

APLIKASI BAKTERI ENDOFIT DAN MIKORIZA TERHADAP KANDUNGAN UNSUR N, P, DAN K PADA PEMBIBITAN TANAMAN LADA

Application of Endophytic Bacteria and Mycorrhizal toward N, P, and K Content of Pepper Seedling

Fahrizal Hazra^{1)*}, Gusmaini²⁾ dan Devi Wijayanti¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Bogor, Jl. Tentara Pelajar No.3 Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu Bogor 16111

ABSTRACT

Application of endophytic bacterial formulas and mycorrhizal expected to improve the quality of seedling in pepper. This research aims to determine the effect of endophytic bacterial formulas and mycorrhizal to the absorption of N, P, and K in Podsolik Jasinga, and the growth of pepper in seedling phase. The research method used randomized block design grouped by replication. Endophytic bacteria formulas types (B2), (B3) and without endophytic bacterial formulas (B0) as the first factor. Mycorrhiza with three levels, without mycorrhizal (M0), 10 g plant⁻¹ (M1) and 20 g plant⁻¹ (M2) as the second factor. The treatments tested were nine combinations and each treatment was repeated three times. This experiment obtained 27 experimental units. Each replication represented by five plants, so there were 135 plants. In general, endophytic bacteria formula of and mycorrhizal 10 g plant⁻¹ (M1) is better to increasing the vegetative phase of pepper plants.

Keywords: Endophytic bacteria, mycorrhizal, pepper plants.

ABSTRACT

Aplikasi formula bakteri endofit dan mikoriza diharapkan mampu memperbaiki kualitas pembibitan pada tanaman lada. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap serapan hara N, P, dan K pada tanah Podsolik Jasinga serta pertumbuhan lada pada fase pembibitan. Metode penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial yang dikelompokkan berdasarkan ulangan. Formula bakteri endofit jenis (B2), (B3) dan tanpa bakteri (B0) sebagai faktor pertama. Mikoriza dengan tiga taraf yakni tanpa mikoriza (M0), 10 g tanaman⁻¹ (M1) dan 20 g tanaman⁻¹ (M2) sebagai faktor kedua. Perlakuan yang diuji sebanyak 9 kombinasi dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Setiap ulangan diwakili 5 tanaman, sehingga terdapat 135 tanaman. Secara umum formula bakteri endofit jenis B2 dan mikoriza 10 g tanaman⁻¹ (M1) lebih baik dalam meningkatkan fase vegetatif tanaman lada.

Kata kunci: Bakteri endofit, mikoriza, tanaman lada.

PENDAHULUAN

Indonesia tercatat sebagai produsen utama tanaman Lada (*Pepper nigrum* L) sampai tahun 2000, sebelum akhirnya dikalahkan oleh India dan Vietnam. Kebutuhan masyarakat global akan tanaman rempah ini cukup tinggi, tahun 2015 jumlah ekspor lada mencapai 58,075 ton (Ditjenbun, 2016). Namun fakta dilapangan menunjukkan masih banyak tanaman lada tua yang rusak, serangan hama dan penyakit, dan kurangnya pemeliharaan (Rosman, 2016). Penyediaan bibit lada yang berkualitas sangat dibutuhkan demi mengatasi kendala-kendala tersebut.

Selama ini pemupukan lada dilakukan pada fase budidaya dengan menggunakan pupuk anorganik tanpa adanya kombinasi dengan pupuk hayati. Untuk mendapatkan bibit lada berkualitas pemupukan dapat dilakukan saat fase pembibitan. Fase pembibitan menjadi fase yang tepat untuk pencegahan dalam menciptakan bibit lada yang tahan terhadap hama dan penyakit. Pemberian pupuk hayati pada fase pembibitan lada diharapkan mampu

menekan kendala-kendala yang terjadi pada budidaya lada untuk menghasilkan bibit lada yang berkualitas. Pemberian pupuk hayati seperti bakteri endofit dan mikoriza yang mampu meningkatkan ketersediaan hara, meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta memacu pertumbuhan tanaman sangat dibutuhkan dalam fase pembibitan lada.

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup didalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit. Bakteri endofit mampu memproduksi fitohormon seperti IAA dan Sitokinin (Gusmaini *et al.*, 2013). Mikoriza adalah simbiosis antara fungi tanah dengan akar tanaman dalam mengatur nutrisi, siklus karbon dan mempengaruhi berbagai jenis proses dalam ekosistem seperti agregasi tanah, dekomposisi dan kelangsungan hidup tanaman pada saat pembibitan (van der heijden *et al.*, 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh bakteri endofit dan mikoriza terhadap serapan N, P, dan K tanaman serta pertumbuhan fase pembibitan lada pada tanah Podsolik Jasinga.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari percobaan rumah kaca dan analisis laboratorium. Percobaan rumah kaca dan analisis biologi tanah dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Obat dan Rempah, Bogor. Analisis hara tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu tanah dan Sumberdaya lahan, IPB. Analisis kolonisasi akar tanaman lada oleh mikoriza dilakukan di laboratorium PT. Intidaya Agrolestari, Bogor. Contoh tanah berasal dari Desa Setu, Kecamatan Jasinga, Kabupaten Bogor. Penelitian dilaksanakan selama enam bulan dari bulan April sampai dengan September 2018

