

Isolasi dan Identifikasi Endomikoriza Indigenus pada Perakaran Salak di Kabupaten Karangasem dan Perbanyakannya

I MADE MARTANA DIPUTRA^{*}, I NYOMAN RAI, DAN I PUTU DHARMA

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana
Fakultas Pertanian Universitas Udayana

^{*}E-mail: martana_263@yahoo.co.id

ABSTRACT

Isolation and Identification of Endomycorrhizal Indigenus on Salak Rhizosphere in Karangasem Regency and its Propagation. This research aimed to determine and obtain AMF indigenus isolates and their propagation at different levels of soil water content. This research used Completely Randomized Design with 2 Factors. The first factor was location of soil sampling, consisting of 3 levels of treatment (Location 1, Location 2, and Location 3) and the second factor was soil water content consisting of 3 levels of treatment (100, 70, and 40% field capacity). The results of isolation and identification indicate that there were two genus of AMF found on salak rizosphere in Karangasem Regency, those were *Glomus* and *Gigaspora* with several different species in it. The percentage of root infection rate was 100% and was categorized very high. The result of AMF spore propagation showed that combination treatment of location 1 which sandy clay soil textured and 40% field capacity produced the highest spores i.e 2382 spores or rised 2282% from 100 spores which were inoculated.

Keywords: arbuscular, mycorrhizal, salak, soil water content

PENDAHULUAN

Tanaman salak merupakan salah satu tanaman yang termasuk ke dalam famili palmae yang dapat tumbuh di daerah tropis. Kabupaten Karangasem merupakan kabupaten penghasil buah salak terbesar di Bali, tercatat pada tahun 2014 produksinya mencapai 66.389 ton (BPS, 2017). Kecamatan Selat merupakan salah satu sentra penghasil salak di Kabupaten Karangasem.

Petani dalam usaha peningkatan produktivitas salak di Kecamatan Selat sering kali hanya memanfaatkan serasah daun saja

sebagai sumber bahan organik dan sesekali menggunakan pupuk anorganik. Pemberian pupuk anorganik secara terus-menerus dalam jangka waktu panjang dapat berdampak pada meningkatnya tingkat keasaman tanah dan keberadaan mikroorganisme dalam tanah terganggu sehingga pada akhirnya kesuburan alami tanah akan merosot (Triyono *et al.*, 2013). Pemberian serasah daun membuat lahan kahat akan unsur hara dan produktivitas tanaman menurun. Usaha untuk memelihara kesuburan tanah dan kelestarian lingkungan agar produktivitas tanaman tetap

tinggi, memerlukan upaya pengembangan cara budidaya dengan pupuk organik ataupun pupuk hayati. Salah satu sumber pupuk hayati adalah Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA).

FMA merupakan organisme yang termasuk golongan jamur yang menggambarkan hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman (Brundrett *et al.*, 1996). FMA berpotensi besar sebagai pupuk hayati karena memiliki peranan yang penting bagi tanaman seperti meningkatkan absorpsi hara dari dalam tanah, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketahanan inang terhadap kekeringan, meningkatkan hormon pemacu tumbuh, dan menjamin terselenggaranya siklus biogeokimia (Purba *et al.*, 2014).

Informasi mengenai jenis-jenis FMA dan pemanfaatannya pada tanaman salak sejauh ini belum banyak dilaporkan, maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis FMA indigenus yang terdapat pada perakaran (rizosfer) tanaman salak dan pengaruh perbedaan tingkat kadar air tanah saat perbanyakannya di rumah kaca. Kemampuan memperbanyak spora yang tinggi diperlukan untuk kebutuhan uji efektivitas FMA terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman salak dalam penelitian lebih lanjut sehingga dapat dihasilkan pupuk hayati FMA untuk tanaman salak.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari September-Desember 2017. Sampel tanah dan perakaran salak diambil dari kebun salak milik petani di Kecamatan Selat, Kabupaten Karangasem. Isolasi dan identifikasi

dilaksanakan di Laboratorium Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Unud, dan Laboratorium Sumber Daya Genetik dan Biologi Molekuler Universitas Udayana, sedangkan perbanyakan spora dilakukan di Rumah Kaca Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Jalan Pulau Moyo, Denpasar.

