

EKSPLORASI MIKORIZA VESIKULA ARBUSKULA (MVA) PADA LAHAN REVEGETASI PASCA TAMBANG BATU KAPUR DAN STATUS INFEKSINYA TERHADAP AKAR JAGUNG (*Zea mays*)

Dwi Oktafitria¹, Kuntum Febriyantiningrum¹, Nia Nurfitria¹, Nurul Jadid², Kristanti Indah Purwani², Nonik Sumarsih², Husnul Khotimah², Eko Purnomo³, Dewi Hidayati²

¹Universitas PGRI Ronggolawe, ²Institut Teknologi Sepuluh Nopember,

³PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

dwioktafitria86@gmail.com, kuntum060290@gmail.com, nia.nurfitria@gmail.com, enjadid@gmail.com, kristanti475@gmail.com, noniksumarsih@gmail.com, husnulkh4@gmail.com, eko.purnomo@semenindonesia.com, dewi_hidayati@ymail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan kepadatan spora jamur mikoriza vesikula vesikula arbuskula (MVA) pada tegakan *Leucaena leucocephala* di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur yang kemudian diinokulasi pada tanaman *Zea mays* untuk melihat waktu yang dibutuhkan MVA tersebut untuk menginfeksi akarnya. Sehingga diharapkan penelitian ini mampu memberikan informasi mengenai keanekaragaman spora MVA di lahan revegetasi pasca tambang kapur untuk selanjutnya dapat digunakan sebagai MVA lokal yang dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman sekitar lahan tambang batu kapur. Penelitian ini dilakukan dengan metode observasional deskriptif. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode komposit yang selanjutnya dilakukan pengujian parameter fisika (tekstur) dan kimia tanah (pH, C-Organik, N Total, C/N, P-Olsen, K, Na, Ca, Mg, KTK, Jumlah Basa, Kejenuhan Basa). Isolasi MVA dilakukan dengan metode tuang saring basah yang selanjutnya diidentifikasi. Perbanyakkan spora dilakukan dengan menggunakan tanaman inang *Zea mays*. Pengamatan infeksi akar dilakukan dengan metode clearing dan staining. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa terdapat 4 genus MVA yaitu Acaulospora, Glomus, Gigaspora dan Scutellospora dengan kepadatan paling tinggi adalah genus Acaulospora (100/100gr) dengan kualitas tanah yang rendah. Percampuran genus Acaulospora, Glomus, Gigaspora dan Scutellospora indigenous dari tanah lahan revegetasi pasca tambang batu kapur diketahui mampu dengan cepat menginfeksi akar *Zea mays* mulai hari ke-80 atau 20 hari setelah dilakukan pencekaman kekeringan tanpa air. Oleh karena itu dapat direkomendasikan bahwa genus MVA indigenous lahan revegetasi pasca tambang batu kapur dapat dijadikan sebagai biofertilizer untuk tanaman lokal sekitar lahan tambang batu kapur.

Kata Kunci: Mikoriza; infeksi akar; revegetasi; jagung; batu kapur

PENDAHULUAN

Proses penambangan batu kapur akan selalu memberikan dampak negatif terhadap lingkungan khususnya terhadap topografi tanah maupun kandungan nutrisi tanah. Pasca proses penambangan batu kapur menyisakan lapisan batuan yang minim akan unsur hara tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan reklamasi lahan dengan cara revegetasi lahan pasca tambang batu kapur untuk membantu mempercepat proses suksesi.

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. telah melakukan revegetasi lahan pasca tambang sejak tahun 2010 dengan menanam pohon jati (*Tectona grandis*) dan lamtoro (*Leucaena leucocephala*). Hasil penelitian mengenai indikator kesuksesan proses suksesi

di lahan pasca tambang batu kapur telah dilakukan dengan menggunakan bioindikator serangga terbang [1] dan serangga tanah [2] yang menyebutkan bahwa proses reklamasi dengan revegetasi lahan pasca tambang batu kapur dikategorikan telah berhasil.

Keberhasilan tersebut tentunya terkait dengan mikroorganisme yang hidup didalam tanah. Salah satu mikroorganisme yang berhubungan erat dengan minimnya unsur hara di lahan pasca tambang batu kapur adalah jamur mikoriza vesikula vesikula arbuskula (MVA). MVA memiliki karakteristik morfologi dan fisiologi yang saling berbeda antara satu dengan yang lain [3] sehingga perlu dilakukan identifikasi dan karakterisasi.

