

PEMBERIAN DOSIS INOKULUM JAMUR MIKORIZA ABUSKULA (JMA) DAN PUPUK P YANG BERBEDA TERHADAP SERAPAN P DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)

Givani Oktaviana^{1*)}, Yusran²⁾ dan Wahyu Harso¹⁾

¹⁾Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

²⁾Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako

Alamat : Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Sulawesi Tengah 94117

*)Koresponding author: givanioktaviana17@gmail.com

ABSTRACT

The effectivity of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungi to increase P absorption is not only affected by AM fungal inoculum dose but also affected by soil P concentration. The aim of this study was to observe the effect of AM fungus inoculum doses and appropriate P concentration added in soil to increase maize growth. The study was conducted with completely randomized design based on two factors i.e. dose of AM fungus inoculums (0, 10, 20 g/polybag) and different P fertilizer levels (0, 1,8, 0,37 and 0,74 g/polybag). *Gigaspora margarita* species was used as a fungus inoculum. A polybag contained 5 kg air-dried soil. The results showed that application of AM fungus inoculum increased plant growth in low P soil while it did not increase plant growth in high P soil. Increasing fungus inoculum dose did not increase plant growth since the rate of root colonization was not significantly different.

Keywords: *Arbuscular Mycorrhizal Fungi, P soil, maize, growth.*

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras, sehingga jagung memiliki peluang untuk dikembangkan serta dapat menjadi komoditas pangan yang strategis dan bernilai ekonomis (Katriani, 2013).

Salah satu kendala yang harus dihadapi dalam budidaya jagung yang dapat mengurangi produktivitasnya yakni faktor lingkungan seperti cuaca dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah (Puspitasari dkk., 2012). Dalam upaya untuk meningkatkan produksi jagung maka dalam penanamannya diarahkan pada pemanfaatan lahan marginal sebab terbatasnya lahan subur yang ada. Salah

satu kendala yang harus dihadapi pada lahan ini yaitu rendahnya kesuburan tanah dan tanaman sering mengalami kekeringan (Bara, 2010).

Berkurangnya unsur hara dalam tanah khususnya fosfor (P) dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman yakni tanaman tumbuh kerdil, pembentukan bunga, buah dan biji terganggu. Fungsi utama P dalam tanaman adalah menyimpan dan mentransfer energi dalam bentuk ATP dan ADP. Untuk mengatasi kekurangan unsur hara khususnya P dalam tanah dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme berupa JMA dan pemberian pupuk P.

Pemanfaatan JMA dapat menjadi salah satu masukan teknologi mikrobial yang mungkin dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah kekeringan maupun terbatasnya unsur hara di dalam tanah yang dapat menjadi faktor pembatas dalam budidaya tanaman jagung.

Menurut Fitrianto (2014), pemberian jamur mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan produksi kacang hijau. Mampu meningkatkan tinggi tanaman awal, diameter dan biomassa akar tanaman stevia (Subhi dkk., 2014), serta dapat meningkatkan serta dapat meningkatkan pertumbuhan dan serapan N pada tanaman jagung (Hasibuan dkk., 2013).

Peranan JMA yang sangat besar terhadap pertumbuhan tanaman terutama disebabkan karena meningkatnya penyerapan P, ini dikarenakan JMA mampu memperbesar luas permukaan serapan pada tanaman inang yaitu dengan membentuk hifa eksternal (Same, 2011).

Efektifitas jamur mikoriza dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kepekaan tumbuhan inang terhadap infeksi fungi mikoriza arbuskula, faktor iklim dan faktor tanah (Hidayat, 2013). Pengaruh faktor tanah pada perkembangan JMA berkaitan erat dengan pH dan ketersediaan unsur hara (Setiadi dkk., 1992). Jika kandungan P terlalu rendah akan menghambat transportasi P dari jamur ke akar tumbuhan inang dan sebaliknya jika kandungan P tinggi akan

menghambat pembentukan simbiosis antara akar dengan jamur tersebut.