Alat-Alat yang digunakan adalah cangkul, kantong plastik, tisu, sprayer, gunting, gelas beaker 1000 ml, pipet mikro, mikroskop stereo, mikroskop *compound*, timbangan analitik, pinset, gelas ukur, kamera, mesin sentrifuse, tabung sentrifuse, jarum *oose*, cawan petri, kertas label, kantong plastik, autoklaf, gelas objek, *cover glass*, satu set penyaringan (*sieve*) dengan diameter lubang 1 mm, 500 μ m, 212 μ m, 106 μ m dan 53 μ m. Bahan yang digunakan tanah dari rizosfer salak, akar salak, aquades, glukosa 60%, KOH 10%, H₂O₂ 3%, HCl 1%, *lactoglycerol*, dan *trypan blue*.

Sampel tanah dan akar diambil di tiga lokasi kebun salak petani di Kecamatan Selat. Metode pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengambil 3 titik sampel. Masing-masing titik sampel diambil sebanyak 100 g dari sekitar perakaran, jarak pengambilan 10-50 cm dari pangkal batang dengan kedalaman 0-30 cm, dikomposit dengan titik sampel yang lainnya, kemudian dimasukkan dalam kantong plastik. Pengambilan sampel akar dilakukan dengan cara memotong bagian ujung akar yang masih muda.

Isolasi spora dilakukan dengan menggunakan teknik penyaringan basah dari Pacioni (1992) dan dilanjutkan teknik sentrifugasi dari Brundrett *et al.* (1996) yang dimodifikasi. Sampel tanah sebanyak 100 g dilarutkan dalam gelas beaker 1000 ml

dengan menambahkan 1 l air dan diaduk merata selama ± 10 menit sampai homogen. Larutan tersebut kemudian didiamkan selama ± 1 menit sampai partikel-partikel yang besar mengendap, selanjutnya disaring dalam satu set penyaringan dengan ukuran diameter lubang 1 mm, 500 μm , 212 μm , 106 μm , dan 53 μm secara berurutan dari diameter lubang besar ke kecil (prosedur ini diulang sebanyak 4-5 kali). Tanah yang tersisa pada saringan 500 μm , 212 μm , 106 μm , dan 53 μm dipindahkan ke tabung sentrifuse, ditambahkan aquades sebanyak 25-40 ml, kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2000 rpm selama 5 menit. Hasil sentrifuse supernatannya dibuang, kemudian ditambahkan glukosa 60% dan disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 1 menit. Hasil supernatan yang mengandung gula di masing-masing tabung sentrifuse dibilas menggunakan air pada saringan dengan diameter lubang 53 μm . Hasil bilasan diletakan di cawan petri kemudian diamati di bawah mikroskop jumlah dan ciri-ciri sporanya. Ciri-ciri spora secara mikroskopis diidentifikasi menggunakan pedoman identifikasi menurut INVAM (2017) untuk menentukan genus FMA yang ditemukan dengan mengamati susunan spora, bentuk hifa, ukuran, warna, dan bentuk spora.

Pengamatan infeksi akar tanaman oleh FMA dilakukan melalui pewarnaan akar dengan *trypan blue*. Pewarnaan akar didahului dengan pencucian akar sampai bersih, kemudian akar dalam 1 titik sampel dipotong 2-5 cm dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 20-30 potong akar. Potongan-potongan akar tersebut selanjutnya direndam dengan KOH 10% dan dipanaskan dengan suhu 250 °C selama 10 menit,

kemudian disimpan selama ± 12 jam pada suhu ruangan. Akar selanjutnya dibersihkan dari KOH 10% pada air mengalir, kemudian direndam dengan H₂O₂ 3% sampai semua akar tenggelam dan disimpan selama ± 12 jam pada suhu ruangan. Setelah itu akar dibersihkan dari H₂O₂ 3% pada air mengalir kemudian direndam dengan HCL 1% dan disimpan selama ± 12 jam pada suhu ruangan. HCL 1% dibuang dan akar direndam dengan *trypan blue*, dipanaskan pada suhu 250°C selama 5 menit, kemudian disimpan selama ± 12 jam pada suhu ruangan. *Trypan blue* dibuang dan akar direndam dengan *lactoglycerol*, dipanaskan pada suhu 250°C selama 5 menit, selanjutnya disimpan selama ± 12 jam pada suhu ruangan.

