, dimana pengamatan persentase infeksi mikoriza dilakukan dengan metode pewarnaan kromatik dan grow pada akar tanaman untuk mengetahui infeksi mikoriza dilihat melalui pewarnaan akar Kromatik dan Grow (1982). Akar yang tidak jernih diwarnai dengan 0,05% *trypan blue* yang dilarutkan dalam *lactogliserol* dan kemudian dibilas dengan air mengalir, terakhir ditambahkan Gliserin 50%. Selanjutnya diamati dibawah mikroskop. Persentase infeksi mikoriza dihitung dengan menggunakan rumus Persamaan 1.
$$\text{Persentase Infeksi} = \frac{\text{jumlah terinfeksi}}{\text{jumlah bidang pandang}} \times 100 \text{ ----- (1)}$$
- 3) Tinggi tanaman, diamati dengan mengukur tinggi tanaman mulai dari pangkal batang sampai titik tumbuh.
- 4) Jumlah daun, pengamatan dilakukan dengan menghitung semua daun yang terbentuk.

- 5) Panjang akar, pengamatan dilakukan dengan mengukur akar yang dimulai dari pangkal akar sampai ujung akar.
- 6) Volume akar dengan mengamati pada akar yang sudah bersih dengan memasukkan akar pada gelas ukur yang telah diisi air dengan volume tertentu. Selisih antara pertambahan volume air dalam gelas ukur setelah akar dimasukkan dengan volume air awal merupakan data volume akar yang diamati.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar P-total dan P-tersedia

Hasil analisis tanah terhadap kadar P-total dan P-tersedia menunjukkan bahwa penambahan bahan organik berpengaruh nyata terhadap kadar P-total tanah dan P-tersedia. Hasil uji BNT taraf 0,05 pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar P-total tanah tertinggi (14,683 mg/100g) pada perlakuan penambahan bahan organik sekam dan arang sekam (B3) dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemberian bahan organik dan perlakuan pemberian bahan organik dari sekam saja atau arang sekam saja B0, B1 dan N2). Demikian juga pada parameter kadar P-tersedia tertinggi dijumpai pada perlakuan penambahan bahan organik sekam dan arang sekam (B3) tetapi tidak berbeda nyata dengan kadar P-tersedia pada perlakuan penambahan bahan organik arang sekam (B2) media campuran pasir, tanah yaitu masing-masing 7,16 ppm dan 7,39 ppm dan berbeda nyata dengan media tanam tanpa pemberian bahan organik dan media tanam yang diberia bahan organiK sekam (B0 dan B2).

Tabel 1. Kadar P-total tanah dan P-tersedia dengan pemberian bahan organik pada tanah yang telah diinokulasi mikoriza.

Perlakuan	Kadar P-total (mg/100 g)	Kadar P-tersedia (ppm)
B0: tanah (tanpa BO)	13,11 d	6,76 b
B1: tanah+sekam	13,48 c	6,78 b
B2: tanah+arang sekam	14,08 b	7,16 a
B3: tanah+sekam+arang sekam	14,68 a	7,39 a
NP BNT 0,05	0,25	0,23

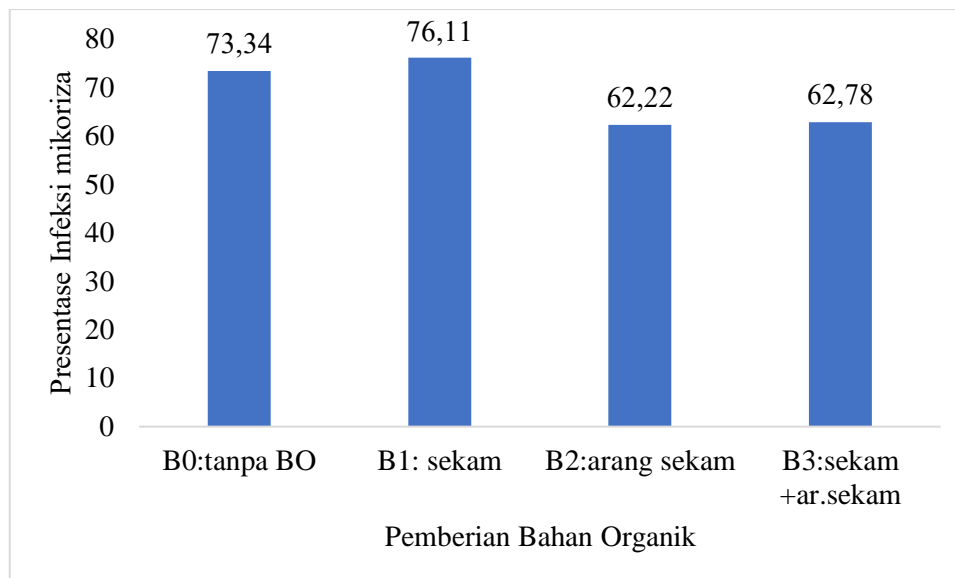
Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda berarti berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 0,05.