Selain itu pemberian pupuk P pada tanaman sangat dianjurkan sebagai pupuk dasar, hal ini disebabkan karena pupuk ini merupakan pupuk yang unsurnya tidak cepat tersedia dan juga sangat dibutuhkan pada stadium permulaan tumbuh (Hakim dkk., 1988). Pemberian pupuk P pada tanah dengan status hara rendah akan memberikan kontribusi yang besar bagi penyediaan hara tanaman.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh JMA dan pupuk P terhadap pertumbuhan tanaman jagung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan september 2016-Maret 2017, bertempat di Rumah kaca (*greenhouse*) TSP (Taman Sains Pertanian) BPTP Desa Sidondo III Kec. Sigi Biromaru Kab. Sigi dan Laboratorium Bioteknologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam serta Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako.

Metode yang digunakan adalah metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu pemberian inokulum JMA dengan dosis 0, 10 dan 20 *g/polybag*. Inokulum berupa spora yang terdapat di dalam tanah. 1 g inokulum terdapat 10 spora. JMA yang digunakan adalah jenis *Gigaspora margarita*.

Faktor kedua yaitu pemberian pupuk P (SP-36) dengan dosis 0, 0,18, 0,37 (dosis anjuran) dan 0,74 g/*polybag*. Dari kedua faktor tersebut diperoleh 12 kombinasi perlakuan dengan pengulangan sebanyak 4 kali, sehingga diperoleh 48 unit perlakuan.

Penyiapan media tanam dilakukan dengan mencampur rata tanah yang telah diambil dari lapisan tanah sedalam \pm 20 cm Tanah yang diambil merupakan tanah yang belum pernah diolah sebelumnya. Tanah kemudian diayak lalu dimasukkan kedalam plastik tahan panas untuk disterilkan dengan menggunakan oven dengan suhu 75°C selama 48 jam. Tanah yang telah disterilkan selanjutnya dimasukkan ke dalam *polybag* sebanyak 5 kg, yang telah dicampur rata dengan inokulum JMA dan pupuk P sesuai dosis perlakuan, serta pupuk urea (0,31g/*polybag*) dan KCL (0,06 g/*polybag*). Setelah itu *polybag* diletakkan sesuai petak contoh dengan jarak 30 cm.

Benih jagung ditanam pada masing-masing *polybag* sebanyak 3 biji. Benih jagung yang digunakan merupakan varietas unggul (lamuru) yang telah diseleksi sebelumnya dan disterilkan menggunakan alkohol 70%. Setelah benih jagung berumur 1 minggu, disisakan 1 semai dipilih berdasarkan pertumbuhannya yang baik dan memiliki ukuran yang relatif seragam terhadap tanaman yang terdapat pada *polybag* lain. Kadar air dalam tanah sebesar 20%

dipertahankan dari awal sampai akhir penelitian.

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyulaman, pembersihan daerah sekitar tanaman dari gulma, serta pengontrolan setiap harinya. Penyulaman dilakukan terhadap tanaman yang mati.

Pemanenan ditandai dengan munculnya bunga jantan (*tassel*). Pemanenan dilakukan saat tanaman jagung berumur 54 hari setelah tanam (HST) dengan cara memotong bagian tajuk tanaman dari pangkal batang, sedangkan akar yang berada di dalam *polybag* dipisahkan dari *polybag* kemudian disiram dengan air mengalir hingga tanah yang menempel pada permukaan akar hilang. Akar yang telah bersih kemudian dibungkus dengan *tissue* untuk menyerap air yang menempel pada akar. Hal tersebut dilakukan secara hati-hati agar akar tidak rusak.

Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman (cm), dilakukan 54 HST yang diukur dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang. Berat kering (g), dilakukan dengan menimbang berat bering akar tanaman setelah dikeringkan menggunakan oven pada 65°C selama 48 jam. Persentase akar yang terkolonisasi (%) Persentase akar yang terkolonisasi jamur ditentukan dengan pengecatan akar dengan menggunakan metode Phillip and Hayman (1970) yang telah dimodifikasi. Jumlah akar yang terkolonisasi dihitung menggunakan *gridline intersec method* (Giovanetti and Mosse, 1980) Sebanyak

100-150 potong akar yang telah diwarnai, diambil secara acak, lalu dituang dan disusun secara teratur pada kotak cawan petri bergaris. Penghitungan dilakukan dengan cara menghitung banyaknya bagian akar yang bermikoriza dan yang tidak bermikoriza tiap-tiap arah pandang pada garis kotak vertikal menurun pada cawan petri. Persentase akar yang terinfeksi dihitung menggunakan rumus :

Pengukuran kadar P tajuk (%) dilakukan dengan metode destruksi basah (Afandie, 1982) yang telah dimodifikasi menggunakan H₂SO₄ pekat dan H₂O₂ 30%. Selanjutnya dilakukan penetapan kadar P dan penentuan nilai absorbansi larutan dihitung menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 693 nm (Sulaeman dkk., 2005).

$$\% \text{ akar terkolonisasi} = \frac{\text{Jumlah akar yang terkolonisasi}}{\text{Jumlah akar yang diamati}} \times 100\%$$

Data hasil pengamatan dianalisis dengan *Analysis of Variance (ANOVA) two way anova*, Untuk membedakan rerata antar perlakuan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji *Duncan Multiple Range (DMRT)* pada taraf uji 5%.

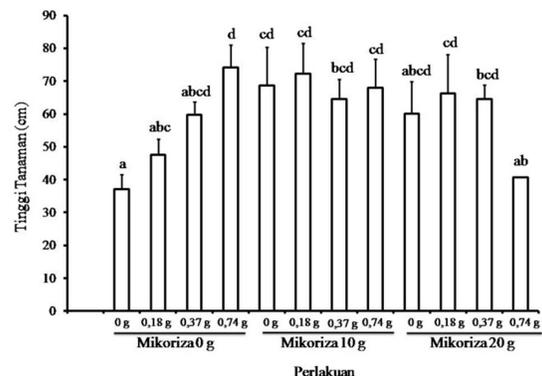
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Pemberian dosis inokulum mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman (gambar 1). Terlihat pada tanaman yang diberi inokulum JMA sebanyak 10 g dan 20 g terutama pada tanaman yang tidak diberi pupuk P (0

g/polybag). Tidak terdapat beda nyata pada tinggi tanaman yang diberi inokulum JMA 10 g dan 20 g pada tanaman yang dipupuk dengan 0 g, 0,18 g dan 0,37 g P/polybag.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa dosis pupuk P tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, akan tetapi peningkatan dosis pupuk P (0,74 g/polybag) yang diberikan akan meningkatkan tinggi tanaman terutama pada tanaman yang tidak diinokulasikan dengan JMA. Meskipun pada uji lanjut tidak menunjukkan beda nyata dengan tinggi tanaman dari tanaman uji yang diberi pupuk P sebanyak 0,37 g/polybag.



Gambar 1. Pengaruh pemberian dosis inokulum JMA dan pupuk P terhadap tinggi tanaman jagung (*Zea mays* L.) umur 54 hari setelah tanam. Nilai yang diberikan adalah nilai rata-rata \pm SE (standard error). Batang grafik yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Pada tanaman uji yang diinokulasi JMA sebanyak 10 *g/polybag* tinggi tanaman tidak dipengaruhi oleh jumlah dosis pupuk P yang diberikan. Sementara pada tanaman uji yang diinokulasi JMA sebanyak 20 *g/polybag* tidak terdapat beda nyata terhadap tinggi tanaman pada tanaman uji yang dipupuk dengan 0,18 g dan 0,37 *g/polybag*. Serta pada pemberian pupuk P sebanyak 0,74 *g/polybag* diperoleh tinggi tanaman terendah.

Terdapat interaksi antara dosis pupuk P dengan dosis inokulum yang diberikan. Pemberian inokulum JMA akan meningkatkan tinggi tanaman terutama pada tanaman yang tidak diberi pupuk P (0 *g/polybag*) dan sebaliknya akan menurunkan tinggi tanaman pada pemberian pupuk P dengan dosis tertinggi (0,74 *g/polybag*).