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tanah Podsolik Jasinga, pasir dan pupuk kandang sebagai media tanam. Pupuk yang digunakan adalah pupuk hayati Mikoriza MZ2000 yang diperoleh dari PT. Intidaya Agrolestari, formula B2 terdiri atas empat isolat bakteri endofit (15Dj/9 diisolasi dari daun jahe merah cicurug, 42/Ldbp4 diisolasi dari daun lada bangka belitung, 40/labt8 diisolasi dari akar lada bangka tengah dan 21/Sa4 yang diisolasi dari akar sereh) dan formula B3 diperoleh dari empat isolat bakteri endofit (22/Sa8 diisolasi dari akar sereh, 24/Sd10 diisolasi dari daun sereh, 37/Labt1 diisolasi dari akar lada bangka tengah dan 44/Ldbp9 diisolasi dari daun lada bangka petaling). Bibit lada yang digunakan merupakan jenis lada panjang varietas Natar 1 berumur satu bulan. Media tumbuh mikrob menggunakan media *tryptic soy agar* (total mikrob), *pikovskaya agar* (pelarut fosfat) dan *nitrogen free bromtimol* (*Azospirillum* sp.). Bahan-bahan kimia yang digunakan mengacu kepada metode Kjeldahl (N), Bray-I (P), penetapan K, penetapan C_{organik} , pengabuan basah tanaman dan penetapan pH tanah.

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah oven, UV-VIS *spectrophotometer* 1280, *flamefotometer cole parmer* model 02655, pH meter 2700 Eutech Instruments, vortex, *laminar flow*, timbangan analitik, *shaker*, *klorofilmeter* dan alat-alat gelas kimia yang digunakan di laboratorium.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial yang dikelompokkan berdasarkan ulangan. Formula bakteri endofit jenis (B2), (B3) dan tanpa bakteri (B0) sebagai faktor pertama. Pupuk mikoriza berupa campuran zeolit dan spora mikoriza dengan tiga taraf yakni tanpa mikoriza (M0), 10 g tanaman⁻¹ (M1) dan 20 g tanaman⁻¹ (M2) sebagai faktor kedua.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan formula bakteri endofit dan mikoriza

Perla kuan	Jenis bakteri endofit	Taraf pupuk mikoriza
B0M0	tanpa bakteri	0
B0M1	tanpa bakteri	10 g tanaman ⁻¹
B0M2	tanpa bakteri	20 g tanaman ⁻¹
B2M0	bakteri B2	0
B2M1	bakteri B2	10 g tanaman ⁻¹
B2M2	bakteri B2	20 g tanaman ⁻¹
B3M0	bakteri B3	0
B3M1	bakteri B3	10 g tanaman ⁻¹
B3M2	bakteri B3	20 g tanaman ⁻¹

Keterangan: Kode formula bakteri endofit B2 dan B3 mengikuti kode dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor

Perlakuan yang diuji sebanyak 9 kombinasi dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Masing-masing ulangan diwakili oleh 5 tanaman yang ditanam di polibag berbeda, sehingga terdapat 135 tanaman.

Persiapan Tanam

Pembibitan lada varietas Natar-1 dari sulur panjang menggunakan stek satu ruas berumur satu bulan yang ditanam di polibag (20 cm x 25 cm). Media tanam yang digunakan berupa campuran pasir, pupuk kandang dan lapisan tanah atas dengan perbandingan berat 1 : 1 : 2 (Hariyadi *et al.* 1996). Pupuk kandang dan pasir yang digunakan masing-masing sebesar 0.3 kg polibag⁻¹. Tanah yang digunakan adalah tanah Podsolik Jasinga seberat 0.6 kg polibag⁻¹ yang telah dikeringudarkan sehingga total bobot media tanam yang digunakan sebesar 1.2 kg polibag⁻¹.

Semua media tanam dicampur merata dan dimasukkan kedalam kantong plastik untuk dilakukan sterilisasi. Sterilisasi dilakukan dengan mengukus kantong plastik yang berisi tanah selama dua jam. Media tanam yang telah disterilisasi dimasukkan kedalam polibag dan sebagian dilakukan analisis hara awal. Satu hari sebelum stek lada ditanam, media tanam disiram hingga mencapai kapasitas lapang. Polibag ditempatkan di bawah paranet dan disusun sesuai pengelompokkan. Sebelum ditanam, bibit stek lada diberi formula bakteri endofit dan mikoriza sesuai perlakuan. Pembibitan tanaman lada dilakukan hingga 12 minggu setelah tanam (MST).

Aplikasi Formula Bakteri Endofit dan Mikoriza pada Bibit Lada

Bibit stek lada yang memiliki perlakuan formula bakteri endofit dilakukan perendaman selama 30 menit sebelum ditanam. Ini merupakan larutan hasil pengenceran inokulan formula bakteri endofit. Aplikasi formula bakteri endofit selanjutnya dilakukan setiap bulan selama tiga bulan dengan menyiramkan pada tanah dan tanaman. Pemberian pupuk hayati mikoriza sesuai dosis pada rancangan percobaan dilakukan sekali saat tanam. Aplikasi dilakukan dengan cara memasukan pupuk mikoriza ke dalam lubang tanam bersamaan dengan bibit lada.

Pengamatan Pertumbuhan Bibit Tanaman Lada

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman dua atau tiga hari sekali. Variabel yang diamati dalam pertumbuhan vegetatif adalah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah ruas, jumlah buku selama dua minggu sekali, serta klorofil daun dilakukan sebulan sekali. Pengamatan bobot segar tanaman dan bobot kering tanaman dilakukan setelah 12 MST.

Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman

Pengambilan sampel tanah setelah tanam dilakukan dengan mencampurkan dua sampel yang memiliki pertumbuhan tanaman terbaik pada masing-masing ulangan untuk dilakukan analisis hara tanah. Pengambilan sampel tanaman dilakukan dengan memilih dua dari lima tanaman terbaik pada masing-masing ulangan untuk dilakukan analisis hara tanaman.