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa kadar P-tersedia dengan penambahan bahan organiK sekam dan arang sekam (B3) juga lebih tinggi 9,5% dibandingkan dengan penggunaan media tanam tanpa pemberian bahan organik (B0). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Subaedah *et al.*, (2020a) dan Nurmasiyah *et al.*, (2013) yang menunjukkan terjadinya peningkatan kadar P-total dan P-tersedia pada tanah yang bermikoriza dengan penambahan bahan organik. Peningkatan ketersediaan hara P ini disebabkan adanya penambahan bahan organik dari sekam maupun arang sekam. Sekam dan arang sekam akan mengalami proses dekomposisi dan menghasilkan asam-asam organik yang akan membentuk ikatan khelasi dengan ion-ion Al dan Fe sehingga melepaskan P yang terjerap dan akhirnya meningkatkan ketersediaan hara P (Stevenson, 1982). Disamping itu adanya infeksi cendawa mikoriza akan menghasilkan enzim fosfatase yang dikeluarkan akibat

aktifitas mikoriza yang pada akhirnya mampu melepaskan P yang terfiksasi oleh ion Al dan Fe sehingga kadar hara P tanah meningkat (Lambers *et al.*, 1998). Selanjutnya Leskone *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa jamur mikoriza mampu menghasilkan enzim fosfatase sehingga membantu dalam proses penyerapan unsur hara P yang akan memperbaiki pertumbuhan tanaman.

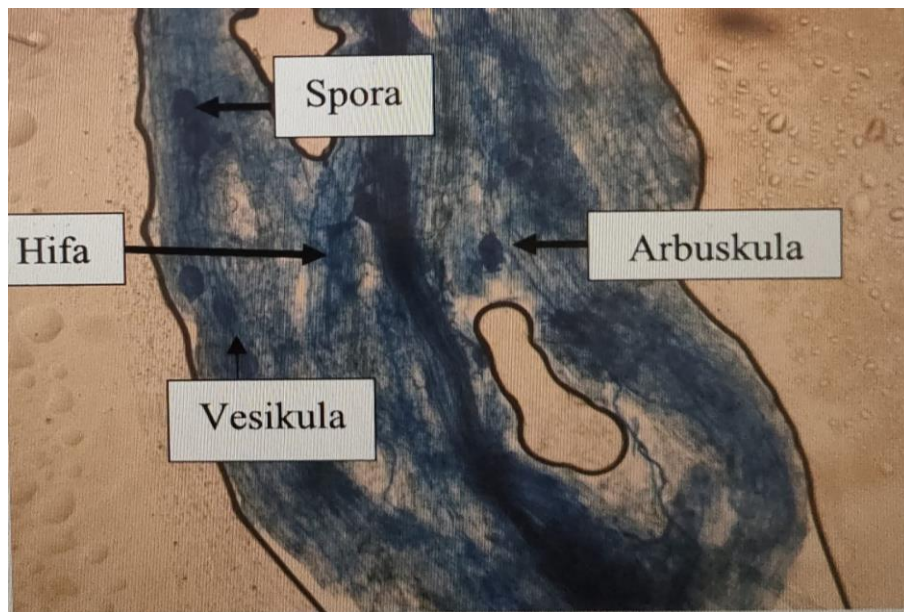
2. Persentase Infeksi Mikoriza

Hasil pengamatan persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman kedelai menunjukkan bahwa penambahan bahan organik pada media tanam tidak berpengaruh nyata terhadap infeksi akar tanaman kedelai. Namun demikian dari nilai rata-rata persentase infeksi akar tanaman inang yang disajikan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan bahan organik sekam (B1) diperoleh persentase infeksi akar yang tinggi yaitu antara 76,11% sampai, sementara infeksi akar yang terendah sebesar 62,22% dijumpai pada perlakuan penambahan bahan organik arang sekam (B2).