Akar diambil menggunakan bantuan pinset, diletakan diatas gelas objek kemudian diamati struktur FMA (vesikel, arbuskula dan hifa) dan dihitung persentase/derajat kolonisasi FMA. Perhitungan persentase menggunakan metode slide Giovannetti dan Mosse (1980) dengan cara membandingkan jumlah akar yang terinfeksi dengan jumlah seluruh akar yang diamati dikalikan 100%.

Uji perbanyakan endomikoriza dalam penelitian ini menggunakan tanaman jagung sebagai inang dengan varietas jagung Ketan keturunan kedua (F2). Rancangan yang digunakan yakni rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor perlakuan yang masing-masing terdiri atas 3 taraf. Faktor pertama, lokasi pengambilan sampel tanah (L) pada perakaran salak di Kecamatan Selat terdiri atas tiga taraf yakni L₁ (lokasi 1), L₂ (lokasi 2), dan L₃ (lokasi 3), sedangkan fakkor kedua, perlakuan kadar air tanah (A) terdiri atas tiga taraf yakni A₁ (100% kapasitas lapang), A₂ (70% kapasitas lapang),

dan A₃ (40% kapasitas lapang). Dengan demikian terdapat 9 kerlakuan kombinasi dan masing-masing diulang sebanyak 4 kali.

Perbanyakan spora pada tanaman jagung dilakukan menurut metode Brundrett *et al.*, (1996) dimodifikasi, yaitu menggunakan media perbanyakan zeolit, pasir kuarsa dan tanah sampel. Zeolit dan pasir kuarsa disterilisasi dengan dipanaskan pada suhu 121°C dalam autoclave selama 30 menit. Tanah sampel ditimbang 500 g kemudian dimasukkan ke dalam pot-pot plastik beserta zeolit dan pasir kuarsa. Urutan penempatan tanah dan media perbanyakan dalam pot-pot plastik adalah mula-mula lapisan paling bawah diisi zeolit yang sudah dikompositkan dengan pasir kuarsa 250 g, lapisan di atasnya adalah tanah sampel 500 g dan ditutup kembali dengan komposit zeolit dan pasir kuarsa 50 g kemudian ditanami bibit jagung sebagai tanaman indikator perbanyakan spora FMA.

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah jenis dan karakteristik FMA, tingkat infeksi akar pada tanaman salak, jumlah kepadatan spora FMA sebelum dan setelah perbanyakan, tinggi tanaman jagung, jumlah daun, diameter, berat kering oven akar, berat kering oven tajuk, dan berat kering oven total tanaman jagung.

Data hasil isolasi dan identifikasi dianalisis secara deskriptif, sedangkan hasil perbanyakan spora FMA dianalisis menggunakan analisis sidik ragam. Apabila interaksi berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan, sedangkan apabila interaksi berbeda tidak nyata maka uji lanjut pengaruh faktor tunggal dilakukan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

