

PENGARUH VOLUME MEDIA TANAM DAN JUMLAH TANAMAN INANG PADA PRODUKSI SPORA FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR

*Effect of Plant Media Volume and Number of Host Plants on Spore Production of
Arbuscular Mycorrhizal Fungi*

Maria Viva Rini^{1*}, Ramadian Budi Santoso¹, Sugiatno Sugiatno¹

¹Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*E-mail Korespondensi: maria.vivarini@fp.unila.ac.id

ABSTRAK

Produksi fungi mikoriza arbuskular sangat dipengaruhi oleh media tanam dan tanaman inang. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan volume media tanam dan jumlah tanaman inang yang terbaik untuk memproduksi spora fungi mikoriza arbuskular (FMA). Penelitian menggunakan rancangan faktorial 5x 5 dengan faktor pertama volume media tanam yang terdiri dari 200 ml, 400 ml, 600 ml, 800 ml, dan 1000 ml. Sedangkan faktor ke dua adalah jumlah tanaman inang per pot yang terdiri dari 1, 2, 3, 4, dan 5 tanaman. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Media tanam yang digunakan adalah campuran pasir sungai steril dengan zeolite dengan perbandingan 1: 1 berdasarkan volume dan tanaman inang yang digunakan adalah *Pueraria javanica*. Tanaman inang dipelihara di rumah kaca hingga 4 bulan kemudian dikeringkan (tanpa disiram selama 2 minggu) untuk memicu produksi spora. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa volume media tanam yang paling sesuai untuk memproduksi spora FMA adalah 400 ml dengan jumlah tanaman inang sebanyak 5 tanaman. Dari perlakuan ini diperoleh jumlah spora terbanyak dibandingkan perlakuan lainnya.

Kata kunci: volume media, jumlah tanaman inang, *Pueraria javanica*, fungi mikoriza arbuskular

ABSTRACT

*The production of arbuscular mycorrhizal fungi is strongly influenced by the growing medium and the host plant. Therefore, this study aims to obtain the best volume of growing media and the number of host plants to produce spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The study used a 5x5 factorial design with the first factor being the volume of the planting medium consisting of 200 ml, 400 ml, 600 ml, 800 ml, and 1000 ml. While the second factor is the number of host plants per pot consisting of 1, 2, 3, 4, and 5 plants. Each treatment was repeated 4 times. The planting medium used was a mixture of sterile river sand with zeolite in a 1: 1 ratio based on volume and the host plant used was *Pueraria javanica*. Host plants were maintained in greenhouses for up to 4 months and then dried (without watering for 2 weeks) to promote spore production. The results showed that the volume of the most suitable planting medium for producing AMF spores was 400 ml with 5 host plants per pot. From this treatment, the highest number of spores was obtained compared to other treatments.*

Keywords : volume of media, number of host plant, *Pueraria javanica*, arbuscular mycorrhizal fungi

PENDAHULUAN

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) membentuk hubungan simbioisis mutualistik dengan akar tanaman, artinya

kedua belah pihak mendapatkan keuntungan dari asosiasi tersebut. Fungi menerima pasokan fotosintat dari tanaman inang dan sebagai imbalannya fungi menyediakan tanaman dengan berbagai layanan yang bermanfaat (Souza, 2015). Fungi mikoriza

arbuskula diketahui bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan akses tanaman terhadap unsur hara esensial dan air, serta membantu melindungi tanaman dari serangan hama, penyakit, kekeringan, dan tekanan lingkungan lainnya (Begum *et al.*, 2019; Nadeem *et al.*, 2017; Susilowati *et al.*, 2019). Selain itu, fungi dapat meningkatkan perkembangan akar tanaman, serta membantu menstabilkan agregat tanah di sekitar akar tanaman, dan meningkatkan kesehatan tanaman (Nadeem *et al.*, 2017; Rini, 2001).