MVA yang bersimbiosis dengan tanaman dan berinteraksi dengan tanah akan menentukan tingkat pertumbuhan tanaman,

produktivitas tanaman dan kesuburan tanah. MVA yang menginfeksi akar tanaman inang akan membentuk jaringan hifa yang tumbuh secara ekspansif sehingga tanaman mampu secara optimal dalam melakukan penyerapan unsur hara dan air [4]. MVA dimungkinkan dapat berasosiasi dengan lebih dari 80% jenis tanaman inang [4]–[6], sehingga tidak semua inokulasi MVA pada tanaman dapat direspon dengan baik oleh tanaman inang [4], [7]. Dalam hal ini MVA indigenous (lokal) yang terdapat di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur belum tentu kompatibel dengan tanaman lokal di sekitar lahan tambang batu kapur. Ketidaksihcocokan tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman lokal [8] dan ketidaksesuaian tersebut dapat pula dipengaruhi oleh jenis tanah dan kondisi tanah [9]. Karena dengan kehadiran MVA sebagai biofertilizer yang menginfeksi tanaman terbukti dapat meningkatkan produktivitas tanaman dibandingkan tanpa menggunakan biofertilizer [10]. Tanaman lokal yang dipilih sebagai tanaman inang untuk pertumbuhan MVA pada penelitian ini adalah *Zea mays*. Tanaman jagung merupakan komoditas pertanian utama di Kabupaten Tuban. Tanaman jagung adalah tanaman dengan tipe perakaran magnolid yaitu memiliki morfologi yang kasar dan memiliki bulu akar relatif sedikit bahkan tidak berbulu akar sehingga akan lebih peka dan responsif terhadap infeksi MVA [10].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan kepadatan spora MVA dibawah tegakan *Leucaena leucocephala* di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur dan mengetahui peningkatan waktu status infeksi terhadap akar *Zea mays* sebagai tanaman lokal budidaya di lahan tambang batu kapur.

Diharapkan dengan penelitian ini dimasa mendatang, penggunaan MVA indigenous sebagai biofertilizer di daerah sekitar lahan pasca tambang dapat memberikan kontribusi yang besar dalam kompatibilitasnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman lokal.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2018 – Mei 2019. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lahan revegetasi pasca tambang batu kapur di kawasan pertambangan batu kapur PT. Semen Indonesia

(Persero) Tbk. Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Pengamatan jamur vesikula arbuskula mikoriza (MVA) dilakukan di Laboratorium Biosains dan Teknologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jawa Timur, Indonesia dan Pengukuran parameter fisikokimia tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksplorasi deskriptif.

Pengukuran Faktor Abiotik (Fisikokimia tanah)

Sampel tanah dikumpulkan dengan metode komposit pada kedalaman 0 - 30 cm [11] yang diambil sebanyak 3 kali pengulangan disekitar perakaran *Leucaena leucocephala*. Masing-masing sampel tanah diuji parameter kimia tanah (pH, C-Organik, N Total, C/N, P-Olsen, K, Na, Ca, Mg, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Jumlah Basa, Kejenuhan Basa) [7], [12] dan parameter fisika tanah (tekstur tanah) [8].

Identifikasi dan Isolasi Spora MVA

Metode isolasi spora MVA dilakukan dengan metode tuang saring basah [7], [13] dan teknik sentrifugasi [14]. Sampel tanah hasil komposit diambil sebanyak 100 gr dan ditambahkan 500 ml air yang kemudian dihomogenkan. Setelah homogen didiamkan hingga mengendap selama 10 menit. Filtrat yang terbentuk dituangkan kedalam saringan bertingkat (mesh size 600; 180; 75; 63 dan 38 μ m). Bahan yang terdapat pada saringan 63 μ m dan 38 μ m dicuci dengan air yang disemprotkan menggunakan sprayer kemudian diambil dan dimasukkan kedalam tabung sentrifuge sebanyak 7 ml serta ditambahkan larutan sukrosa 60% sebanyak 7 ml. Tabung sentrifuge yang telah siap dilakukan proses sentrifuge selama 7 menit pada kecepatan 2000 rpm. Supernatan dituang pada cawan petri untuk diidentifikasi menggunakan mikroskop compound.

Identifikasi spora MVA dilakukan dengan menggunakan buku panduan Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture [15] kemudian dipertegas dengan Website INVAM (INVAM, 2019) [3], [5], [16] dan journal lain sebagai acuan. Karakteristik yang diamati adalah bentuk spora, warna spora, dan ornamen spora.

Perhitungan Kepadatan Spora MVA

Perhitungan spora MVA dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kepadatan Spora} = \frac{\text{Jumlah spora (Spora)}}{\text{Berat tanah yang dianalisis (gram)}}$$

Keterangan: berat tanah yang analisis adalah 100 gram dari hasil hasil tanah komposit yang telah disaring [17].