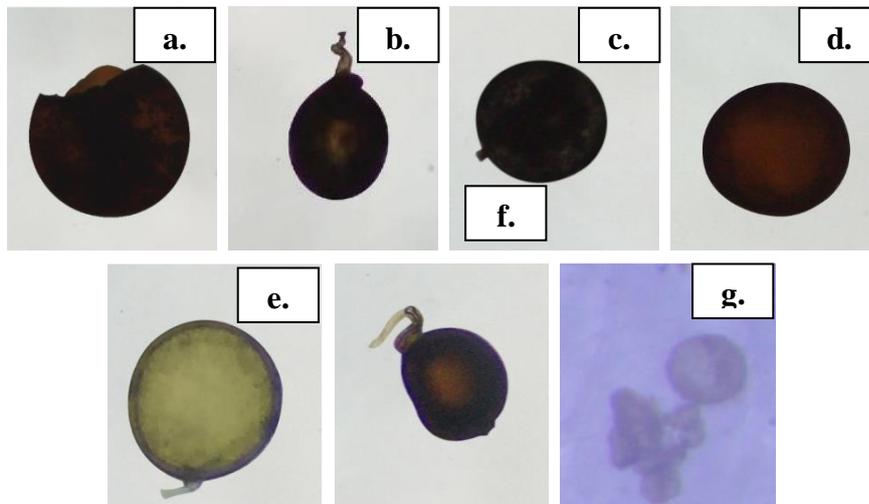
Hasil isolasi dan identifikasi FMA pada rizosfer tanaman salak di Kecamatan Selat menunjukkan adanya 2 genus spora FMA yaitu *Glomus* dan *Gigaspora*. Kedua genus tersebut memiliki ciri morfologin berbda. Gambar 1 menunjukkan, *Glomus* berbentuk bulat hingga oval, terdapat dinding spora, spora berwarna bervariasi ada yang merah kehitaman, kuning kehitaman, hitam, merah, atau hijau dengan ukuran spora berkisar 133-265 µm, sedangkan *Gigaspora* berbentuk bulat, spora warna merah kehitaman dengan ukuran spora berkisar 500 µm. Hasil identifikasi juga menunjukkan adanya klamidospora (Gambar 1g). Infeksi akar yang ditemukan berupa hifa, vesikula, dan arbuskula dengan persentase infeksi akar mencapai 100%, dengan struktur infeksi seperti pada Gambar 2. Sundari (2011) menyatakan keberadaan FMA pada suatu daerah dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan jenis tanah. Sampel tanah yang diambil di Kecamatan Selat memiliki tekstur lempung berpasir, lempung berdebu, dan lempung yang sesuai untuk lingkungan hidup ketiga genus spora yang ditemukan. Baon (1998) melaporkan tanah yang didominasi oleh fraksi lempung berdebu merupakan tanah yang baik bagi perkembangan genus *Glomus* dan tanah yang berpasir genus *Acaulospora* dan *Gigaspora* ditemukan dalam jumlah yang tinggi. Husin *et al.* (2007) mengobservasi dan mengidentifikasi spora FMA jenis *Glomus* sp. dalam jumlah dominan pada berbagai rhizosfir di lahan kritis Sumatera. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Glomus* memiliki adaptasi yang sangat luas, sehingga hampir ditemukan di berbagai kondisi lingkungan seperti di

Kecamatan Selat. Baon (1998) juga melaporkan pada tanah berpasir, pori-pori tanah terbentuk lebih besar sehingga keadaan ini diduga sesuai terhadap perkembangan genus FMA yang memiliki ukuran besar salah satunya adalah *Gigaspora*. Menurut Suamba (2014) secara mikroskopis genus *Glomud* dan *Gigaspora* memiliki karakteristik yang khas. Tipe spora *Glomus* terdapat dudukan hifa (*subtending hyphae*), sementara tipe spora *Gigaspora* terdapat *bulbous suspensor* yang merupakan ujung hifa yang membulat, selanjutnya menurut (Budi *et al.*, 2011) pada ujung hifa muncul bulatan kecil yang semakin membesar sampai mencapai ukuran maksimum yang akhirnya menjadi spora.

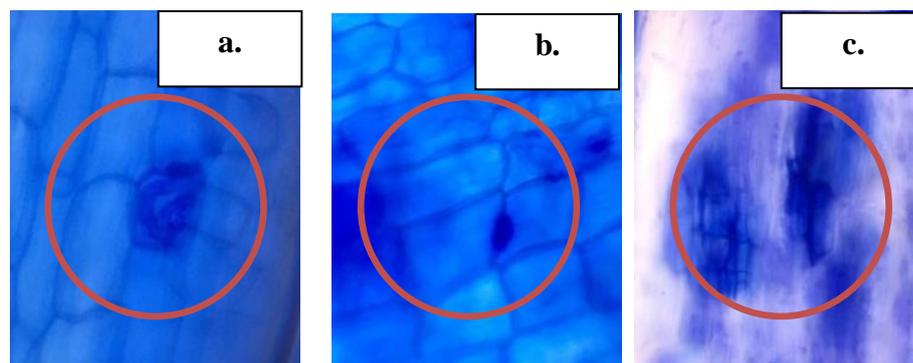
Ditemukannya struktur vesikula, arbuskula, dan hifa internal setelah *staining* pada akar tanaman salak menunjukkan bahwa tanaman mampu bersimbiosis dengan FMA dan sudah terjadi infeksi FMA pada akar tanaman salak. Menurut Wirawan *et al* (2014) perkembangan infeksi atau kolonisasi FMA dimulai dengan pembentukan suatu apresorium pada permukaan akar oleh hifa eksternal yang berasal dari spora yang berkecambah. Apresorium tersebut masuk kedalam akar melalui celah antar epidermis, kemudian membentuk hifa intraselular di sepanjang epidermis akar dan setelah proses tersebut terbentuklah struktur vesikula dan arbuskula.