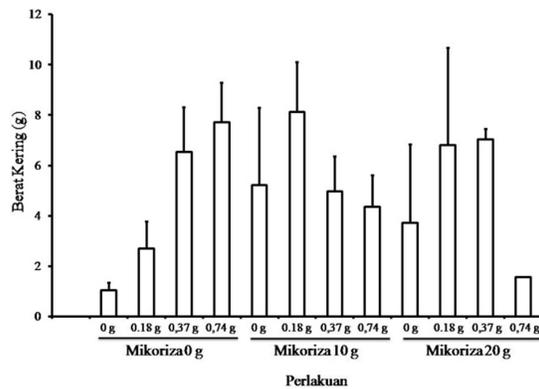
Peningkatan pemberian dosis pupuk P pada media tanam hingga 0,74 *g/polybag* dapat meningkatkan tinggi tanaman jagung yang tidak diinokulasi dengan JMA. Hal tersebut dikarenakan pemberian dosis pupuk P mampu meningkatkan kandungan P tersedia di dalam tanah sehingga tanaman dapat dengan mudah menyerap hara P yang tersedia dan mengakumulasinya dalam jumlah yang tinggi. Hara P merupakan salah satu unsur hara makro yang sangat dibutuhkan bagi tanaman selama proses pertumbuhannya (Sutedjo, 1995). Hara P berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, karena hara P merupakan penyusun dari molekul

berenergi tinggi (ATP), selain itu P juga merupakan penyusunan membran sel dan asam nukleat (Syarif, 2005). Hara P pada tanaman dibutuhkan dalam proses fotosintesis untuk pembentukan energi agar dapat mereduksi karbondioksida menjadi karbohidrat (Syarif, 2004). Karbohidrat yang dihasilkan tersebut kemudian ditranslokasikan pada bagian tajuk (titik tumbuh) sehingga pertumbuhan tanaman pun meningkat.

Sementara itu pemberian inokulum JMA pada media tanam berpengaruh nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman jagung terutama pada tanaman yang tidak diberi pupuk P (Gambar 1). Hal ini dikarenakan hifa eksternal dari JMA yang menginfeksi daerah perakaran mampu membantu tanaman dalam menyerap air dan unsur hara yang terdapat di dalam tanah yang tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman. Menurut Simanungkalit (2006), Penyerapan P pada permukaan akar lebih cepat dari pergerakan P ke permukaan akar, sehingga zona terkurasnya P terjadi di sekitar akar. Dengan adanya hifa yang meluas dari permukaan akar dapat membantu tanaman dalam melintasi zona tersebut, sehingga tanaman dapat menyerap P dari zona yang tidak dapat dicapai oleh akar yang tidak bermikoriza. Selain meningkatkan penyerapan air dan unsur hara, JMA juga membantu dalam pembentukan vitamin dan beberapa zat pengatur tubuh seperti sitokinin, giberelin dan auksin yang dapat meningkatkan

pertumbuhan tinggi tanaman jagung (Djauhari, 2015).

Berat Kering Tanaman (*Zea mays* L.)



Gambar 2. Pengaruh pemberian dosis inoculum JMA dan pupuk P terhadap berat kering tanaman jagung (*Zea mays* L.) umur 54 hari setelah tanam. Nilai yang diberikan adalah nilai rata-rata \pm SE (standard error).

Pemberian dosis JMA dan dosis pupuk P yang diberikan pada tanaman uji tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat kering tanaman. Berat kering tanaman cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah pupuk P yang diberikan terutama pada tanaman yang tidak diinokulasi dengan JMA (0 *g/polybag*). Pemberian dosis inoculum jamur mikoriza arbuskula sebanyak 10 g dan 20 *g/polybag* cenderung akan meningkatkan berat kering tanaman terutama pada tanaman yang dipupuk P sebanyak 0 g dan 0,18 g */polybag*. Sementara tanaman yang dipupuk P sebanyak 0,74 *g/polybag* dan

diberi inoculum JMA sebanyak 20 *g/polybag* memiliki berat basah terendah terhadap berat basah tanaman bermikoriza lainnya dan memiliki berat basah lebih rendah dari tanaman yang tidak diinokulasi dengan JMA pada tanaman yang diberi pupuk P dengan dosis yang sama.