Perbanyak Isolat Spora MVA pada *Zea mays*

Perbanyak isolat spora MVA dilakukan dengan menggunakan tanaman jagung (*Zea mays*) yang ditumbuhkan pada tanah revegetasi lahan pasca tambang batu kapur yang sebelumnya telah disterilkan. Jagung ditumbuhkan pada 2 perlakuan, tanaman jagung bermikoriza dan tanaman jagung tanpa inokulasi mikoriza (kontrol). Masing-masing perlakuan dilakukan pada 5 polibag. Untuk tanaman jagung bermikoriza ditambahkan isolat spora MVA sebanyak 10 ml disekitar perakarannya setelah berumur 1 minggu [18]. Selanjutnya tanaman jagung dipelihara selama 3 bulan dengan masa penyiraman rutin dua kali sehari selama 2 bulan dan pada bulan ke 3 dilakukan pengecekan kekeringan dengan tidak melakukan penyiraman sama sekali [19]. Setiap 10 hari sekali dilakukan pengamatan infeksi MVA pada akar jagung.

Pengamatan Infeksi MVA Pada Akar *Zea mays*

Pengamatan infeksi MVA pada akar jagung sebagai tanaman inang dilakukan dengan metode clearing and staining [7], [17]. Serabut akar jagung dicuci dan dipotong sepanjang 1 cm, kemudian dipanaskan pada larutan KOH 10% dengan suhu 90°C selama 10 menit. Setelah akar dingin selanjutnya berturut-turut dicuci dengan aquades, HCl 1 N, dan aquades. Kemudian serabut akar dipanaskan pada larutan trypan blue lactofenol 0.05% selama 5 menit pada suhu 80-90°C. Selanjutnya setelah akar dingin dilakukan metode slide [11]. Akar diletakkan pada kaca objek dan diamati dengan menggunakan mikroskop compound. Pengamatan akar dilakukan dengan mengamati karakter morfologi spora yang mencakup vesikel, vesikula arbuskula dan hifa [16]. Perhitungan persentase infeksi MVA pada akar [5], [20] dilakukan dengan rumus :

$$\text{Persen Infeksi (\%)} = \frac{\text{Jumlah akar terinfeksi}}{\text{Jumlah akar diamati}} \times 100$$

Kategori persentase infeksi didasarkan pada 5 kategori status infeksi akar [17] sebagai berikut:

Tabel 1 Kategori status infeksi MVA pada akar tanaman

Infeksi (%)	Kategori	Status Infeksi
0-5	Kelas 1	Tidak dikolonisasi
6-25	Kelas 2	Rendah
26-50	Kelas 3	Sedang
51-75	Kelas 4	Tinggi
75-100	Kelas 5	Sangat tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksplorasi spora jamur mikoriza vesikula vesikula arbuskula (MVA) yang dilakukan di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur menunjukkan bahwa terdapat 4 genus dari 13 genus mikoriza yaitu *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* dan *Scutellospora* (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan di kawasan yang sama pada tahun 2018, menemukan 3 genus MVA yaitu *Glomus*, *Acaulospora* dan *Gigaspora* [21]. Kawasan lahan revegetasi pasca tambang batu kapur di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. telah ditanami pohon jati dan lamtoro sejak tahun 2010. Sehingga 4 genus yang ditemukan pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Husna (2007) yang telah menemukan 4 genus sama pada lahan yang ditanami oleh tanaman Jati.

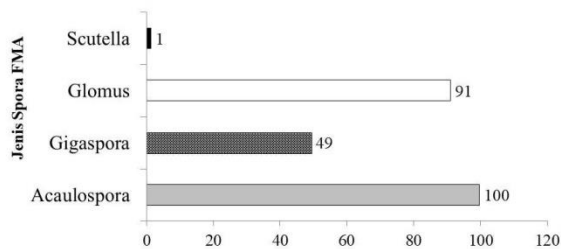
Tabel 1 Jenis-jenis spora MVA yang ditemukan pada lahan revegetasi pasca tambang batu kapur

Jenis Spora FMA	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
<i>Acaulospora</i>	89	157	53
<i>Gigaspora</i>	28	34	86
<i>Glomus</i>	72	46	155
<i>Scutella</i>	0	0	4

Umumnya MVA ditemukan hampir disemua tipe tanah termasuk tanah gambut. *Glomus* dan *Acaulospora* pernah ditemukan di tanah gambut [22] sehingga di lahan marginal kering pun sangat dimungkinkan MVA juga ditemukan. Hal ini dibuktikan dengan kepadatan spora MVA di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur yang diketahui

bahwa *Acaulospora* memiliki kepadatan paling tinggi yaitu sebesar 100 spora /100 gr tanah. Genus *Glomus* memiliki kepadatan 91 spora/100 gr tanah, genus *Gigaspora* memiliki kepadatan spora 49 spora/100 gr tanah dan yang memiliki kepadatan paling rendah adalah genus *Scutellospora* (*Scutella*) yaitu 1 spora/100 gram tanah (gambar 1).