Analisis Contoh

Analisis Tanah

Contoh tanah dikeringudarkan dan diayak pada ayakan berukuran 2 mm untuk dilakukan pengukuran kadar air dan pH tanah. Sampel tanah yang lolos ayakan berukuran 0.5 mm digunakan untuk analisis N, P, dan K serta C-organik.

Analisis Mikrob Fungsional

Media tumbuh mikrob menggunakan media *tryptic soy agar* (total mikrob), *pikovskaya agar* (pelarut fosfat) dan *nitrogen free bromtimol* (*Azospirillum* sp.). Bahan-bahan media dicampur dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan aquades hingga batas tera dan selanjutnya bahan yang telah tercampur disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121 °C tekanan 1 atm selama 15 menit. Isolasi bakteri endofit mengacu pada metode Hallman *et al.* (1997) yang dimodifikasi. Akar tanaman lada sehat dicuci dengan air mengalir sampai bersih dikeringkan dengan kertas tisu, dan ditimbang sebanyak 1 g. Permukaan akar disterilisasi dengan cara dibilas dengan air steril sebanyak 2 kali, kemudian berturut-turut direndam dalam alkohol 70% selama 30 detik dan dalam larutan NaCl 3% selama 3 menit. Selanjutnya dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Akar dihancurkan sampai halus dengan mortar steril, kemudian ditambahkan 9 ml air steril. Ekstrak sampel 1 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml larutan fisiologis, dikocok dengan vorteks sehingga diperoleh tingkat pengenceran 10^{-2} sampai 10^{-5} . Analisis total mikrob, penambat nitrogen dan pelarut fosfat dilakukan pada pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} dan 10^{-5} . Dari pengenceran ini, 1 µl isolat dibiakkan pada cawan petri untuk total mikrob, pelarut fosfat dan tabung reaksi untuk *Azospirillum* sp. Pengamatan dilakukan sampai seminggu untuk total mikrob, pelarut fosfat dan dua minggu untuk *Azospirillum* sp.

Analisis Kolonisasi Mikoriza

Pewarnaan akar mengacu metode Clapp *et al.* (1996) dengan beberapa tahapan pewarnaan yaitu akar dicuci hingga bersih dengan air destilata. Akar direndam dalam KOH 20% selama 48 jam. Akar dicuci dengan air mengalir menggunakan saringan, selanjutnya direndam pada 0.1 M HCL selama 24 jam. Tanpa dicuci, akar direndam pada larutan *trypan blue* selama 48 jam. Akar

direndam dengan larutan *destaining* selama 24 jam. Akar dipotong dengan ukuran 1 cm sebanyak 10 buah kemudian disusun sejajar pada gelas objek dan ditutup kaca penutup. Persentase kolonisasi akar dihitung dengan rumus yang dikembangkan oleh Brundrett *et al.* (1996)

$$\% \text{ kolonisasi akar} = \frac{\Sigma \text{ bidang pandang yang terkolonisasi}}{\Sigma \text{ keseluruhan bidang pandang}} \times 100\%$$

Analisis hara tanaman

Analisis unsur hara tanaman diawali dengan membersihkan tanaman dan akar, lalu dikeringkan pada suhu 60 °C selama dua hari, kemudian digiling dan diayak dengan ayakan yang memiliki ukuran lubang 0.5 mm. Penentuan kadar N dilakukan menggunakan metode *Kjeldahl*. Penentuan kadar P dan K menggunakan metode pengabuan basah.

Analisis Statistik

Data pengamatan diuji dengan Analysis of variances (ANOVA) menggunakan perangkat lunak SAS 9.3, bila perlakuan berpengaruh nyata, maka data diuji dengan menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf $\alpha = 5\%$. Analisis korelasi juga dilakukan untuk mencari hubungan antar variabel yang diamati dalam penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Populasi Mikrob, Populasi Mikrob Pelarut Fosfat, Populasi *Azospirillum* sp dan Kolonisasi Akar oleh Mikoriza pada Akar Tanaman Lada Setelah 12 MST.

Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah populasi mikrob terbanyak adalah pada perlakuan B2M1, sedangkan perlakuan B3M0 memiliki jumlah populasi mikrob terkecil. Keberadaan mikrob sangat mempengaruhi proses ekofisiologi suatu tanaman. Selama keberadaan mikrob tersebut tidak bersifat patogen terhadap tanaman, maka semakin banyak populasinya akan semakin menguntungkan tanaman inangnya. Pemberian pupuk hayati terbukti mampu meningkatkan jumlah populasi mikrob yang dapat meningkatkan aktivitas enzim fosfomonoesterase asam dan basa dalam penyediaan hara P tersedia tanah (Widawati *et al.*, 2010).

Tabel 2. Jumlah total mikrob, MPF, *Azospirillum* sp, dan persentase kolonisasi akar oleh mikoriza pada akar tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	Total mikrob (CFU g ⁻¹)	MPF (CFU g ⁻¹)	<i>Azospirillum</i> sp (CFU ml ⁻¹)	Kolonisasi akar oleh mikoriza (%)
B0M0 (Kontrol)	7.0x10 ⁵	9.0x10 ⁵	1.6x10 ⁵	40
B0M1(tanpa endofit + mikoriza 10g)	6.6x10 ⁶	4.5x10 ⁵	2x10 ⁴	80
B0M2 (tanpa endofit + mikoriza 20g)	4.2x10 ⁶	3.2x10 ⁶	3.5x10 ⁴	90
B2M0 (endofit B2 + tanpa mikoriza)	5.0x10 ⁵	1.2x10 ⁶	4.5x10 ⁴	100
B3M0 (endofit B3 + tanpa mikoriza)	2.0x10 ⁵	5.0x10 ⁵	ttd	60
B2M1 (endofit B2 + mikoriza 10g)	9.8x10 ⁶	2.4x10 ⁶	1.1x10 ⁶	90
B2M2 (endofit B2 + mikoriza 20g)	1.7x10 ⁶	ttd	4.5x10 ³	90
B3M1 (endofit B3 + mikoriza 10g)	4.0x10 ⁵	3.0x10 ⁵	ttd	80
B3M2 (endofit B3 + mikoriza 20g)	4.5x10 ⁵	ttd	2.0x10 ⁴	80