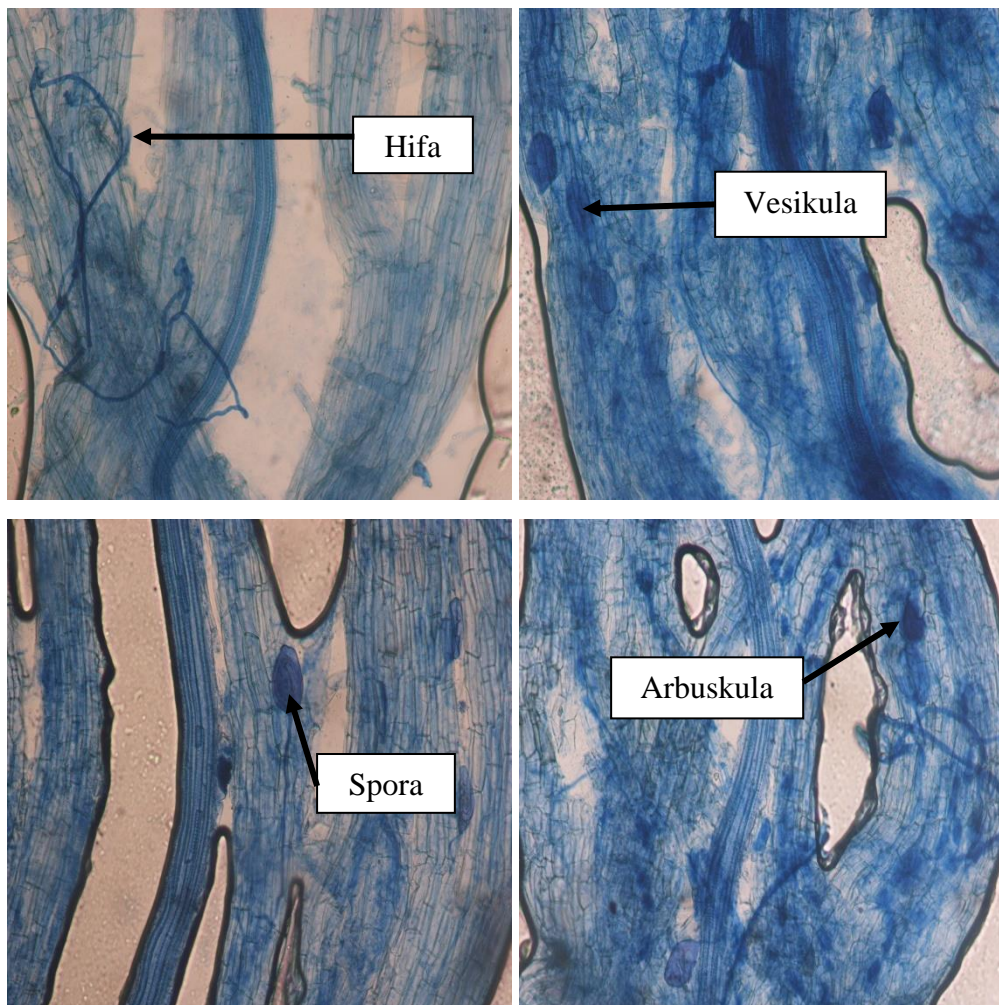


Gambar 1. Persentase infeksi mikoriza akar tanaman kedelai inang dengan pemberian bahan organik.