Spora MVA diketahui berbeda-beda dalam kemampuannya beradaptasi terhadap lingkungan [14]. Genus *Acaulospora* diketahui memiliki kepadatan yang paling tinggi di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur dibandingkan dengan genus yang lain



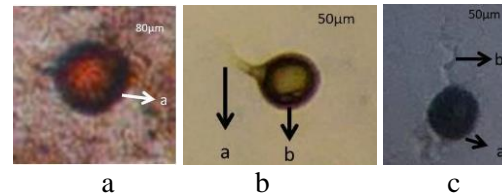
Gambar 1 Diagram jumlah kepadatan spora MVA per 100 gram tanah yang diambil pada lahan revegetasi pasca tambang batu kapur

Genus *Acaulospora* yaitu salah satu genus jamur MVA yang bersifat spesifik dan memiliki adaptasi terbatas terhadap lingkungan selain genus *Archaeospora* dan *Scutellospora* [14]. Genus *Acaulospora* yang ditemukan di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur memiliki karakteristik berbentuk globus dengan dinding sporanya relatif tebal, berwarna kuning kehitaman serta memiliki ukuran 100 μ m. Spora *Acaulospora* memiliki spora tunggal yang terdapat dalam sporocarp [3].

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa genus *Glomus* dan *Gigaspora* diketahui memiliki adaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan dibandingkan dengan genus *Acaulospora* [5], [13], [14]. Salah satu adaptasi *Glomus* terhadap lingkungan adalah memiliki waktu perkecambahan yang pendek \pm 4-6 hari. Percepatan waktu perkecambahan ini terjadi karena ukuran spora *Glomus* yang relatif kecil sehingga proses hidrasi pada spora terjadi sangat cepat [14].

Berdasarkan penelitian diketahui kepadatan spora *Glomus* (91/100 gr) tidak jauh berbeda dengan kepadatan *Acaulospora*. Genus *Glomus* ditemukan juga relatif banyak di lahan revegetasi pasca tambang batu kapur. Genus *Glomus* yang ditemukan terdiri atas *Glomus*

deserticola, *Glomus perpusillum* dan *Glomus constrictum* (gambar 2). *Glomus* memiliki karakteristik percabangan, vesikel berbentuk membulat agak lonjong, memiliki vesikula arbuskular, dan warna spora mulai dari putih, kekuningan hingga cokelat. Dinding spora *Glomus* tipis, berwarna kuning hingga cokelat kemerahan, dan permukaan dinding spora halus [3].



Gambar 2 a *Glomus deserticola*; b *Glomus perpusillum*; c *Glomus constrictum*

Genus *Gigaspora* memiliki kepadatan 49 spora/ 100gr tanah. *Gigaspora* yang ditemukan memiliki karakteristik berbentuk bulat dengan permukaan yang kasar dan berukuran 150 μ m. Umumnya *Gigaspora* berukuran besar berbentuk subglobus hingga globus, tidak mempunyai dinding lapisan dalam pada pembentukan kecambah [3].

Keanekaragaman dan kepadatan jamur mikoriza vesikula arbuskula (MVA) salah satunya dipengaruhi oleh faktor tanah [14]. Sehingga pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran faktor abiotik menggunakan parameter fisikokimia tanah (tabel 3).

pH optimum untuk pertumbuhan MVA adalah berkisar antara 4.0 – 6.0 [14]. Pengaruh yang diakibatkan karena ketidaksesuaian pH akan menyebabkan pertumbuhan MVA terhambat. Apabila pH sangat asam ataupun basa didalam tanah, maka MVA berada dalam bentuk tidak aktif (bentuk spora) [14]. Derajat keasaman secara langsung mempengaruhi aktivitas enzim yang berperan pada saat proses spora berkecambah [3]. Setiap jenis MVA memiliki pH optimum berbeda untuk pertumbuhannya. pH lahan revegetasi pasca tambang batu kapur diketahui sebesar 6.6 (tabel 3) dan pada pH tersebut adalah termasuk kedalam pH yang optimum untuk perkembangan MVA genus *Glomus*, *Gigaspora* dan *Acaulospora* [6]. Hal ini sesuai dengan jenis MVA yang ditemukan pada lahan revegetasi pasca tambang batu kapur.