Keterangan : MPF = mikrob pelarut fosfat, ttd = tidak terdeteksi, CFU = Colony Forming Unit

Hal tersebut juga selaras dengan perlakuan B2M1 yang memiliki total populasi mikrob pelarut fosfat tertinggi kedua setelah perlakuan B0M2. Total populasi mikrob dari perlakuan B2M0, B3M0, B3M1 dan B3M2 lebih rendah dari perlakuan B0M0. Perkembangan mikrob disekitar perakaran tanaman dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme akar. Akar tanaman melakukan suatu metabolisme sehingga mengeluarkan senyawa metabolit atau yang lebih dikenal dengan eksudat akar. Selain itu faktor kesuburan tanah, reaksi tanah (pH), kondisi fisik, kimia, biologi lingkungan, ketersediaan energi dan sumber hara juga mempengaruhi populasi mikrob disekitar perakaran tanaman (Purwaningsih *et al.*, 2004)

Perlakuan B0M2 memiliki jumlah populasi mikrob pelarut fosfat terbanyak. Sedangkan perlakuan B2M2 dan B3M2 memiliki jumlah populasi mikrob pelarut fosfat terkecil. Hal ini dikarenakan perlakuan B0M2 memiliki persentase kolonisasi akar sangat tinggi yakni 90%. Mekanisme dari mikoriza adalah meningkatkan aktivitas enzim tanah seperti fosfatase yang dapat mendegradasi fosfat organik menjadi fosfat tersedia

Fosfat tersedia dalam tanah diserap oleh hifa ekstraradikal mikoriza yang kemudian dirubah kedalam bentuk polyfosfat (polyP), kemudian ditranslokasikan kedalam hifa intraradikal pada akar mikoriza dan terakhir dialirkan ke tanaman setelah melalui proses hidrolisis di arbuskular. Selain menyediakan P bagi tanaman, mikoriza juga dapat membantu tanaman memperoleh unsur hara seperti Zn, N, Cu, dan K (Lehmann *et al.*, 2014).

Tingkat kolonisasi mikoriza pada tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kelembaban tanah, unsur hara tersedia didalam tanah, pH, spesies dari mikoriza dan spesies tanaman inang (Bernaola *et al.*, 2018).

Perlakuan B2M1 memiliki jumlah populasi *Azospirillum* sp terbanyak. Sedangkan perlakuan B3M0 dan B3M1 memiliki jumlah populasi *Azospirillum* sp terkecil. Efektifitas formula bakteri endofit B2 dalam hal ini adalah *Azospirillum* sp dalam penambahan N dapat dikatakan lebih baik daripada efektifitas formula bakteri endofit B3. *Azospirillum* sp menghasilkan asam indol asetat (IAA) yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman, merangsang kerapatan dan panjang rambut akar, perkembangan akar lateral yang menyebabkan peningkatan serapan hara pada tanaman (Firmansyah *et al.*, 2015).

Perlakuan B2M0 memiliki persentase kolonisasi akar oleh mikoriza tertinggi, sedangkan perlakuan B0M0 memiliki persentase terendah. Besarnya tingkat persentase kolonisasi akar oleh mikoriza ditentukan oleh beberapa faktor seperti jenis fungi, karakteristik tanaman dan faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban tanah, kandungan fosfor dan nitrogen (Wicaksono *et al.*, 2014).

Persentase kolonisasi akar ditentukan berdasarkan kriteria Rajapakse dan Miller (1992) yang dimodifikasi sebagai berikut: < 5% = sangat rendah (Kelas 1), 6–25% = rendah (Kelas 2), 26–50% = sedang (Kelas 3), 51–75% = tinggi (Kelas 4), dan > 75% = sangat tinggi (Kelas 5). Mayoritas perlakuan memiliki persentase kolonisasi sangat tinggi karena memiliki nilai >75%. Dua perlakuan yakni B3M0 dan B0M0 memiliki persentase kolonisasi akar sebesar 60% dan 40% yang masuk pada kategori tinggi dan sedang.

Menurut penelitian Saputra *et al.* (2015) menyatakan bahwa tingginya tingkat kolonisasi akar oleh

mikoriza disebabkan oleh kandungan unsur hara yang rendah begitu juga sebaliknya. Hal ini sesuai dengan fakta dilapang, bahwa selama proses pembibitan tidak diberikan pupuk NPK yang menyebabkan persentase kolonisasi akar menjadi sangat tinggi.

Kadar N, P, K, C-organik dan pH pada Tanah Setelah 12 MST

Perlakuan formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar N_{total} pada tanah. Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan B0M1 memiliki rata-rata kadar N_{total} tertinggi, sedangkan perlakuan B2M0 memiliki rata-rata kadar N_{total} terendah.