Peranan FMA dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman telah banyak dilaporkan oleh para peneliti, begitu pula akhir-akhir ini, FMA telah banyak diaplikasikan dalam kegiatan budidaya tanaman terutama di perkebunan. Oleh karena itu, teknik memproduksi spora FMA terus dikembangkan untuk memperoleh hasil semaksimal mungkin. Rini dan Rozalinda (2020) melaporkan bahwa jenis tanaman inang mempengaruhi produksi FMA. Dalam penelitian tersebut dilaporkan bahwa jenis legume seperti *Centrosema pubescens* dan *Calopogonium mucunoides* dapat bersimbi-osis dengan FMA dan dapat digunakan sebagai tanaman inang untuk memproduksi spora.

Dalam memproduksi spora mikoriza beberapa faktor yang perlu diperhatikan adalah jenis tanaman inang, jenis media tanam (kasar dan rendah kandungan unsur hara dengan kapasitas tukar kation yang tinggi) dan kesuburan media tanam (Menge, 1984; Setiadi, 2002). Disamping itu, jumlah tanaman inang dalam satu pot juga akan berpengaruh. Jika terlalu banyak tanaman inang dalam satu pot, maka volume media tanam dan unsur hara akan terbatas untuk pertumbuhan tanaman inang sehingga akan berpengaruh terhadap kolonisasi FMA. Jika terlalu sedikit tanaman inang per pot, keadaan yang menguntungkan fungi untuk tumbuh tidak cukup, seperti eksudat akar yang diperlukan di awal kolonisasi FMA dan fotosintat dari tanaman inang untuk

pertumbuhan FMA jadi tidak memadai (Miyasaka, 2003). Lebih lanjut mereka juga menyarankan bahwa volume pot juga akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman inang dan pada akhirnya akan berpengaruh pada proses kolonisasi FMA di akar tanaman, sehingga akan berpengaruh pada perkembangan dan produksi spora FMA dalam kultur pot tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan kultur pot yang paling sesuai untuk memproduksi spora FMA dengan mencari volume media tanam dan jumlah tanaman inang yang paling sesuai.

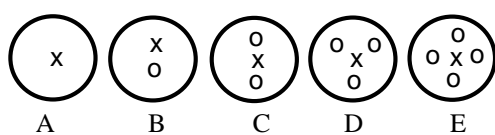
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian menggunakan rancangan faktorial 5 x 5 dengan faktor pertama adalah volume media (M) yang terdiri dari 200 ml (m 1), 400 ml (m 2), 600 ml (m 3), 800 ml (m 4), dan 1000 ml (m 5). Sedangkan faktor kedua adalah jumlah tanaman inang per pot yang terdiri dari 1 tanaman (t 1), 2 tanaman (t 2), 3 tanaman (t 3), 4 tanaman (t 4), dan 5 tanaman (t 5). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Perlakuan diterapkan ke dalam satuan percobaan di rumah kaca menurut rancangan kelompok teracak sempurna. Data yang diperoleh diuji dengan uji Barlet untuk uji homogenitas nilai tengah antar perlakuan dan uji Tukey untuk uji kemenambahan data. Jika data bersifat homogen dan menambah, maka pemisahan nilai tengah dilakukan dengan Uji BNT pada taraf alfa 5% dan uji Regresi.

Media tanam yang digunakan merupakan campuran pasir sungai steril dan zeolite. Pasir sungai disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 60 menit. Zeolit dicuci dengan air keran hingga bersih. Media kemudian dicampur dengan perbandingan 1:1 berdasarkan volume dan dimasukkan ke

dalam pot sesuai dengan volume sesuai dengan perlakuan.