Persentase tingkat infeksi akar pada parakaran salak di Kecamatan Selat tidak hanya dipengaruhi oleh lokasi pengambilan sampel saja, melainkan dapat diakibatkan oleh berbagai faktor kombinasi lainnya, diantaranya kondisi fisik, biologi, dan kimia tanah, ketinggian tempat, suhu, jumlah spora dan tingkat kepekaan tanaman inang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gunawan (1993) persentase tingkat infeksi akar dan produksi spora oleh FMA dipengaruhi oleh spesies FMA itu sendiri, lingkungan dan tanaman inangnya.

Hasil uji perbanyakan spora FMA menunjukkan, terdapat interaksi antara perlakuan lokasi pengambilan sampel tanah dengan tingkat kadar air tanah terhadap variabel jumlah spora setelah perbanyakan. Tabel 1 menunjukkan dari 100 jumlah spora awal yang sama-sama diinokulasikan per 800 g media perbanyakan, kombinasi perlakuan lokasi pengambilan sampel tanah 1 (L_1) dan kadar air tanah 40% kapasitas lapang (A_3) (L_1A_3) menghasilkan spora hasil perbanyakan yang paling tinggi yaitu 2.382 spora atau meningkat 2.282% dari spora awal yang diinokulasikan. Jumlah spora hasil perbanyakan paling rendah diperoleh pada perlakuan kombinasi L_1A_1 yaitu 194 spora atau meningkat 94% dibandingkan dari spora awal.



Gambar 1. Hasil Isolasi dan Identifikasi Spora FMA pada Rizosfer Tanaman Salak Tipe Spora *Glomus* dengan Perbesaran 100 kali (a-e), Tipe Spora *Gigaspora* dengan Perbesaran 100 kali (f), dan Klamidospora (Sporocarp) dengan Perbesaran 63 kali (g)



Gambar 2. Infeksi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Akar Tanaman Salak Arbuskula (a), Vesikula (b), dan Struktur Hifa (c), dengan Perbesaran 200 kali

Tabel 1. Jumlah spora dan persentase peningkatan jumlah spora setelah perbanyakan pada interaksi antara lokasi pengambilan sampel tanah dan tingkat kadar air tanah

| Perlakuan | Jumlah spora setelah perbanyakan (buah) | | | Persentase peningkatan jumlah spora (%) | | |
|----------------|--|----------------|----------------|--|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| L ₁ | 906c | 1182b | 2382a | 806 | 1082 | 2282 |
| L ₂ | 502de | 570d | 918c | 402 | 470 | 818 |
| L ₃ | 194f | 226f | 412e | 94 | 126 | 312 |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada masing-masing variabel menunjukkan berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan's taraf 5%.

Peningkatan jumlah dan persentase spora tertinggi diperoleh pada lokasi pengambilan sampel tanah pada lokasi 1 (L_1). Tekstur tanah yang lempung berpasir diduga terkait dengan hal tersebut di samping juga terkait dengan sifat kimia tanah di lokasi tempat pengambilan. Pada kondisi struktur tanah lempung berpasir, air dan unsur hara yang tersedia dalam tanah tidak dapat dipegang dengan baik sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman dengan optimal (Bhardwaj *et al.*, 2007). Salah satu peranan FMA yaitu membantu proses penyerapan air dan unsur hara. Pada lokasi L_1 dengan tekstur tanah lempung berpasir maka daya pegang air jauh lebih rendah dibandingkan dengan lokasi lainnya yang menyebabkan keberadaan FMA pada lokasi L_1 lebih tinggi. Hasil analisis tanah pada L_1 menunjukkan nilai kandungan C-organik dan P tersedia mulai dari sedang hingga sangat tinggi. Hasil penelitian Cahyani (2014) menyatakan semakin tinggi kandungan unsur hara dalam tanah maka semakin tinggi jumlah spora yang ditemukan. Hal ini didukung oleh penelitian Nurhalimah (2014), bahwa tanah yang mengandung fosfat dan C-organik yang tinggi maka jumlah mikoriza yang ada di dalamnya juga tinggi. Hal tersebut disebabkan fosfat merupakan unsur hara makro bagi pertumbuhan tanaman sehingga keberadaan mikoriza membantu dalam penyerapan fosfat di dalam tanah melalui hifa eksternal dan diubah menjadi senyawa polifosfat kemudian dipindahkan ke dalam hifa internal dan arbuskula. Senyawa polifosfat dipecah menjadi fosfat organik di dalam arbuskula yang kemudian dilepaskan ke sel tanaman inang. Senyawa C-organik