Gambar 2 menunjukkan bahwa infeksi FMA pada akar tanaman inang (kedelai) di tunjukkan oleh adanya 4 struktur FMA yaitu hifa, spora, vesikula dan arbuskula. Adanya struktur tersebut menunjukkan bahwa pada akar tanaman kedelai terjadi infeksi oleh mikoriza. Penampilan struktur dari keempat struktur FMA yaitu hifa, vesikula, spora dan arbuskula lebih detail disajikan pada Gambar 3. Keberadaan struktur tersebut juga merupakan salah satu indikator kemampuan mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman dalam membantu penyerapan unsur hara bagi tanaman, khususnya unsur P. Semakin tinggi persentase infeksi akar maka semakin luas daerah serapan akar terhadap air dan unsur hara, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal (Kafid, *et al.*, 2015; Permanasari, *et al.*, 2016) yang selanjutnya akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Subaedah *et al.*, 2020b).



Gambar 2. Infeksi FMA pada akar tanaman inang (kedelai).



Gambar 3. Infeksi hifa, vesikula, spora dan arbuskula pada akar tanaman kedelai dengan pemberian bahan organik sekam.

3. Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, Panjang Akar dan Volume Akar

Hasil analisis data pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan oleh tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar menunjukkan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh pemberian bahan organik. Pada parameter tinggi tanaman dan jumlah kedelai pada umur 8 minggu setelah tanam yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan bahan organik arang sekam dengan perbandingan (B2) diperoleh tanaman yang lebih tinggi yaitu 69,50 cm dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemberian bahan organik (B0) tetapi tidak berbeda dengan media tanam yang yang diberi bahan organik sekam dan campuran sekam dan arang sekam (B1 dan B3). Demikian juga pada parameter jumlah daun menunjukkan bahwa jumlah daun terbanyak diperoleh media tanam yang diberi arang sekam dengan jumlah daun sebanyak 12,67 helai. Pada parameter panjang akar menunjukkan bahwa penambahan bahan organik yang lebih panjang dan berbeda nyata dengan panjang akar yang diperoleh tanpa pemberian bahan organik.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman (cm), jumlah daun dan panjang akar kedelai (cm) dengan pemberian bahan organik pada tanah yang telah diinokulasi mikoriza.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Panjang akar (cm)
B0: tanah (tanpa BO)	47,75 b	10,17 b	28,67 b
B1: tanah+sekam	55,00 ab	10,50 ab	39,67 a
B2: tanah+arang sekam	69,50 a	12,67 a	32,67 ab
B3: tanah+sekam+arang sekam	55,42 ab	10,83 ab	34,33 ab
Np BNT 0,05	14,64	1,33	7,34

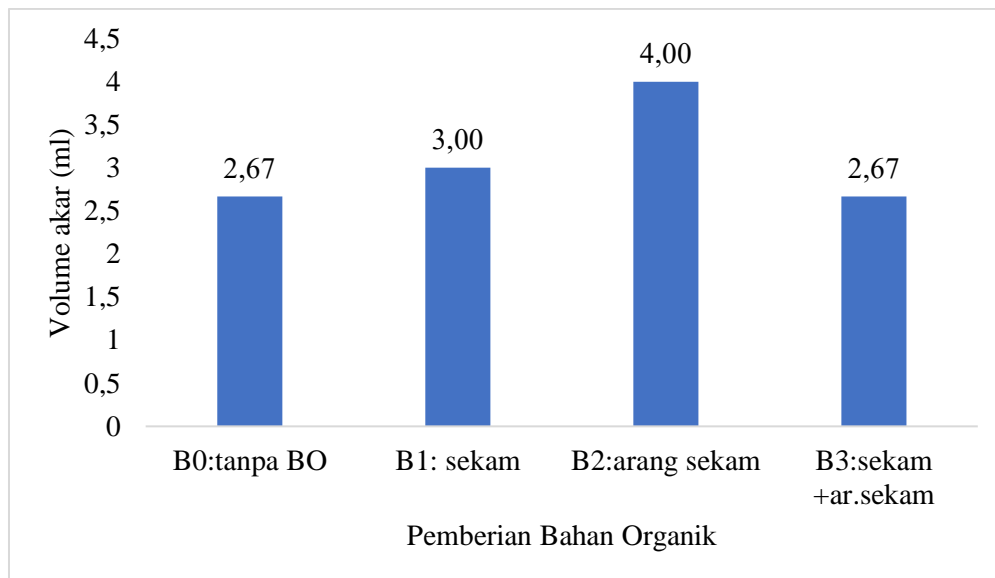
Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berarti berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 0,05.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian bahan organik tidak berpengaruh nyata terhadap volume akar tanaman kedelai. Namun nilai rata-rata volume akar tanaman kedelai yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa media tanam yang diberi bahan organik arang sekam (B2) diperoleh akar yang lebih banyak yaitu 4,00 mL, sedangkan volume akar terkecil diperoleh pada media tanam tanpa pemberian bahan organik dan media tanam yang diberi bahan organik campuran sekam dan arang sekam (B0 dan B3) yaitu masing-masing 2,67 mL.