Benih *Pueraria javanica* (PJ) Disterilisasi dengan larutan Clorox 5% selama 15 menit, kemudian dicuci bersih dengan air keran. Benih selanjutnya disemai di atas kertas merang yang sudah dilembabkan selama 3 hari. Fungi mikoriza yang digunakan adalah *Glomus* sp. yang merupakan koleksi Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Aplikasi FMA dilakukan pada benih PJ yang sudah berkecambah dengan menempelkan 3 spora *Glomus* sp. pada akar kecambah dengan bantuan pinset spora di bawah mikroskop stereo. Setelah diinokulasi, kecambah di tanam di tengah tengah pot yang telah dibuat lubang tanam sedalam 2 cm dengan diameter 5 mm. Benih kemudian ditutup dengan media tanam. Perlakuan tanaman inang yang lebih dari 1 tanaman inang per pot, kecambah PJ tambahan di tanam di sekitar kecambah yang sudah diinokulasi dengan FMA, akan tetapi kecambah tersebut tidak diinokulasi dengan FMA (hanya 1 kecambah per pot yang diinokulasi dengan FMA). Tata cara penanaman kecambah PJ sesuai dengan perlakuan jumlah tanaman inang per pot dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: x = tanaman yang dinokulasi dengan FMA, o = tanaman tidak diinokulasi

Gambar 1. Letak tanaman inang dalam pot berdasarkan jumlah tanaman: 1 tanaman (A), 2 tanaman (B), 3 tanaman (C), 4 tanaman (D), dan 5 tanaman (E).

Setelah penanaman selesai sesuai dengan perlakuan, pot-pot disimpan di rumah kaca menurut tata letak rancangan kelompok teracak sempurna dan dilakukan pemeliharaan. Tanaman diberi pupuk Hyponex merah dengan konsentrasi 2 g/liter

setiap minggu pada umur 2 -8 minggu setelah tanam dengan dosis 10 ml untuk pot 200 ml, 20 ml untuk pot 400 ml, 30 ml untuk pot 600 ml, 40 ml untuk pot 800 ml, dan 50 ml untuk pot 1000 ml. Perawatan tanaman yang lain yaitu penyiraman yang dilakukan setiap pagi hari dan mencabut gulma yang tumbuh di dalam pot secara manual.

Data yang diamati pada penelitian ini adalah jumlah spora dan infeksi akar pada umur 16 minggu setelah tanam (MST), kecuali untuk jumlah spora pengamatan dilakukan pada umur 8 dan 16 MST. Pada pengamatan jumlah spora pada umur 8 MST, sampel media tanam diambil dengan *soil sampler* sebanyak 20 g. Spora dalam media diisolasi menurut metode penyaringan basah (Brundrett *et al.*, 2008) dan dihitung di bawah mikroskop stereo secara manual. Pada 16 MST, tanaman dipisahkan dari media tanam. Media tanam dicampur hingga homogen dan sebanyak 50 g ditimbang untuk pengamatan jumlah spora. Untuk pengamatan kolonisasi akar oleh FMA, 2 g sampel akar diambil secara acak dan pengamatan dilakukan dengan mewarnai akar dengan pewarna *Trypan blue* juga menurut metode Brundrett *et al.* (1996). Data bobot tajuk dan bobot kering akar diukur pada umur 16 MST.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Spora

Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat interaksi antara faktor pertama (volume media tanam) dengan faktor ke dua yaitu jumlah tanaman inang pada semua peubah yang diamati. Oleh karena itu, data hasil pengamatan disajikan per faktor perlakuan.

Data jumlah spora, baik untuk minggu ke 8 MST maupun minggu ke 16 MST, tidak dapat dianalisis ragam karena tidak memenuhi syarat kehomogenan ragam antar perlakuan dan kemenambahan data. Oleh karena itu, data disajikan berdasarkan rata-rata setiap perlakuan. Data jumlah spora per 50 g media disajikan pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada minggu ke 8 MST, jumlah spora yang dihasilkan masih rendah. Volume media yang menghasilkan jumlah spora yang lebih baik adalah pot ukuran 1000 ml. Untuk perlakuan jumlah tanaman inang, jumlah tanaman inang 1 dan 5 tanaman per pot menunjukkan jumlah spora yang lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Namun pada minggu ke 16 MST dimana FMA sudah cukup berkembang di akar tanaman inang, perlakuan 5 tanaman inang per pot menghasilkan jumlah spora yang lebih tinggi dari perlakuan lainnya (Tabel 2). Media tanam 200 ml dan 400 ml menghasilkan jumlah spora hampir dua kali lipat dari volume media tanam 600-1000 ml. Jumlah spora pada umur 16 MST (134-408 spora/50 g) juga jauh lebih tinggi dibandingkan jumlah spora pada umur 8 MST (2-55 spora/50 g) berdasarkan perlakuan volume media tanam.