Tabel 2 Hasil pengukuran faktor abiotik dengan parameter fisikokimia tanah lahan revegetasi pasca tambang batu kapur

Parameter	Satuan	Nilai
pH	H ₂ O	6.6 ± 0.03
C-Organik	%	1.3 ± 0.5
N total	%	0.11 ± 0.03
C/N	-	11.8 ± 3.6
P-Olsen	mg/kg	3.69 ± 0.08
K	me/ 100gr	0.07 ± 0.05
Na	me/ 100gr	0.3 ± 0.01
Ca	me/ 100gr	20.8 ± 7.04
Mg	me/ 100gr	0.9 ± 0.19
KTK	me/ 100gr	22.24 ± 6.8
Jumlah basa	me/ 100gr	22.1 ± 6.98
Kejenuhan Basa	-	99.1 ± 1.04
Pasir	%	18.8 ± 16.1
Debu	%	45.6 ± 14.6
Liat	%	35.5 ± 14.2

Kandungan C-organik sebesar 1.3% dan N sebesar 0.11 % dapat dikategorikan sangat rendah berdasarkan standar baku kualitas tanah. Hal ini searah dengan rasio C/N sebesar 11.8 % yang menunjukkan bahwa kualitas tanah tidak subur. Kualitas tanah yang tidak subur ini juga diketahui dari kandungan P yaitu sebesar 3.69 %. Nilai P termasuk kedalam kategori sangat rendah. Dengan rendahnya nilai C-organik, N dan P, maka hal ini dapat menjadi kondisi yang sangat sesuai untuk MVA dapat tumbuh dan berkembang. Apabila kandungan P rendah didalam tanah, maka akan membantu mempercepat pertumbuhan hifa dari spora MVA yang telah berkecambah [5] sehingga persentase infeksi MVA terhadap akar menjadi semakin besar. Sebaliknya, apabila kandungan P tinggi di dalam tanah maka akan menghambat kolonisasi jamur MVA disekitar perakaran [6].

Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah dilahan revegetasi pasca tambang batu kapur adalah sebesar 22,24 me/100gr. Nilai KTK yang rendah pada tanah lahan revegetasi pasca tambang batu kapur dapat menunjukkan bahwa kondisinya tidak subur [6]. Nilai KTK yang tinggi akan menyebabkan jumlah spora MVA meningkat didalam tanah yang dapat menurunkan persentase infeksi MVA terhadap akar karena berada dalam bentuk tidak aktif [14].

Tekstur tanah lahan revegetasi pasca tambang batu kapur diketahui berjenis liat berdebu (*silty clay*) (tabel 3). Tekstur tanah

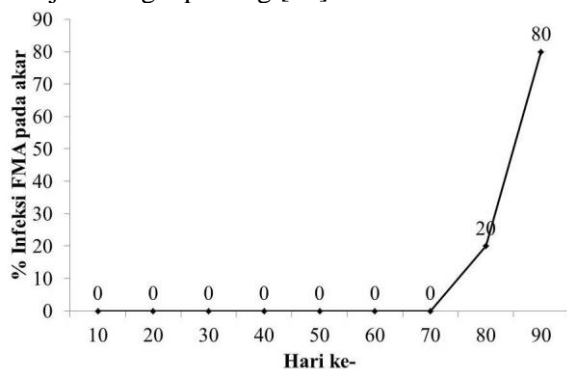
tersebut dipengaruhi oleh komposisi perbandingan fraksi pasir, debu dan liat. Perbedaan ukuran butiran tanah akan dapat menentukan kecepatan air dalam proses infiltrasi maupun dalam proses menahan air. Tanah lahan revegetasi pasca tambang batu kapur yang didominasi oleh fraksi debu (*silt*) dan liat (*clay*) memiliki kemantapan agregat yang rendah sehingga akan sering mengalami pencucian (*erosi*) yang mengakibatkan hilangnya unsur hara.

Fraksi liat (*clay*) memiliki ukuran partikel butiran paling kecil yaitu < 0,002 mm sedangkan fraksi debu (*lanau/silt*) memiliki ukuran partikel butiran lebih besar yaitu 0.002 hingga 0.05 mm dan fraksi pasir (*sand*) memiliki ukuran paling besar yaitu >0.05 mm. Fraksi liat memiliki luas permukaan partikel yang lebih luas sehingga mampu menahan serta mengikat unsur hara, bahan organik dan air lebih tinggi dari fraksi yang lain. Air didalam tanah mampu diserap dengan energi yang cukup tinggi oleh partikel liat, sehingga sulit untuk terlepas terutama apabila keadaan tanah kering [14]. Kondisi tanah inilah yang kurang sesuai untuk tanaman. Hal ini menyebabkan akar tanaman kesulitan dapat menyerap unsur hara. Pada kondisi seperti itu, maka keberadaan MVA sangat dibutuhkan oleh tanaman. Fraksi atau partikel tanah berjenis liat merupakan kondisi tanah yang sesuai untuk pertumbuhan spora MVA bergenus *Glomus* karena genus ini cenderung lebih banyak ditemukan pada jenis tanah aluvial [5].