Tabel 3. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap kadar N pada tanah setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
N (%)				
B0	1.46	2.11	1.43	1.67
B2	0.95	1.26	1.46	1.22
B3	1.38	1.38	1.31	1.35
Rataan	1.26	1.58	1.4	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Perlakuan B0M1 lebih efektif meningkatkan N tanah apabila dibandingkan dengan perlakuan B0M0 atau perlakuan B0M2. Peningkatan dosis mikoriza tidak selalu efektif dalam mekanisme membantu penyediaan unsur hara bagi tanaman. Perlakuan kontrol (B0M0) memiliki kadar N_{total} tanah tertinggi kedua setelah perlakuan B0M1. Hal tersebut dikarenakan proses mineralisasi N pada perlakuan B0M0 lebih cepat daripada perlakuan lain. Proses mineralisasi N dipengaruhi oleh rasio C/N bahan organik, bahan organik yang memiliki rasio C/N rendah akan memiliki laju mineralisasi N yang tinggi (Abera *et al.*, 2012).

Rendahnya kadar N pada perlakuan B2M0 dapat disebabkan oleh infeksi formula bakteri endofit B2 banyak terdapat pada jaringan tanaman. Mayoritas populasi bakteri endofit paling banyak ditemukan pada akar dibandingkan pada batang dan daun. Tingkat populasi bakteri endofit dalam tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti genotipe tanaman, umur tanaman, jenis tanaman dan faktor lingkungan baik biotik dan abiotik (Hallman *et al.*, 1997).

Perlakuan bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap kadar P tanah, sedangkan perlakuan mikoriza, dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar P tanah. Penelitian Furnkranz *et al.* (2009) menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat melarutkan fosfat sebesar 41%. Bakteri endofit dapat memproduksi fitohormon seperti auksin, fosfatase dan siderofor.

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata P dari yang tertinggi adalah tanpa formula bakteri (B0), formula bakteri endofit B3 dan selanjutnya formula bakteri endofit B2. Hal ini disebabkan tidak adanya formula bakteri endofit pada media tanam menyebabkan tidak optimalnya penyerapan unsur P. Sehingga P-tersedia di tanah pada perlakuan tanpa pemberian formula bakteri endofit tinggi. Hasil berbeda ditunjukkan pada pemberian formula bakteri endofit B2 yang memiliki nilai P-tersedia rendah.

Tabel 4. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap kadar P pada tanah setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
P (ppm)				
B0	27.37 a	28.80 a	23.28 ab	26.48 a
B2	17.74 b	16.88 b	19.65 b	18.09 b
B3	23.62 ab	17.57 b	17.79 b	19.66 b
Rataan	22.91	21.08	20.24	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Perlakuan mikoriza berpengaruh nyata terhadap kadar K tanah, sedangkan perlakuan formula bakteri endofit dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K tanah.

Tabel 5. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap kadar Ktersedia pada tanah setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
K-tersedia (me 100g ⁻¹)				
B0	1.39 abc	1.05 abc	0.91 abc	1.12
B2	1.63 ab	0.53 c	0.66 c	0.94
B3	1.62 ab	1.72 a	0.76 bc	1.37
Rataan	1.54 a	1.10 ab	0.78 b	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Inokulasi mikoriza dapat membantu penyerapan unsur hara seperti P, K, Mg, Fe, Mn, Zn dan Cu pada tanaman kacang (Farzaneh *et al.*, 2011). Tabel 5 menunjukkan bahwa rataan K-tersedia dari yang tertinggi adalah tanpa mikoriza (M0), mikoriza 10 g tanaman⁻¹ (M1) dan mikoriza 20 g tanaman⁻¹ (M2). Hal ini disebabkan tidak adanya penambahan mikoriza mengakibatkan penyerapan unsur K tidak optimal. Sehingga K-tersedia dari M0 memiliki nilai tertinggi. Hasil berbeda ditunjukkan oleh M2 yang dapat membantu penyerapan unsur K secara optimal. Jangkauan penyerapan unsur hara tanaman yang terkolonisasi mikoriza dapat meningkat enam kali lebih cepat daripada tanaman yang tidak terkolonisasi mikoriza (Tirta, 2006). Hal inilah yang menyebabkan K-tersedia pada M2 menjadi rendah.

Perlakuan bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar C-organik tanah. Tabel 6 menunjukkan bahwa secara umum kadar C-organik semua perlakuan terdapat pada rentang 4-5%. Waktu pembibitan selama tiga bulan diduga masih belum cukup terjadi mineralisasi pada media tanam. Selain itu, media tanam semua perlakuan disamakan, sehingga kadar C-organik semua perlakuan relatif sama

Tabel 6. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap kadar C-organik pada tanah setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
C-organik(%)				
B0	5.38	5.59	5.28	5.42
B2	4.89	4.63	5.5	5.01
B3	5.36	5.32	4.62	5.1
Rataan	5.2	5.18	5.14	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Perlakuan formula bakteri endofit berpengaruh sangat nyata terhadap pH tanah. Perlakuan mikoriza dan kombinasi berpengaruh nyata terhadap pH tanah.

Tabel 7 menunjukkan secara umum pH semua perlakuan berada pada kisaran 4,2-4,7. Hal tersebut tidak berbeda jauh dengan kondisi pH media tanam sebelum diberikan perlakuan yakni 4.63.

Tabel 7. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap kadar pH tanah pada tanah setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
pH tanah				
B0	4.52 ab	4.50 ab	4.49 abc	4.5 a
B2	4.32 cd	4.32 d	4.37 cd	4.33 b
B3	4.61 a	4.35 d	4.38 bcd	4.45 a
Rataan	4.48 a	4.39 b	4.41 ab	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Tidak diberikannya kapur atau dolomit dalam media tanam adalah untuk melihat seberapa jauh performa dari formula bakteri endofit dan mikoriza dalam membantu tanaman lada memperoleh unsur hara dalam lingkungan yang kurang menguntungkan. Selain itu formula bakteri endofit yang diperoleh juga diisolasi dari kebun lada di Lampung yang memiliki tanah dengan pH masam.