Tabel 1. Jumlah spora FMA pada 8 MST

Perlakuan	Jumlah spora (per 50 g media)
Volume media	
200 ml	2,3
400 ml	27,2
600 ml	6,3
800 ml	20,2
1000 ml	55,1
Jumlah tanaman inang	
1 tanaman	33,3
2 tanaman	17,5
3 tanaman	19,6
4 tanaman	12,4
5 tanaman	24,1

Rendahnya produksi spora pada 8 MST dapat disebabkan oleh belum berkembangnya hifa FMA di dalam akar tanaman inang maupun di dalam media tanam. Diperlukan waktu untuk hifa FMA berkembang di akar dan di dalam tanah. Chaurasia dan Khare (2005) dalam penelitian mereka mengamati bahwa 15 hari setelah inokulasi, rata-rata sekitar 40% akar

tanaman inang sudah dikolonisasi oleh FMA dan persen kolonisasi meningkat terus dengan meningkatnya waktu pengamatan. Persen kolonisasi tertinggi diperoleh di akhir penelitian 60 hari setelah inokulasi dengan persen kolonisasi 70-90%. Lama waktu yang diperlukan dalam proses kolonisasi juga ditentukan oleh tanaman inang. Pada tanaman jagung, waktu 3 bulan sudah cukup untuk FMA berkembang di dalam media tanam dan menghasilkan spora yang tinggi (Rini dan Rozalinda, 2020) sementara pada kelapa sawit dibutuhkan waktu sekurangnya 6 bulan untuk hifa FMA berkembang di dalam akar tanaman (Widiastuti, 2002). Spora yang rendah juga dapat disebabkan karena pada waktu pengambilan sampel media tanam di 8 MST ini, tanaman masih dalam keadaan hidup dan media disiram secara teratur. Untuk merangsang produksi spora FMA secara pot kultur biasanya 2 minggu sebelum dipanen tanaman dibiarkan kering untuk merangsang sporulasi (Sieverding, 1991).

Tabel 2. Jumlah spora FMA pada 16 MST

Perlakuan	Jumlah spora (per 50 g media)
Volume media	
200 ml	326,3
400 ml	408,8
600 ml	181,4
800 ml	178,8
1000 ml	134,0
Jumlah tanaman inang	
1 tanaman	282,2
2 tanaman	223,5
3 tanaman	162,4
4 tanaman	58,4
5 tanaman	401,4

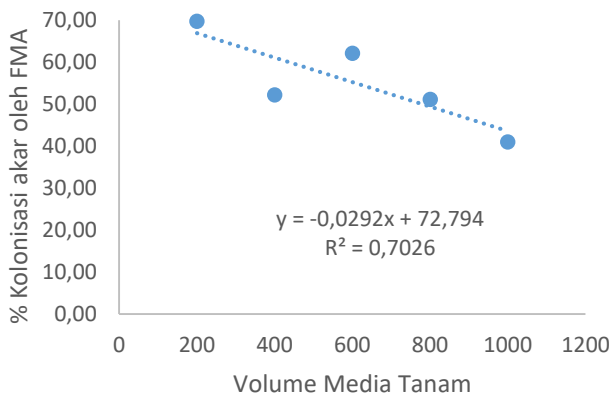
Pada 16 MST, volume media 400 ml menghasilkan jumlah spora tertinggi. Volume media tanam yang kecil (pot yang kecil), menyebabkan stress yang tinggi pada tanaman inang sehingga hifa FMA akan aktif berkembang. Semakin banyak hifa yang berkembang di dalam media tanam,

maka akan semakin tinggi peluang produksi spora yang bisa dihasilkan.