Ukuran spora MVA dan ukuran fraksi butiran tanah akan mempengaruhi proses perkembangbiakan MVA khususnya pada proses perkecambahan maupun proses infeksi MVA pada akar tanaman. MVA mampu diperbanyak pada tahapan spora dan miselium dikarenakan MVA memiliki sifat obligat simbiosis, sehingga membutuhkan tanaman inang [23]. Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan inokulum MVA pada tanaman jagung, dapat menambah panjang akar, meningkatkan berat kering tanaman, meningkatkan berat biji jagung dan meningkatkan jumlah daun [23]. Tanaman yang memiliki ketergantungan terhadap keberadaan mikoriza umumnya akan memberikan respon pertumbuhan yang berbeda dibandingkan tanaman tanpa ketergantungan terhadap mikoriza [6].

Infeksi jamur MVA pada akar terjadi apabila terdapat vesikula dan hifa pada jaringan

akar sebuah tanaman [5]. Mayoritas spora MVA dapat menginfeksi perakaran tanaman, tetapi kemampuan tersebut akan berbeda-beda tergantung dengan jenis tanaman yang akan diinfeksi. Kemampuan infeksi MVA terhadap perakaran tanaman dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor dan faktor yang paling dominan adalah faktor lingkungan [14]. Kandungan unsur hara yang rendah didalam tanah dapat menyebabkan tingginya persentase infeksi MVA terhadap akar. Hal ini dikarenakan dengan unsur hara yang minim secara langsung dapat mendorong tanaman untuk harus tetap mempertahankan penyerapan unsur hara dan air, sehingga untuk memenuhi penyerapan unsur hara tersebut, infeksi MVA menjadi sangat penting [14].

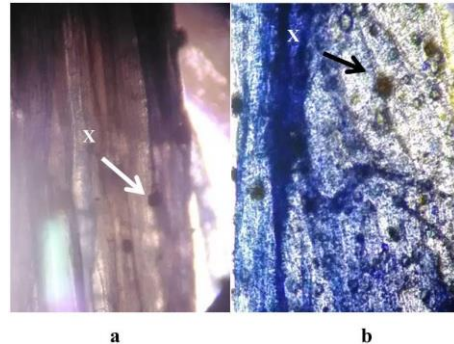


Gambar 3 Grafik peningkatan persentase infeksi MVA pada akar *Zea mays* sebagai tanaman inang

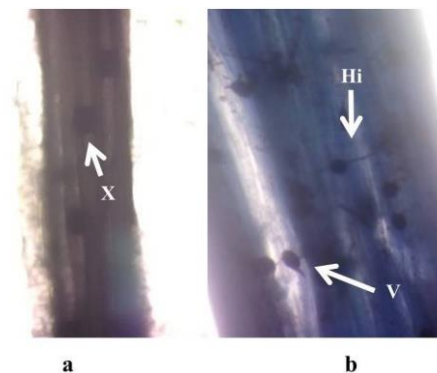
Infeksi MVA pada akar tanaman jagung terjadi pada bagian korteks. Jaringan korteks memiliki ruang antar sel yang besar sehingga mampu dengan mudah ditembus oleh jaringan hifa. Pertumbuhan jaringan hifa pada bagian akar tidak pernah melewati endodermis dan stele karena memiliki banyak senyawa lignin [14]. Pengamatan waktu yang dibutuhkan oleh MVA untuk menginfeksi akar jagung dilakukan pada setiap 10 hari sekali. Diketahui bahwa pada hari ke-10 hingga hari ke-60 belum terjadi infeksi MVA pada akar jagung (gambar 3). Hal ini dimungkinkan karena selama 60 hari, jagung masih diberikan perlakuan penyiraman rutin sehari 2 kali dan penambahan pupuk anorganik pada hari ke-10. Pada kelembaban tanah yang tinggi spora MVA masih berada pada bentuk inaktif sehingga belum dapat menginfeksi akar.

Pada hari ke-61 mulai dilakukan perlakuan pencekaman kekeringan dengan cara tidak memberikan penyiraman sama sekali.

Diketahui bahwa pada hari ke-70 masih belum terlihat adanya infeksi MVA pada akar jagung (gambar 4) sedangkan pada hari ke-80 sudah terdapat infeksi MVA pada akar jagung sebesar 20% (gambar 5).



Gambar 4 Hasil infeksi akar hari ke-70 a) kontrol akar tanaman inang, b) akar tanaman inang bermikoriza (keterangan : X = butiran phospat; Hi = Hifa internal; V = Vesikula)

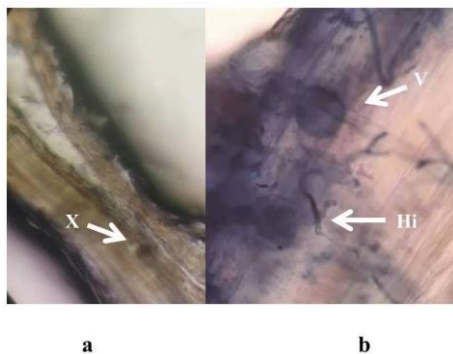


Gambar 5 Hasil infeksi akar hari ke-80 a) kontrol akar tanaman inang, b) akar tanaman inang bermikoriza (keterangan : X=butiran phospat; Hi=Hifa Internal; V=Vesikula)