Hasil pengamatan parameter pertumbuhan tanaman inang menunjukkan bahwa penambahan bahan organik memperbaiki pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan oleh tanaman yang lebih tinggi, daun yang lebih banyak dan akar yang lebih panjang. Pengaruh baik dari pemberian bahan organik terhadap pertumbuhan tanaman juga dikemukakan oleh Hitijahubessy dan Siregar (2016) yang menemukan bahwa pemberian bahan organik mempercepat pertumbuhan tanaman jagung. Demikian pula hasil penelitian Nendissa (2008) yang menemukan bahwa pemberian bahan organik menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, nisbah tajuk-akar, dan laju asimilasi bersih tanaman bawang merah yang lebih baik.

Pengaruh baik dari pemberian bahan organik sekam dan arang sekam terhadap pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah yang telah diinokulasi disebabkan kemampuan

sekam dan arang sekam dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang pada akhirnya akan memperbaiki pertumbuhan tanaman. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Mishra *et al.*, (2017) yang menemukan bahwa bahwa pemberian arang sekam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman padi. Disamping itu, keberadaan mikoriza mampu menstimulus hormon-hormon pertumbuhan (sitokinin dan auksin) yang berperan untuk memacu pembelahan dan pemanjangan sel-sel tanaman yang akhirnya akan memperbaiki pertumbuhan tanaman (Rahman *et al.*, 2015).



Gambar 4. Volume akar (mL) kedelai dengan pemberian bahan organik.

IV. KESIMPULAN

Penambahan sekam dan arang sekam meningkatkan ketersediaan fosfor hingga 9,5% lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan bahan organik. Penambahan sekam dapat meningkatkan infeksi mikoriza hingga 76% dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai yang ditunjukkan tanaman yang lebih tinggi, jumlah daun yang lebih banyak dan akar yang lebih panjang.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan biaya penelitian melalui Skim Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2021.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., and K.H. Tan. (1991). Availability of fixed phosphate to corn (*Zea mays* L.) seedling as affected by humic acids. *Indon. J.Trop.Agric.* 2(2):66-72.
- Barzana, G., R. Aroca, J.A.Paz, F. Chaumont, M.C.M. Ballesta, M. Carvaja, J.M. R. Lozano. (2012). Arbuscular mycorrhizal symbiosis increases relative apoplastic water flow in