Kadar N, P, dan K Tanaman

Perlakuan formula bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap kadar N pada tanaman. Sedangkan perlakuan mikoriza dan perlakuan kombinasi tidak berpengaruh nyata. Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan yang memiliki kadar N tanaman tertinggi adalah B0M1, sedangkan perlakuan yang memiliki kadar N tanaman terendah adalah B2M0. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada perlakuan B0M1 diduga efisien dalam pengambilan hara N.

Tabel 8. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap kadar N, P, dan K tanaman setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
N-tanaman				
B0	1.51	1.62	1.52	1.55 p
B2	1.14	1.37	1.19	1.24 q
B3	1.27	1.40	1.18	1.28 q
Rataan	1.31	1.47	1.29	
P-tanaman				
B0	0.13	0.11	0.15	0.13
B2	0.09	0.09	0.13	0.10
B3	0.11	0.10	0.08	0.10
Rataan	0.10	0.10	0.12	
K-tanaman				
B0	1.67	1.44	1.94	1.68
B2	1.08	1.27	1.15	1.16
B3	1.53	2.00	1.19	1.57
Rataan	1.42	1.57	1.43	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Hifa ekstraradikal mikoriza dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam pengambilan N dari media tanam dan meningkatkan aktivitas enzim-enzim penting yang berperan dalam asimilasi N seperti *nitrat reduktase* (NR), *glutamine synthetase* (GNS) dan *glutamate synthase* (GMS) serta meningkatkan konsentrasi asam amino dan protein. Mekanisme yang berjalan adalah mikoriza

menginduksi peningkatan enzim NR dan GNS pada tanaman inang kemudian mikoriza memiliki aktivitas enzim asimilasi N yang ditandai dengan keberadaan gen yang menandai enzim NR (Guntoro *et al.*, 2006)

Perlakuan formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar P pada tanaman. Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan B0M2 memiliki rata-rata kadar P tanaman tertinggi, sedangkan perlakuan B2M0 memiliki rata-rata kadar P tanaman terendah.

Perlakuan formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K pada tanaman. Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan B3M1 memiliki rata-rata tertinggi K-total tanaman, sedangkan perlakuan B2M1 memiliki rata-rata kadar K tanaman terendah.

Berdasarkan Tabel 9 tingkat kecukupan unsur hara pada tanaman lada berdasarkan norma DRIS (*Diagnosis and Recommendation Integrated System*) (Sadanandan dan Hamza, 1996). Kadar N tanaman berada pada kisaran 1.1-1.6% masuk pada kategori rendah dengan perlakuan B0M1 yang memiliki rata-rata kadar N tanaman tertinggi. Kadar P tanaman berada pada kisaran 0.08-0.15% masuk kategori rendah-optimum dengan perlakuan B0M2 yang memiliki rata-rata kadar P tanaman tertinggi. Kadar K tanaman berada pada kisaran 1.07-2.00% masuk kategori rendah-optimum dengan perlakuan B3M1 yang memiliki rata-rata kadar K tanaman tertinggi. Meskipun hasil analisis ragam menunjukkan bahwa seluruh perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar N, P, dan K tanaman, tetapi tidak ada satupun tanaman yang mengalami defisiensi hara N, P dan K.

Tabel 9. Tingkat kecukupan unsur hara pada tanaman lada berdasarkan norma DRIS (*Diagnosis and Recommendation Integrated System*) (Sadanandan dan Hamza, 1996)

Unsur	Satuan	Status				
		Kekurangan	Rendah	Optimum	Tinggi	Berlebih
N	%	< 1.06	1.06-1.64	1.65-2.79	2.80-3.40	>3.40
P	%	< 0.03	0.03-0.10	0.11-0.26	0.27-0.37	>0.37
K	%	< 0.33	0.33-1.77	1.78-2.84	2.85-3.68	>3.68
Ca	%	< 0.47	0.47-1.41	1.42-3.3	3.34-4.30	>4.30
Mg	%	< 0.20	0.20-0.39	0.40-0.69	0.70-1.06	>1.06

Serapan Hara N, P dan K pada Tanaman Lada Setelah 12 MST

Perlakuan formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi tidak berpengaruh nyata terhadap serapan hara N, P, dan K pada tanaman. Secara umum penambahan tinggi pada tanaman lada berbanding lurus dengan serapan N, P, dan K (Tabel 10).

Hal ini dikarenakan, meskipun bakteri endofit dan mikoriza berperan sebagai agen dekomposisi berdasarkan penelitian (Lindahl *et al.*, 2007) mikoriza dapat berperan sebagai pendekomposisi bahan organik. Penelitian (Apriani *et al.*, 2015) menyatakan bahwa bakteri endofit yang diisolasi dari umbi tanaman dahlia mampu memberikan kualitas kompos terbaik pada proses pengomposan pelepah sawit.

Tabel 10. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap serapan hara N, P, dan K pada tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
Serapan N(%)				
B0	31.81	32.97	29.34	31.37
B2	32.22	37.27	21.79	30.43
B3	26.27	19.09	19.24	21.53
Rataan	30.10	29.78	23.46	
Serapan P(%)				
B0	2.75	2.28	3.19	2.74
B2	2.73	2.45	2.29	2.49
B3	2.23	1.37	1.34	1.65
Rataan	2.57	2.27	2.03	
Serapan K(%)				
B0	35.52	28.47	37.54	33.84
B2	30.30	34.65	20.92	28.63
B3	30.89	26.93	19.43	25.75
Rataan	32.24	30.02	25.96	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Penambahan Tinggi, Daun, Ruas, Buku dan Indeks Klorofil pada Tanaman Lada

Tabel 11 menunjukkan bahwa perlakuan tunggal formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan tinggi tanaman lada. Perlakuan yang memiliki rataan penambahan tinggi tanaman lada tertinggi dan terendah adalah pada perlakuan B2M1 dan B0M0.