Kemunculan infeksi yang diketahui pada hari ke-80 dimungkinkan terjadi pada waktu ± 20 hari setelah dilakukan pencekaman. Kelembaban secara langsung mampu mempengaruhi jumlah spora MVA [14]. Apabila curah hujan tinggi akan menyebabkan penurunan jumlah spora MVA dan pada musim kering terjadi peningkatan jumlah spora MVA [14]. Pencekaman kekeringan menyebabkan tanaman memerlukan air dan unsur hara, sehingga untuk memenuhi kebutuhannya tersebut, spora MVA yang telah berkecambah menembus dinding akar. Oleh karena itu tanaman mampu mempertahankan hidupnya pada kondisi kekurangan air dan unsur hara.

Diduga pada 10 hari pertama perlakuan pencekaman kekeringan pada tanaman jagung, spora MVA mulai mengalami perkecambahan tetapi belum dapat menginfeksi akar. Oleh karena itu, infeksi MVA baru terlihat pada hari ke-80 dengan status infeksi rendah.

Pengamatan infeksi akar pada hari ke-90 (gambar 6) menunjukkan persentase sebesar 80% dengan status sangat tinggi. Hal ini terjadi karena peningkatan ekspansi dari jaringan hifa MVA pada akar jagung. Kenaikan persentase infeksi sebesar 60 % selama 10 hari (dari hari ke-80 hingga hari ke-90) dapat dikategorikan tinggi.



Gambar 6 Hasil infeksi akar hari ke-90 a) kontrol akar tanaman inang, b) akar tanaman inang bermikoriza (keterangan : X = butiran phospat; Hi = Hifa internal; V = Vesikula)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ditemukan 4 genus spora MVA di bawah tegakan *Leucaena leucocephala* pada lahan revegetasi pasca tambang batu kapur yaitu *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* dan *Acaulospora* sebagai genus yang memiliki kepadatan paling tinggi. Waktu yang dibutuhkan spora MVA indigenous tersebut untuk menginfeksi akar *Zea mays* adalah pada hari ke-20 setelah terjadi proses pencekaman kekeringan. Sehingga dapat dikatakan spora MVA indigenous tersebut berpotensi sebagai biofertilizer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Oktafitria et al., “Kajian Keanekaragaman Serangga Terbang Di Lahan Reklamasi Bekas Tambang Batu Kapur PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Kabupaten Tuban,” in Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, 2018, no. September, pp. 431–437.
- [2] D. Oktafitria et al., “Short Communication: Assessment of reclamation success of former limestone quarries in Tuban, Indonesia, based on soil arthropod diversity and soil organic carbon content,” *Biodiversitas J. Biol. Divers.*, vol. 20, no. 6, pp. 1743–1747, 2019.
- [3] D. Puspitasari, K. I. Purwani, and A. Muhibuddin, “Eksplorasi Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Indigenous pada Lahan Jagung di Desa Torjun, Sampang Madura,” *J. Sains Dan Seni ITS*, vol. 1, no. 2, pp. 19–22, 2012.
- [4] A. M. Kandari et al., “Analysis Of Existence And Diversity Index of Arbuscular Mycorrhizal Jamur (AMF) In The Rhizosphere Kalapi (*Kalappia celebica* Kosterm) On Two Different Growing Environment In The Kolaka Regency,” *J. Ecogreen*, vol. 2, no. 1, pp. 21–30, 2016.
- [5] T. O. Adiaty, R. Linda, and Mukarlina, “Jamur Mikoriza Vesikular Vesikula arbuskular (MVA) Pada Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tumbuhan Lakum (*Cayratia trifolia* (L .) Domi),” *J. Protobiont*, vol. 7, no. 3, pp. 83–89, 2018.
- [6] Y. Yusrinawati and I. M. Sudantha, “Peranan Jamur Mikoriza Vesikula arbuskular (MVA) Dalam Meningkatkan Ketahanan kekeringan, Ketahanan, Penyakit, Pertumbuhan Dan Hasil Pada Tanaman Bawang,” Universitas Mataram, 2016.
- [7] O. N. Ula, M. M. Airtur, and P. O. Bako, “Eksplorasi Jamur Mikoriza Vesikula arbuskula (MVA) Pada Rhizosfer Jagung Di Kabupaten Kupang,” *J. Agrisa*, vol. 7, no. 2, pp. 326–335, 2018.
- [8] S. Supriyadi, “Kandungan bahan organik sebagai dasar pengelolaan tanah di lahan kering madura,” *J. Embryo*, vol. 5, no. 2, pp. 176–183, 2008.
- [9] M. Muhammad and H. Setyaningrum, “Eksplorasi Dan Aplikasi Mikoriza Sebagai Masukan Teknologi Pupuk