- roots of the host plant under both well-watered and drought stress conditions. *Ann. Bot* 109 (5): 1009-1017. doi: 10.1093/aob/mcs007.
- Buechel, T. and E. Bloodnick (2016). *Mycorrhizae: description of types, benefits, and uses*. Plant Health. <https://gpnmag.com/article/mycorrhizae-description-of-types-benefits-and-uses/>
- Firmansyah, Y., and F. Silvana. (2019). Effects of Giving Charcoal Husk and P Fertilizer on Growth and Production of Sweet Corn Plants (*Zea mays saccharata* Sturt) on Peatland. *JOM FAPERTA* 6 (1).
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. (2008). *Fisiologi Tanaman Budidaya* (terjemahan H. Susilo). Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). 428p.
- Matsumoto, H. (2000). Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *Int. Rev. Cytol.* 2000:1-46.
- Hitijahubessy, F.J.D., dan A. Siregar. (2016). Peranan bahan organik dan pupuk majemuk NPK dalam menentukan percepatan pertumbuhan tanaman jagung (*zea mays Saccharata* L.) pada tanah Inceptisol. *J. Budidaya Pertanian* 12(1):1-9.
- Kafid, M., Aini, L.Q. dan Prasetya, B. (2015). Peran mikoriza arbuskula dan bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung pada andisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(2):191-197.
- Kamsurya, M.Y., S. Botanri. (2022). Peranan bahan organik dalam mempertahankan dan perbaikan kesuburan tanah pertanian, Review. *Jurnal Agrohut.* 13(1): 25-34.
- Kookana, R.S., Sarmah, A.K., Van Zwieten, L., Krull, E. and Singh, B. (2011). Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences. *Advances in Agronomy*, 112, 103-143.
- Lambers, H, Chapin. F.S, Pons. T.L. (1998). *Plant Physiological Ecology*. New York (US), Springer.
- Leskona, D., Riza, L. dan Mukarlina. (2013). Pertumbuhan jagung (*Zea mays* L). Dengan pemberian *Glomus aggregatum* dan biofertilizer pada tanah bekas penambangan emas. *Jurnal Protobiont* 2(3):176-180. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/view/3890>.
- Mishra, A., K.Taing, M. W. Hall, Y. Shinogi. (2017). Effects of Rice Husk and Rice Husk Charcoal on Soil Physicochemical Properties, Rice Growth, and Yield. *Agriculture Sciences*, 8(9). 1014-1032.
- Nendissa, J. I. (2008). Pengaruh Organik Soil Treatment (OST) dan Selang Waktu Aplikasi Larutan Landeto Terhadap Pertumbuhan Bawang Merah Pada Regosol. *Jurnal Budidaya Pertanian* 4: 122-131. 2008.
- Nurmasyitah, Syafruddin, dan Sayuthi, M. (2013). Pengaruh Jenis Tanah dan Dosis Fungi Mikoriza Arbskular pada Tanaman Kedelai terhadap Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Agrista*. Vol. 17 (3) :103-110.
- Permanasari, I., Dewi, K.M., Irfan, M., Arminudin, A.T. (2016). Peningkatan efisiensi pupuk fosfat melalui aplikasi mikoriza pada kedelai. *Jurnal Agroteknologi* 6(2):23-30.
- Rahman, R., Anshar, M. dan Bahrudin. (2015). Aplikasi bakteri pelarut fosfat, bakteri penambat nitrogen dan mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Agrotekbis* 3(3):316-328.

- Smith AL, Bindraban PS, Schroder JJ, Conijn JG, van der Meer HG. (2009). *Phosphorus in agriculture: global resources, trends, and developments: report to the steering committee technology assessment of the ministry of agriculture, nature and food quality, The Netherlands*. Plant Research International Report 282. Plant Research International, Wageningen, 42 pp.
- Smith S.E., D.J. Read. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. California USA 35 p.
- Smith, S.E., F.A. Smith. (2012). Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. *Mycologia*, 104(1): 1–13. DOI: 10.3852/11-229.
- Stevenson, F.J. (1986). *Cycles of Soil C, N, P, S, Micronutrient*. John Willey and Sons. New York.
- Subaedah, S. (2018). *Agroteknologi Lahan Kering*. Penerbit Nas Media Pustaka. 200p.
- Subaedah, S., S.S. Netty, A. Ralle. (2020a). Growth and Yield of Two Soybean Varieties by Phosphate Fertilization and Arbuscular Mycorrhizal Application. *J. Biological of Sciences*. 20 (4): 147-152. DOI: 10.3923/jbs.2020.147.152.
- Subaedah, S., Netty S.S., A. Ralle. (2020b). Growth and yield of various soybean variety (*Glycine max* L. Merrill) with mycorrhizal application. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 484 (2020) 012074*. IOP Publishingdoi:10.1088/1755-1315/484/1/012074.
- Suharno dan R. P. Sancayaningsih. (2013). Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikorizaremediasi Logam Berat dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Bioteknologi* 10 (1): 31-42.
- Sutanto, R. (2002). *Pertanian Organik*. Kanisius. Yogyakarta. 219 hal.
- Talanca, A.H. (2010). Status Cendawan Mikoriza Vesicular-Arbuskular (MVA) pada tanaman. *In Prosiding Pekan Serelia Nasional*. 3:353-357. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/12/p45.pdf>