Pemberian JMA juga dapat meningkatkan berat kering tanaman jagung terutama pada tanah dengan kadar P rendah (Gambar 2). Menurut Musfal (2010), bahwa peningkatan pertumbuhan tanaman ditandai dengan meningkatnya berat kering tanaman. Berat kering tanaman menunjukkan pertumbuhan tanaman dan banyaknya unsur hara yang terserap per satuan bobot biomassa yang dihasilkan. Semakin berat bobot kering tanaman, pertumbuhan tanaman semakin baik dan unsur yang terserap tanaman semakin banyak.

Pemberian inoculum JMA mampu mengurangi penggunaan pupuk P pada tanaman. Hal ini dikarenakan pada kondisi P tanah yang rendah hifa pada akar tanaman yang terkolonisasi JMA mampu meningkatkan kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur hara khususnya P yang tidak mampu diserap oleh akar tanaman sehingga pengaruh jamur mikoriza arbuskula terhadap serapan hara pun tinggi. Menurut Suherman dkk. (2011), bahwa pengaruh JMA lebih efektif pada tanah yang diberi pupuk P rendah, karena P yang terserap berpengaruh terhadap kandungan

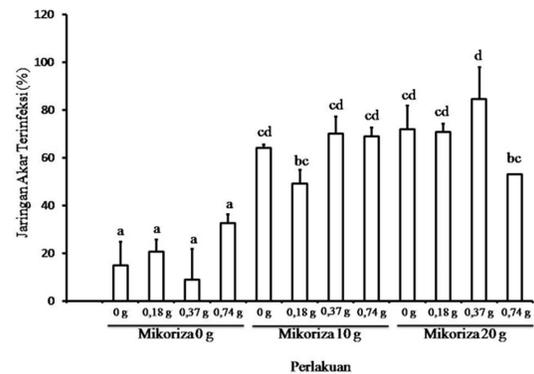
karbohidrat terlarut pada akar tanaman. Kandungan P yang rendah pada akar tanaman akan meningkatkan kandungan karbohidrat di dalam akar sehingga respon JMA terhadap tanaman akan lebih baik.

Kandungan P yang tinggi dalam tanah selain dapat menyebabkan pertumbuhan JMA tidak optimal tetapi juga peranannya tidak begitu dibutuhkan karena tanaman dengan sendirinya mampu menyerap unsur hara yang ada di sekitarnya. Pemberian inokulum JMA pada media tanam dengan kandungan P tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Gambar 1 dan 2), sebab simbiosis yang terjadi antara tanaman dan JMA justru tidak menguntungkan. Karena meskipun jamur tidak membantu dalam melakukan penyerapan unsur hara, tetapi tanaman masih terus menyuplai makanan berupa karbohidrat bagi jamur. Menurut Pulungan (2013), bahwa JMA dapat digolongkan sebagai parasit terhadap tanaman jika jumlah karbohidrat yang dikeluarkan tanaman lebih besar nilainya dibanding nilai unsur hara yang diperoleh tanaman dari JMA, kondisi tersebut dapat terjadi pada kandungan P tanah yang tinggi sehingga penyerapan hara dapat langsung dari rambut akar.

Presentase Akar yang Terinfeksi Mikoriza

Persentase akar yang terkolonisasi oleh JMA dipengaruhi oleh dosis inokulum JMA yang diberikan. Tingkat kolonisasi lebih tinggi pada akar tanaman yang diinokulasi dengan inokulum JMA

sebanyak 10 g dan 20 g/polybag dibandingkan pada tanaman yang tidak diinokulasi (0 g/polybag). Pada tanaman yang tidak diinokulasi dengan JMA masih terjadi kolonisasi meskipun tingkat kolonisasinya sangat rendah. Tidak ada perbedaan yang nyata pada tingkat kolonisasi dari akar yang diberi inokulum sebanyak 10 g dan 20 g/polybag pada setiap jumlah pupuk yang diberikan. Pemberian dosis pupuk P tidak memberikan pengaruh yang nyata pada persentase akar yang terkolonisasi.