Berdasarkan jumlah tanaman inang, jumlah spora pada 16 MST juga jauh lebih tinggi dibandingkan jumlah spora pada 8 MST. Pada 16 MST, jumlah tanaman inang 5 tanaman per pot menghasilkan jumlah spora tertinggi dibandingkan perlakuan jumlah tanaman inang lainnya. Semakin banyak tanaman inang akan semakin tinggi tingkat persaingan antar tanaman dan akan meningkatkan stress pada tanaman inang. FMA akan bekerja lebih efektif jika tanaman inang dalam keadaan stress (Smith dan Read, 2008), sehingga spora yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Kolonisasi akar oleh FMA

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa % kolonisasi akar oleh FMA berkorelasi negatif dengan volume media tanam. Semakin besar volume media tanam, semakin rendah % kolonisasi dengan nilai $R^2 = 0,7026$.



Gambar 1. % Kolonisasi akar tanaman inang oleh FMA pada 16 MST

Berdasarkan jumlah tanaman inang, % kolonisasi akar oleh FMA tidak dipengaruhi oleh jumlah tanaman inang. Semua tanaman inang menunjukkan telah berhasil dikolonisasi oleh FMA dengan nilai yang tinggi (diatas 50%), kecuali untuk perlakuan dengan jumlah tanaman inang 4 tanaman per pot. Namun, % kolonisasi tidak berbeda nyata antarperlakuan yang diuji (Tabel 3.)

Tabel 3. Pengaruh jumlah tanaman inang per pot pada % kolonisasi akar oleh FMA pada umur 16 MST

Perlakuan	% kolonisasi akar
Jumlah tanaman inang	
1 tanaman	54,6 a
2 tanaman	57,8 a
3 tanaman	62,3 a
4 tanaman	45,9 a
5 tanaman	58,8 a
BNT 5%	17,3

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT alfa 5%

Data % kolonisasi ini mendukung data produksi spora FMA. Dengan telah dikolonisasinya akar tanaman inang dalam penelitian ini dengan tingkat kolonisasi rata-rata di atas 50%, maka dipastikan telah berkembangnya hifa FMA di tanaman inang yang pada akhirnya juga akan berkembang di dalam media tanam. Hifa yang berkembang dalam media tanam inilah yang menghasilkan spora FMA. Dalam penelitian ini, % kolonisasi akar berdasarkan tanaman inang tidak berbeda nyata, akan tetapi jumlah spora yang dihasilkan berbeda. Jumlah tanaman inang 5 tanaman per pot menghasilkan jumlah spora yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Suhardi (1989), jumlah spora tidak bisa secara langsung menggambarkan persen kolonisasi akar yang terjadi. Produksi spora FMA yang rendah bisa saja didapatkan dari tanaman dengan persen kolonisasi yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena fotosintat yang digunakan FMA hanya cukup untuk perkembangan hifa dan tidak mendukung untuk memproduksi spora.

Bobot Kering Tajuk

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa bobot kering tajuk secara nyata dipengaruhi oleh volume media tanam dan jumlah tanaman inang. Semakin tinggi volume media tanam, semakin tinggi nilai bobot kering tajuk tanaman. Namun berdasarkan

jumlah tanaman inang, jumlah tanaman inang 2 tanaman per pot menghasilkan bobot kering yang nyata lebih tinggi dari pada 1 tanaman per pot, akan tetapi tidak terdapat perbedaan bobot kering tanaman antara perlakuan 2, 3, 4, dan 5 tanaman inang per pot.

Bobot kering tanaman mencerminkan pertumbuhan tanaman yang sebenarnya. Berdasarkan bobot kering tanaman, semakin tinggi volume media menghasilkan bobot kering yang semakin tinggi. Ruang tumbuh yang semakin besar memungkinkan tanaman mengakses lebih banyak unsur hara dalam media. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Suwandi dan Siahaan (1989) yang menyatakan bahwa jarak tanam mempengaruhi pertumbuhan tanaman kangkung. Campbell (2002) juga menyatakan bahwa kerapatan tanam (dalam penelitian ini, semakin besar volume media tanam, maka semakin besar jarak tanam tanaman inang) berpengaruh terhadap pertumbuhan tajuk dan akar tanaman. Semakin luas jarak tanam, maka akan semakin kecil faktor kompetisi antartanaman dalam memperebutkan faktor tumbuh.