Tabel 11. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap penambahan tinggi pada tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
Penambahan tinggi				
B0	9.13	15.07	12.17	10.98
B2	9.78	15.07	9.4	11.42
B3	9.38	9.48	9.32	9.39
Rataan	9.43	12.07	10.3	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Tabel 12. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap penambahan ruas pada tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
Penambahan ruas				
B0	4.17 bc	5.17 abc	5.50 ab	4.94
B2	4.17 bc	6.33 a	4.83 abc	5.11
B3	3.67 c	4.50 bc	4.17 bc	4.11
Rataan	4.0 b	5.33 a	4.83 ab	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Tabel 12 menunjukkan bahwa perlakuan tunggal mikoriza berpengaruh nyata terhadap penambahan ruas tanaman lada. Sedangkan perlakuan tunggal formula bakteri endofit dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata. Perlakuan M1 memiliki rata-rata penambahan ruas paling tinggi. Perlakuan M1 berbeda nyata dengan perlakuan M0 dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan M2.

Tabel 13 menunjukkan bahwa perlakuan tunggal mikoriza berpengaruh nyata terhadap penambahan buku tanaman lada. Sedangkan perlakuan tunggal formula bakteri

endofit dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata. Perlakuan M1 memiliki rataan penambahan buku paling tinggi. Perlakuan M1 berbeda nyata dengan perlakuan M0 dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan M2. Perlakuan B2M1 memiliki rataan tertinggi pada penambahan ruas dan buku.

Tabel 13. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap penambahan buku pada tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
Penambahan buku				
B0	4.17 bc	5.06 abc	5.67 ab	4.96
B2	4.17 bc	6.33 a	4.83 abc	5.11
B3	3.67 c	4.67 abc	4.17 bc	4.17
Rataan	4.0 b	5.35 a	4.89 ab	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Penambahan tinggi tanaman lada selalu diikuti dengan bertambah panjangnya setiap ruas dan setiap ruas baru selalu diikuti dengan buku baru. Sehingga antara penambahan tinggi, ruas dan buku pada tanaman lada memiliki korelasi positif. Hal ini dapat dilihat dari perlakuan B2M1 yang konsisten memiliki rataan penambahan tinggi, ruas dan buku tertinggi daripada perlakuan lain.

Tabel 14 menunjukkan bahwa perlakuan tunggal formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan jumlah daun. Penambahan daun tertinggi dan terendah adalah pada perlakuan B0M2 dan B3M2. Hal ini dikarenakan setiap tanaman memiliki mekanisme pengguguran daunnya sendiri. Terdapat faktor mekanisme pengguguran daun yang tidak bisa dikondisikan sama sehingga setiap tanaman memiliki mekanisme pengguguran daun yang berbeda-beda.

Tabel 14. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap penambahan daun pada tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
Penambahan daun				
B0	3.5	4.28	4.67	4.15
B2	3.83	4	3.67	3.83
B3	3	3.5	2.5	3
Rataan	3.44	3.93	3.61	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Tabel 15 menunjukkan bahwa perlakuan tunggal formula bakteri endofit, mikoriza dan kombinasi keduanya

Tingkat klorofil daun tertinggi dan terendah adalah pada perlakuan B3M0 dan B2M2. Klorofil merupakan faktor utama terjadinya proses fotosintesis. Semakin tinggi tingkat klorofil pada daun maka laju fotosintesis akan meningkat. Peningkatan laju fotosintesis akan diikuti dengan peningkatan hasil fotosintatnya. Hasil fotosintat inilah yang berperan dalam pembentukan struktur tanaman seperti daun, batang dan akar.

tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat klorofil daun.

Tabel 15. Pengaruh formula bakteri endofit dan mikoriza terhadap indeks klorofil pada tanaman lada setelah 12 MST

Perlakuan	M0	M1	M2	Rataan
Indeks klorofil				
B0	41.97	34.72	45.15	40.61
B2	38.73	39.67	33.7	37.37
B3	45.6	36.28	38.9	0.264
Rataan	42.1	36.29	39.25	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*

Peningkatan bobot kering tanaman berkorelasi positif dengan hasil fotosintat. Selain itu bobot kering tanaman mencerminkan banyaknya hara yang terserap dalam tanaman tersebut. Semakin tinggi bobot kering suatu tanaman, maka hara yang terserap semakin banyak dan laju fotosintesis tanaman tersebut juga tinggi. Tabel 9 menunjukkan bahwa perlakuan formula bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap bobot kering tanaman. Perlakuan B2M0, B2M1, B3M0 merupakan tiga perlakuan dengan rataan bobot kering tertinggi yakni 2.83, 2.74, dan 2.10 g. Hal serupa juga ditunjukkan oleh perlakuan B3M0 yang memiliki tingkat klorofil tertinggi daripada perlakuan lain.