- Hayati Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Mutu Melon,” *J. Agroqua*, vol. 15, no. 2, pp. 1–12, 2017.
- [10] W. Astiko and I. M. Sudantha, “Upaya Peningkatan Produksi Jagung Dengan Memanfaatkan Pupuk Hayati Mikoriza Vesikula arbuskular,” *J. Abdi Insa. Unram*, vol. 3, no. 2, pp. 36–41, 2016.
- [11] Hifnalisa, A. S, T. Sabrina, and T. C. Nisa, “Infektivitas Jamur Mikoriza Vesikula arbuskular Dan Kemampuannya Meningkatkan Kadar P Daun Bibit Kopi Arabika Di Tanah Andisol,” in *Prosiding Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia (FKPTPI)*, 2018, pp. 342–347.
- [12] R. Prayudyaningsih, “Pertumbuhan Semai *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis* dan *Muntingia calabura* Yang Diinokulasi Jamur Mikoriza Vesikula arbuskular Pada Media TAnah Bekas Tambang Kapur,” *J. Penelit. Kehutan. Wallacea*, vol. 3, no. 1, pp. 13–24, 2014.
- [13] E. N. Octavianti and D. Ermavitalini, “Identifikasi Mikoriza dari Lahan Desa Poteran, Pulau Poteran, Sumenep Madura,” *J. Sains POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. 53–57, 2014.
- [14] B. Saputra, R. Linda, and I. Lovadi, “Jamur Mikoriza Vesikular Vesikula arbuskular (MVA) pada Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* L . var . nipah) Di Kabupaten Pontianak,” *J. Protobiont*, vol. 4, no. 1, pp. 160–169, 2015.
- [15] M. Brundrett, N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk, *Working with Mycorrhizas for Forestry and Agriculture*, no. Agustus. 1994.
- [16] E. Sukmawaty, H. Hafsan, and A. Asriani, “Identifikasi Cendawan Mikoriza Vesikula arbuskular Dari Perakaran Tanaman Pertanian,” *J. Biog.*, vol. 4, no. 1, pp. 16–20, 2016.
- [17] Y. Syamsiyah, Yuliani, “Kepadatan Spora dan Status Infeksi Mikoriza Vesikula Vesikula arbuskular di Rizosfer Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Varietas Lokal Jawa Timur pada Lahan Cekaman Kekeringan,” *Berk. Ilm. Biol. Lentera Bio*, vol. 8, no. 2, pp. 120–126, 2019.
- [18] R. Prayudyaningsih and R. Sari, “Aplikasi Jamur Mikoriza Vesikula arbuskular (MVA) Dan Kompos Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Jati (*Tectona grandis* Linn.f.) Pada Media Tanah Bekas Tambang Kapur,” *J. Penelit. Kehutan. Wallacea*, vol. 5, no. 1, pp. 37–46, 2016.
- [19] O. D. Hajoeningtjas and A. Suyadi, “Transfer Teknologi Perbanyak Pupuk Hayati Mikoriza Pada Petani Sebagai Upaya Mendukung Pertanian Berkelanjutan,” *Agritech J. Fak. Pertan. Univ. Muhammadiyah Purwokerto*, vol. 13, no. 2, pp. 125–139, 2011.
- [20] R. Ura, S. A. Paembonan, and A. Umar, “Karakteristik Jamur Vesikula arbuskular Mikoriza Genus *Glomus* Pada Akar Beberapa Jenis Pohon Di Hutan Kota Universitas Hasanuddin Tamalanrea,” *J. Alam dan Lingkung.*, vol. 6, no. 11, pp. 16–21, 2015.
- [21] S. D. Nurtjahyani, D. Oktafitria, S. Sriwulan, N. M. Ashuri, I. Cintamulya, and E. Purnomo, “Identifikasi dan Karakterisasi Keanekaragaman Mikoriza pada Lahan Reklamasi Bekas Penambangan Batu Kapur di Kabupaten Tuban,” in *Prosiding Seminar Nasional VI Hayati 2018*, 2018, pp. 291–299.
- [22] G. Gusmawartati, H. Hapsoh, and I. E. Subra, “Isolasi dan Identifikasi Mikoriza Asal Tanah Gambut di Bawah Tegakan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq .) di Beberapa Kabupaten di Riau,” *J. Agroteknologi Trop.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–26, 2014.
- [23] A. H. Simanungkalit, A. S. Hanafiah, and T. Sabrina, “Uji Potensi Beberapa Jenis Jamur Mikoriza Vesikular Vesikula arbuskular (MVA) terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Inseptisol,” *J. Agroekoteknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 213–222, 2019.