Tabel 4. Pengaruh volume media tanam dan jumlah tanaman inang terhadap bobot kering tajuk tanaman pada 18 MST

Perlakuan	Bobot Kering Tajuk (g)
Volume media	
200 ml	0,33 a
400 ml	0,72 b
600 ml	1,06 c
800 ml	1,46 d
1000 ml	1,77 e
BNT 5%	0,08
Jumlah tanaman inang	
1 tanaman	0,94 a
2 tanaman	1,14 b
3 tanaman	1,09 ab
4 tanaman	1,09 ab
5 tanaman	1,08 ab
BNT 5%	0,17

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT alfa 5%

Kalau berdasarkan jumlah tanaman inang, pertumbuhan tanaman inang dengan jumlah 2, 3, 4 dan 5 tanaman per pot tidak berbeda nyata, namun lebih tinggi dari 1 tanaman per pot. Lebih tingginya bobot kering tanaman pada perlakuan 2-5 tanaman per pot bukan karena pertumbuhan tanaman lebih baik, tetapi lebih kepada karena jumlah tanamannya yang lebih banyak. Kalau dihitung bobot kering per satu tanaman, maka nilai tertinggi dihasilkan oleh perlakuan 1 tanaman inang per pot dan terendah pada perlakuan 5 tanaman per pot (Tabel 5). Perlakuan 5 tanaman inang per pot menghasilkan bobot kering tanaman yang paling rendah yang menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman tertekan dengan banyaknya tanaman dalam satu pot (kompetisi antartanaman), hal ini menjadi salah satu pemicu tingginya jumlah spora FMA di perlakuan ini. Tanaman yang stress memacu FMA untuk berkembang dan menghasilkan spora dalam media tanam (Rini dan Rozalinda, 2020).

Tabel 5. Bobot kering tajuk per satu tanam-an

Jumlah tanaman inang	Bobot Kering Tajuk (g)
1 tanaman	0,94
2 tanaman	0,57
3 tanaman	0,36
4 tanaman	0,27
5 tanaman	0,22

Bobot Kering Akar

Bobot kering akar juga sangat dipengaruhi oleh volume media tanam dan jumlah tanaman inang per pot. Semakin besar volume media tanam, semakin tinggi bobot kering akar (Tabel 6). Berdasarkan jumlah tanaman inang, bobot kering akar perlakuan 4, dan 5 tanaman inang per pot menghasilkan bobot kering yang tidak berbeda nyata namun nyata lebih tinggi dari pada perlakuan 1 dan 2 tanaman inang per pot.

Pengaruh volume media tanam dan jumlah tanaman inang terhadap bobot kering akar tanaman memiliki tren yang sama dengan data bobot kering tajuk. Perkembangan tajuk sangat didukung oleh perkembangan akar (Chen *et al.*, 2020). Tertekannya perkembangan akar dapat diakibatkan oleh kompetisi antara tanaman inang di dalam pot. Jumlah tanaman inang dengan 5 pot pertanaman juga menghasilkan bobot kering akar yang terendah jika dihitung bobot kering akar pertanamannya, yang mengindikasikan tanaman lebih stress berkompetisi dengan tanaman lain dalam pot yang sama. Hal ini juga memicu perkembangan FMA di akar dengan lebih baik sehingga menghasilkan jumlah spora yang lebih tinggi.