Gambar 3. Pengaruh pemberian dosis inokulum JMA dan pupuk P terhadap persentase jaringan akar tanaman jagung (*Zea mays* L.) yang terinfeksi jamur mikoriza arbuskula umur 54 hari setelah tanam. Nilai yang diberikan adalah nilai rata-rata \pm SE (standard error). Batang grafik yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%.

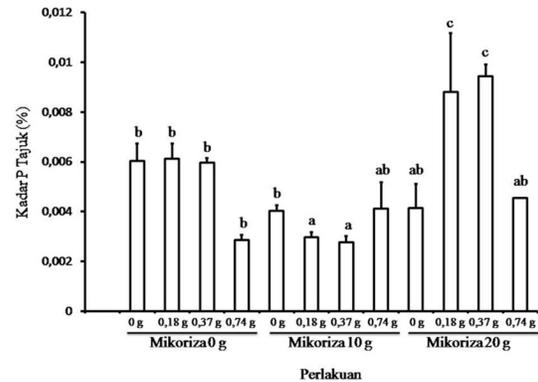
Pemberian inokulum JMA menghasilkan persentase akar yang terkolonisasi tertinggi sebesar 80% meskipun tidak berbeda nyata antara dosis

inokulum sebanyak 10 g dan 20 g/polybag. Jumlah akar JMA tidak dipengaruhi oleh pemberian pupuk P pada media tanam. Hal ini dikarenakan kandungan P tersedia di dalam tanah telah cukup untuk terjadinya kolonisasi jamur pada akar tanaman, sehingga tanpa penambahan pupuk P pada media tanam kolonisasi pun dapat terjadi. Menurut Djauhari (2015), penambahan pupuk P justru akan menghambat kolonisasi pada akar. Hal ini disebabkan suplai karbohidrat menuju akar berkurang. Hal ini dapat dilihat pada tingkat kolonisasi akar tanaman jagung yang diberi pupuk P sebanyak 0,74 g/polybag dengan dosis inokulum 20 g/polybag (Gambar 3).

Kadar P (*Phosfor*) Tajuk

Pemberian dosis inokulum JMA dan pupuk P berpengaruh nyata terhadap kadar P dalam tajuk. Pemberian inokulum JMA 20 g/polybag meningkatkan kadar P dalam tajuk terutama pada tanaman yang dipupuk dengan dosis 0,18 g dan 0,37 g/polybag bila dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi (0 g/polybag) dan dengan tanaman yang diinokulasi JMA sebanyak 10 g/polybag. Tanaman yang tidak diinokulasi dengan inokulum JMA cenderung memiliki kadar P dalam tajuk yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi dengan 10 g/polybag inokulum terutama pada tanaman yang diberi pupuk P dengan dosis 0 g, 0,18 g dan 0,37 g/polybag. Demikian pula bila dibandingkan dengan kadar P tajuk pada tanaman yang

diinokulasi JMA sebanyak 20 g/polybag. Terdapat interaksi antara dosis mikoriza yang diberikan dengan dosis pupuk P. Kadar P tajuk cenderung lebih rendah pada tanaman yang dipupuk dengan pupuk P sebanyak 0,74 g/polybag terutama pada tanaman yang tidak diinokulasi JMA.



Gambar 4. Pengaruh pemberian dosis inokulum JMA dan pupuk P terhadap kadar P tajuk tanaman jagung (*Zea mays* L.) umur 54 hari setelah tanam. Nilai yang diberikan adalah nilai rata-rata \pm SE (standard error). Batang grafik yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Meskipun kadar P tanaman bermikoriza yang dipupuk dengan dosis P yang rendah lebih rendah dibandingkan dengan kadar P tanaman yang tidak bermikoriza namun tanaman bermikoriza memiliki berat kering tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan berat kering tanaman yang tidak bermikoriza (Gambar 4). Hal ini disebabkan oleh laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan akumulasi P dari

tanaman bermikoriza (Jarrel and Beverly, 1981).