dapat menjamin terjadinya mineralisasi yang hasilnya dapat menyediakan unsur hara bagi simbiosis FMA dengan tanaman dan dapat menginduksi pertumbuhan hifa. Pada tahap perbanyak spora, ketersediaan unsur hara sangat mempengaruhi jumlah spora yang dihasilkan. Semakin tinggi unsur hara yang ada maka semakin banyak spora hasil perbanyak yang diperoleh.

Pada perlakuan kadar air tanah, semakin rendah kadar air tanah semakin tinggi jumlah spora perbanyak yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan pendapat Rainiyati (2007) yang menyatakan mikoriza aktif bersporulasi dalam kondisi kering dan sebaliknya pada kondisi basah. Mikoriza hidup pada tingkat kadar air tanah dan kelembaban yang cukup. Tingkat kadar air dan kelembaban tinggi dalam tanah menyebabkan kondisi anaerob yang dapat menghambat perkembangan mikoriza dikarenakan jamur pembentuk mikoriza adalah obligat aerob (Handayanto dan Hairiah, 2007), sebaliknya pada tingkat kadar air tanah yang rendah (kondisi lahan kering) dan ketersediaan unsur hara yang rendah dapat mengoptimalkan perkembangan hifa mikoriza (Nurhidayati, 2010). Hasil analisis statistik pada semua variabel pertumbuhan tanaman indikator menunjukkan, interaksi antara lokasi pengambilan sampel (L) dan tingkat kadar air tanah (A) berpengaruh nyata hanya terhadap diameter batang, sedangkan terhadap variabel lainnya berbeda tidak nyata. Diameter batang tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan (L_1A_1) dengan nilai 1,01 cm dan terendah pada kombinasi perlakuan L_2A_3 dengan nilai 0,65 cm (Tabel 2).

Tabel 2. Diameter batang tanaman jagung karena pangarus interaksi antara lokasi pengambilan sampel tanah dan tingkat kadar air tanah berbeda.

| Perlakuan | Diameter Batang (cm) | | |
|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| L ₁ | 0,68 bcd | 0,83 b | 0,66 d |
| L ₂ | 1,01 a | 0,77 bcd | 0,67 d |
| L ₃ | 0,77 bcd | 0,82 bc | 0,65 d |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan taraf 5%

Hasil penelitian ini juga menunjukkan, semakin rendah kadar air tanah maka semakin kecil nilai variabel yang diamati. Kondisi cekaman menyebabkan gangguan fisiologi pada tanaman inang sehingga pertumbuhan tanaman terganggu. Gangguan fisiologi dapat berupa terganggunya proses fotosintesis dan transpirasi tanaman inang. Anjum *et al.* (2011) menyatakan cekaman kekeringan menurunkan laju fotosintesis bersih sebesar 33,22% pada tanaman jagung, sementara Zhu *et al.* (2012) menyatakan tanaman jagung pada kondisi kekeringan dengan kadar air lebih rendah jika dibandingkan dengan kondisi cukup air akan mengalami penurunan laju transpirasi, baik pada tanaman jagung yang diberi mikoriza maupun tidak diberi mikoriza. Penurunan transpirasi menyebabkan pendistribusian air ke sel penjaga menurun sehingga terjadi penurunan tekanan turgor yang berdampak pada penutupan stomata. Penutupan stomata tentunya akan mengganggu proses fotosintesis karena proses respirasi terhambat sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan terganggu.