SIMPULAN

Mikoriza dapat meningkatkan penambahan ruas, buku dan kadar K-dd tanah. Formula bakteri endofit dan mikoriza dapat membantu penyerapan hara N, P, dan K tanaman lada. Secara umum formula bakteri endofit jenis B2 lebih baik daripada formula bakteri jenis B3 dalam meningkatkan fase vegetatif tanaman lada. Perlakuan kombinasi B2M1 (formula bakteri endofit B2 dan mikoriza 10g/tanaman) secara nyata mampu meningkatkan tinggi tanaman lada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Divisi Ekofisiologi Balai Tanaman Rempah dan Obat Bogor serta PT. Intidaya Agrolestari yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abera, G., M.E. Wolde and L.R. Bakken. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. *Biol Fertil Soils*, 48: 51–66.
- Apriani, S. dan S. Awaluddin. 2015. Pengaruh suhu pada proses pengomposan pelepah sawit menggunakan isolat lokal *Pseudomonas stutzeri* (LBKURCC 54 dan LBKURCC 59). *Jurnal Photon*, 6(1): 73-78
- Barrow, J.R. and P. Osuna. 2002. Phosphorus solubilization and uptake by dark septate fungi in fourwing saltbush, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *J. Arid. Environ.*, 51: 449-459

- Bernaola, L., G. Cange, M.O. Way, J. Gore, J. Hardke and M. Stout. 2018. Natural colonization of rice by arbuscular mycorrhizal fungi in different production areas. *Rice Science*, 25(3): 169-174
- Brundrett, M.N., B. Bougher, T.G. Dell and N. Malayczuk. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Clapp, J.P., A.H. Fitter and J.W. Merryweather. 1996. Arbuskular mycorrhizas. In: Hall, G.S., P. Lasserre and D.L. Hawksworth (Eds.) *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments*. Wallingford (UK) : CAB International.
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017*. Jakarta (ID) : Direktorat Jenderal Perkebunan. Kementerian Pertanian.
- Farzaneh, M., H. Vierheilig, A. Lossl and H.P. Kaul. 2011. Arbuskular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea. *Plant Soil Environ.*, 57: 465-470
- Firmansyah, I, Liferdi, N. Khaririyatun, M.P. Yufdy. 2015. Pertumbuhan dan hasil bawang merah dengan aplikasi pupuk organik dan pupuk hayati pada tanah alluvial. *J. Hort.*, 25(2) : 133-141
- Furnkranz, M., H. Müller and G. Berg. 2009. Characterization of plant growth promoting bacteria from crops in Bolivia. *J. P. Dis. Protect.*, 116(4): 149–155.
- Guntoro, D., M.A. Chozin, B. Tjahjono dan I. Mansur. 2006. Pemanfaatan cendawan mikoriza arbuskular dan bakteri *Azospirillum sp* sp. untuk meningkatkan efisiensi pemupukan pada *Turfgrass*. *Bul. Agron.*, 34(1) : 62-70
- Gusmaini, S.A. Aziz, A. Munif, D. Sopandie dan N. Bermawie. 2013. Potensi bakteri endofit dalam upaya meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan kandungan andrografolid pada tanaman sambiloto. *Jurnal Littri.*, 19(4): 167-177
- Hallmann, J., A. Quadt-Hallmann, W.F. Mahaffee and J.W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.*, 43(10) : 895–914
- Hariyadi, I. Darmawan dan R. Zaubin. 1996. Pengaruh jenis stek dan media pembibitan terhadap pertumbuhan bibit tanaman lada (*Piper nigrum* L.). *Buletin Agronomi*, 24(1) : 6-9.
- Harrison, M.J. 1997. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. *Trends Plant Sci.*, 2: 54-60.
- Lehmann, A., D.V. Stavros, E.F. Leifheit and M.C. Rillig. 2014. Arbuskular mycorrhizal influence on zinc nutrition in crop plants: a meta-analysis. *Soil Biol. Biochem.*, 60 : 123-131
- Lindahl, B.D., K. Ihrmark, J. Boberg, S.E. Trumbore, P. Hogberg, J. Stenlid and R.D. Finlay 2007. Spatial separation of litter decomposition and mycorrhizal nitrogen uptake in boreal forest. *New Phytol.*, 173: 611-620
- Nurmasyitah, Syafruddin dan M. Sayuthi. 2013. Pengaruh jenis tanah dan dosis fungi mikoriza arbuskular pada tanaman kedelai terhadap sifat kimia tanah. *Jurnal Agrista*, 17(3) : 103-110
- Purwaningsih, S., R. Hardiningsih, Wardah A. Sujadi. 2004. Populasi bakteri dari tanah di desa Tudu-Aog, Kecamatan Passi, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Biodiversitas*, 5(1): 13-16.
- Rajapakse, S. and J.C. Miller. 1992. 15 Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. *Method In Microbiology*, (24): 301-316.
- Rosman, R. 2016. Strategi penelitian dan pengembangan menghadapi perkembangan lada dunia. *Perspektif*, 15(1): 11-17.
- Sadanandan, A.K. and S. Hamza. 1996. Studies on nutritional requirement of bush pepper (*Piper nigrum* L) for yield and quality. In *Development in Plantation Crops Research* (Eds.) Mathew, N.M. and K. Jacob. New Delhi: Allied Publishers Ltd. p. 223-227.
- Saputra, B., R. Linda dan I. Lovadi. 2015. Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) pada tiga jenis tanah rhizosfer tanaman pisang nipah (*Musa paradisiaca* L.var.nipah) di Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*, 4(1): 160-169.
- Tirta, I.G. 2006. Pengaruh kalium dan mikoriza terhadap pertumbuhan bibit panili (*Vanilla planifolia* Andrew). *Biodiversitas*, 7(2): 171-174
- Van der heijden, M.G.A., F.M. Martin, M.A. Selosse and L.R. Sanders. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past the present, and the future. *New Phytol.*, 205: 1406-1423
- Wicaksono, M.I., M. Rahayu dan Samanhudi. 2014. Pengaruh pemberian mikoriza dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bawang putih. caraka tani. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 29(1): 35-44.
- Widawati, S., Suliasih dan A. Muharam. 2010. Pengaruh kompos yang diperkaya bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman kapri dan aktivitas enzim fosfatase dalam tanah. *J. Hort.*, 20(3): 207-15.