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan, bahwa dosis inokulum yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman bila tingkat kolonisasi yang terbentuk tidak berbeda nyata. Pemberian Jamur mikoriza arbuskula dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama pada tanaman yang ditumbuhkan pada tanah dengan kandungan P yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak I Ketut Suwitra, S.St.Pi., M.Si atas segala bantuan, saran dan ilmu yang diberikan selama penelitian. Serta sahabat-sahabat yang telah membantu proses penelitian baik di lapangan dan di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bara, A. (2010). Pengaruh dosis pupuk kandang dan frekuensi pemberian pupuk urea terhadap pertumbuhan dan produksi jagung (*Zea mays*L.) di lahan kering. Skripsi. Fakultas Pertanian IPB. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/26861>.
- Afandie. (1982). Analisa tanaman. Departemen ilmu tanah fakultas pertanian UGM. Yogyakarta.
- Fitrianto, Hermanto, dan Kriswantoro, H. (2014). Studi pemanfaatan mikoriza arbuskula dan efisiensi pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) pada tanah PMK, di dalam: Pengembangan teknologi pertanian yang inklusif untuk memajukan petani lahan suboptimal. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. (hal 124-125). Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Hakim, N., Nyakpa, M. Y., Lubis A. M., Nugoho, S. G., Saul, M. R., Diha, A. M., Hong, dan Bailey, G. B. (1988). Dasar-dasar ilmu tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Hasibuan, D. S., Sabrina, T dan Lubis, A. (2014). Potensi berbagai tanaman sebagai inang inokulum mikoriza arbuskular dan efeknya terhadap pertumbuhan tanaman jagung dan kedelai di tanah ultisol. *Jurnal Online Agroteknologi*, 2(2), 905-914.
- Hidayat, C. (2013). Studi biodiversitas fungi mikoriza arbuskula pada tumbuhan bawah di tegakan sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & Gimes). Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/discover>.
- Jarrell, W. M and Beverly, R. B. (1981). The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in agronomy*. 34, 197-224.
- Katriani, M. (2013). Analisis morfofisiologi dan hasil jagung yang diaplikasikan *Trichoderma* spp dan NPK pada lahan kering. Proposal Disertasi. Progam Pascasarjana. Universitas Hasanuddin. Makassar. <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/proposaldisertasi.pdf>.
- Musfal. (2010). Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4), 154-158.
- Phillips, J. M and Hayman, D. S. (1970). Improved procedurres for clearing roots staining parasitics and VAM

- fungi for rapid assesment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 46(2), 235-244.
- Pulungan, A. S. S. (2015). Biodiversity of FMA in red pepper rhizosfer. *Jurnal Biosains*, 1(3), 125-129.
- Puspitasari, D., Purwanti, K. I dan Muhibuddin, A. (2012). Eksplorasi vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) indigenus pada lahan jagung di desa Torjun, Sampang Madura. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1, 19-22.
- Same, M. (2011). Serapan fosfat dan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada tanah ultisol akibat acendawan mikoriza arbuskula. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 11(2), 69-76.
- Setiadi, Y., Mansur, I., Budi, S. W dan Achmad. (1992). Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor.
- Simanungkalit, R. D. M. (2006). Cendawan mikoriza arbuskula. Pupuk organik dan pupuk hayati. 159-190.
- Subhi, M., Purnomo, D dan Suntoro. (2014). Pemanfaatan mikoriza dan fosfor dalam budidaya tanaman stevia. *Jurnal EL-VIVO*, 2(2), 50-57.
- Suherman, C. A., Hamzah, D. H., Arief, S. A. (2011). Efektivitas fungi mikoriza arbuskula dan pupuk fosfat dalam meningkatkan hasil dan rendemen minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Suprpto, H.S. (1991). Bertanam jagung. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sutedjo, M. M. (2002). Pupuk dan cara pemupukan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Syarif, A. (2004). Efek naungan, cendawan mikoriza arbuskula dan pupuk fosfat terhadap pertumbuhan bibit manggis. *Stigma*. 12(3). 259.
- Syarif, A. Z. (2005). Adaptasi dan ketenggangan genotip padi terhadap defisiensi fosfor di tanah sawah. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.