SIMPULAN

Spora FMA yang ditemukan pada rizosfer tanam salak di Kecamatan Selat

adalah genus *Glomus* dan *Gigaspora*. *Glomus* memiliki ciri terdapat hifa penyangga atau dudukan hifa, sementara *Gigaspora* terdapat *bulbous suspensor*. Persentase rata-rata infeksi akar tanaman salak tergolong sangat tinggi yaitu mencapai 100%. Perlakuan kadar air tanah 40% kapasitas lapang pada kombinasi lokasi 1 dengan tanah bertekstur menghasilkan jumlah spora setekah perbanyak paling tinggi yaitu mencapai 2.382 spora atau meningkat 2.282% dari 100 spora yang diinokulasikan

DAFTAR PUSTAKA

- Anjum, S.A., L.C. Wang, M. Farooq, M. Hussain, L.L. Xue, & C.M. Zou. 2011. Brassinolide Application Improves the Drought Tolerance in Maize Through Modulation of Enzymatic Antioxidants and Leaf Gas Exchange. *J. Agronomy & Crop Science* 197:177-185.
- Badan Pusat Statistika. 2017. Produksi Buah Salak Dirinci Menurut Kabupaten/Kota di Bali, 2011-2015. Diakses dari: <https://bali.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/130>. Diakses pada 30 Oktober 2017.
- Birhane, E., T.W. Kuyper, F.J. Stercka, Bongersa. 2010. Arbuscular Mycorrhizal Associations in *Boswellia Papyrifera* (Frankincensetree) Dominated Dry Deciduous Woodlands

- of Northern Ethiopia. *For Ecol Manage* 260:2160-2169.
- Buce, M., M. Rossignol, A. Jauneau, R. Ranjeva & G. Beacard. 2000. The Presymbiotic Growth of Arbuscula Micorrhizal Fungi is Induced by Abranching Factor Partially Purified Plant Root Exudates *Mol. Plant.* 13: 693-698.
- Budi, H., M. Gulamadi, L.K. Darusman, S.A. Aziz & I. Mansur. 2011. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Rizosfer Tanaman Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban). *Jurnal Litri* 17(1):32-40.
- Brundrett, M.C., N. Bougher, B. Dells, T. Grove & N. Malajozuk. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. *Australian Centre for International Agricultural Research* 12(1):56-61.
- Giovannetti, M. & B. Mosse. 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Infection in Roots. *New Phytol.* 84:489-500.
- Gunawan, A.W. 1993. Mikoriza Arbuskula. *Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat.* Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Handayanto, A. & Hairiah. 2007. Biologi Tanah, Landasan Pengelolaan Tanah Sehat. *Pustaka Adipura.* Yogyakarta.
- INVAM. 2017. Key to Fungi in Glomales. <http://inMVA.caf.wvu.edu/>.
- Nurhalimah, S., S. Nurhatika, dan A. Muhibuddin. 2014. Eksplorasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Indigenous pada Tanah Regosol di Pamekasan, Madura. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 3:30-34.
- Nurhidayati, T., K.I. Purwani & D. Ermavitalini. 2010. Isolasi Mikoriza Vesikular- Arbuskular pada Lahan Kering di Jawa Timur. *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus:* 4:43-46.
- Pacioni, G. 1992. Wet sieving and decanting techniques for the extraction of spores of VA mycorrhizal fungi. *Methods in Microbiology. Academic Press Inc.* San Diego 24: 317-322.
- Purba, P.R.O., N. Rahmawati, E. Kardhinata & A. Sahar. 2014. Efektivitas Beberapa Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Tanaman Karet (*Hevea brassiliensis* Muell.Arg.) di Pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(2): 919-932.
- Suamba, I W., I G.P. Wirawan & W. Adiartayasa. 2014. Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Secara Mikroskopis pada Rhizosfer Tanaman Jeruk (*Citrus sp.*) di Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 3(4):1021-1026.
- Triyono, A., Purwanto & Budiyono. 2013. Efisiensi Penggunaan Pupuk N untuk Pengurangan Kehilangan Nitrat pada Lahan Pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan:* 526-531.
- Wirawan G. 2014. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular Secara Mikroskopis pada Rhizosfer Tanaman Alang-Alang. [Skripsi]. Bali: Universitas Udayana.
- Zhu, X.C., F.B. Song, S.Q. Liu, T.D. Liu & X. Zhou. 2012. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. *Plant Soil Environ* 58(4), 186-191.