Tabel 6. Pengaruh volume media tanam dan jumlah tanaman inang terhadap bobot kering akar tanaman pada 18 MST

Perlakuan	Bobot Kering Tajuk (g)
Volume media	
200 ml	0,21 a
400 ml	0,39 b
600 ml	0,60 c
800 ml	0,86 d
1000 ml	1,29 e
BNT 5%	0,07
Jumlah tanaman inang	
1 tanaman	0,50 b
2 tanaman	1,58 b
3 tanaman	0,69 ab
4 tanaman	0,80 a
5 tanaman	0,80 a
BNT 5%	0,19

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT alfa 5%

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa volume media tanam terbaik dalam menghasilkan spora FMA adalah 400 ml

sedangkan jumlah tanaman inang terbaik yang menghasilkan jumlah spora tertinggi adalah 5 tanaman per pot.

DAFTAR PUSTAKA

- Begum N, C. Qin, M. A. Ahanger, S. Raza, M.I. Khan, M. Ashraf, N. Ahmed, and L. Zhang. 2019. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.* 10: 1–15.
- Brundrett, M.N., N. Bougher, B. Del, T. Ove, and N. Malajczuk. 2008. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. ACIAR Monograph 32. Australian Center for International Agriculture Research. Canberra. 374 p.
- Campbell, N.A. 2002. *Biologi*. Edisi ke 5. Jilid 1. Penerjemah Rahayu L. Erlangga, Jakarta.
- Chaurasia, B. and P.K. Khare. 2005. *Hordeum vulgare*: a suitable host for mass production of arbuscular mycorrhizal fungi from natural soil. *Applied Ecology And Environmental Research*, 4(1): 45-53.
- Chen, J., L. Liantao, W. Zhanbiao, Z. Yongjiang, S. Hongchun, S. Shijia, B. Zhiying, L. Zhanyuan, and L. Cundong. 2020. Nitrogen fertilization increases root growth and coordinates the root-shoot relationship in cotton. *Frontier in Plant Sci.* Volume 11 article 880.
- Miyasaka, S.C., Habte, M., Friday, J.B., and Johnson, E.V. 2003. Manual on Arbuscular Mycorrhizal Fungus Production and Inoculation Techniques. In *Soil and Crop Management*. SCM-5. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR), Honolulu Hawaii.
- Menge, J.A. 1984. Inoculum Production. In *VA Mycorrhiza*, edited by Powel, C.L and Bagyaraj, D.J, pp 187-203. CRC Press, Florida.
- Nadeem, S. M., M. Y. Khan, M.R. Waqas, R. Binyamin, S. Akhtar, and Z.A. Zahir.

2017. Arbuscular Mycorrhizas: An Overview Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants. Qiang Sheng Wu (Ed.). Springer, Singapore. p 327.
- Rini, M.V. 2001. Effect of arbuscular mycorrhiza on oil palm seedling growth and development of basal stem rot disease caused by *Ganoderma boninense*. Ph.D. Thesis at Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia.
- Rini, M. V. dan Rozalinda, V. (2020). Pengaruh Tanaman Inang dan Media Tanam pada Produksi Fungi Mikoriza Arbuskular. *Jurnal Agrotropika*, 15(1), 37–43.
- Setiadi, Y. 2002. Mycorrhizal inoculum production technique for land rehabilitation. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 8 (1): 51-64.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem*. GTZ, Eastbourne.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.
- Souza, T. (2015). *Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi*. Springer International Publishing, Switzerland.
- Suhardi. 1989. *Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MV)*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Susilowati, E., M. Riniarti, and M.V. Rini. 2019. Asosiasi *Glomus* sp. dan *Gigaspora margarita* pada bibit *Aquilaria malaccensis*. *Menara Perkebunan*, 87(2), 104-110.
- Suwandi, M dan M. Siahaan. 1989. Pemupukan tanaman kelapa sawit. Dalam *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit Pekan Baru*, 19-21 Februari.
- Widiastuti, H. E. Guhardja, N. Soekarno, L.K. Darusman, D. H. Goenadi, S. Smith. 2002. Optimasi simbiosis cendawan mikoriza arbuskula *Acaulospora tuberculata* dan *Gigaspora margarita* pada bibit kelapa sawit di tanah masam. *Menara Perkebunan*, 70(2): 50-57.