

PENGUJIAN EFEKTIVITAS CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR TERHADAP BIBIT KELAPA SAWIT PADA MEDIA TANAH PMK BEKAS HUTAN DAN BEKAS KEBUN KARET

Elis Kartika¹

ABSTRAK

Setiap jenis Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) memiliki efektivitas yang berbeda terhadap bibit kelapa sawit dan jenis tanah di mana bibit tersebut tumbuh. Demikian juga antara jenis CMA dapat bersifat sinergis atau dapat pula bersifat antagonis dalam mempengaruhi pertumbuhan bibit kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas CMA pada bibit kelapa sawit di media tanah Podsolik Merah Kuning (PMK) bekas hutan dan bekas kebun karet. Pengujian efektivitas dilakukan terhadap isolat-isolat hasil kultur spora tunggal pada kedua jenis tanah tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CMA yang memiliki efektivitas tertinggi di media tanah PMK bekas hutan adalah inokulum campuran tiga isolat CMA *Glomus* sp-3a, *Acaulospora* sp-3a dan *Acaulospora* sp-5a; sedangkan di media tanah PMK bekas kebun karet adalah inokulum tunggal CMA *Glomus* sp-3b.

Kata Kunci : kelapa sawit, Cendawan Mikoriza Arbuskular, Podsolik Merah Kuning

ABSTRACT

Each kind of Arbuscular Micorrhizal Fungi (AMF) possesses different level of effectiveness on oil palm seedlings growing in various types of soil. Also, various kinds of AMF could act synergistically and antagonistically to each other in influencing the growth of oil palm seedlings. The objective of this study to evaluate AMF effectiveness to oil palm seedling on Red Yellow Podzolic (RYP) of used forest and rubber plantation soils media. Evaluation on the effectiveness was conducted toward the AMF isolates produced from a single spore culture on those two soil types. The results showed that highest effectiveness of AMF on RYP of used forest soil media was a mixed inoculums of 3 AMF isolates *Glomus* sp-3a, *Acaulospora* sp-3a and *Acaulospora* sp-5a, whereas on RYP of used rubber plantation soil media was single inoculums of AMF *Glomus* sp-3b.

Key words: oil palm, Arbuscular Micorrhizal Fungi, Red Yellow Podzolic

¹ Jurusan Budidaya Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

PENDAHULUAN

CMA dapat berasosiasi erat dengan lebih dari 90% spesies tanaman (6). Keuntungan terbesar dari pengaruh simbiosis mikoriza adalah dihubungkan dengan perbaikan hara P dari tanaman inang. Kolonisasi akar dengan CMA dapat meningkatkan penyerapan P oleh akar tanaman dengan cara menyediakan permukaan serapan yang lebih besar untuk P dan mengatasi masalah-masalah yang berhubungan dengan perkembangan daerah deplesi, melalui translokasi dalam hifa eksternal pada akar tanaman inang. Ada beberapa bukti yang menunjukkan bahwa kolonisasi mikoriza membantu tanaman untuk berkembang pada keadaan arid (19), menghalangi patogen akar (11), serta meningkatkan agregasi tanah dalam tanah tererosi (25).

CMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, khususnya berhubungan dengan kemampuannya dalam menyediakan hara mineral bagi tanaman, baik berupa unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Menurut Marschner (17), tanaman yang bermikoriza mempunyai laju penyerapan unsur P per unit panjang akar yang meningkat 2-3 kali dibandingkan tanaman tanpa mikoriza. Hal ini karena pada akar tanaman yang bermikoriza ditemukan hifa yang memberikan kontribusi sebesar 70-80 % dari total penyerapan P. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa CMA mampu meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara tanaman (22, 12, 7).

Menurut Abbott & Robson (1) CMA dapat meningkatkan penyerapan hara dalam tanah sebab CMA dapat mengurangi jarak bagi hara untuk

memasuki akar tanaman, meningkatkan rata-rata penyerapan hara dan konsentrasi hara pada permukaan penyerapan dan mengubah secara kimia sifat-sifat hara sehingga memudahkan penyerapannya ke dalam akar tanaman.

Efektivitas setiap jenis CMA selain tergantung pada jenis CMA itu sendiri juga sangat tergantung pada jenis tanaman dan jenis tanah serta interaksi antara ketiganya. Setiap jenis tanaman memberikan tanggap yang berbeda terhadap CMA, demikian juga dengan jenis tanah, berkaitan erat dengan pH dan tingkat kesuburan tanah. Setiap CMA mempunyai perbedaan dalam kemampuannya meningkatkan penyerapan hara dan pertumbuhan tanaman, sehingga akan berbeda pula efektivitasnya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman di lapangan.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa setiap jenis CMA memiliki efisiensi dan efektivitas yang berbeda-beda dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, tergantung jenis CMA, jenis tanaman inang dan jenis tanah (lingkungan) serta interaksi ketiganya (15, 5, 14).

Jenis CMA yang diisolasi dari pertanaman kelapa sawit telah didapatkan pada penelitian sebelumnya yaitu di tanah PMK bekas hutan ada sembilan tipe yang terdiri dari genus *Glomus* (empat tipe) dan *Acaulospora* (lima tipe). Demikian juga dengan tipe spora yang ada di tanah PMK bekas kebun karet ada sembilan tipe dengan genus *Glomus* (tujuh tipe) dan *Acaulospora* (dua tipe) (16). Selanjutnya CMA yang telah ditemukan tersebut diuji efektivitasnya pada bibit kelapa sawit.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas CMA pada bibit kelapa sawit di media tanah PMK bekas hutan dan bekas kebun karet.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor dengan 3 ulangan yaitu jenis isolat CMA dari dua jenis tanah perkebunan kelapa sawit (tanah PMK bekas hutan yang terletak di PT Rigunas Agri Utama Kabupaten Tebo dan PMK bekas kebun karet yang terletak di PTP Nusantara VI Kabupaten Tebo) serta isolat (*Mycofer*) yang ada di Laboratorium Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Bioteknologi IPB, di mana setiap jenis isolat yang ditemukan pada penelitian sebelumnya diuji pada masing-masing jenis tanah tempat isolat tersebut berada. Isolat yang diujikan adalah isolat yang berhasil diperbanyak dari hasil kultur spora tunggal yaitu untuk tanah PMK bekas hutan ada empat isolat [*Glomus* sp-3a (P-3), *Glomus* sp-4a (P-4), *Acaulospora* sp-3a (P-7), dan *Acaulospora* sp-5a (P-9)] dan di PMK bekas kebun karet ada empat isolat [*Glomus* sp-2b (S-2), *Glomus* sp-3b (S-3), *Glomus* sp-7b (S-7) dan *Acaulospora* sp-1b (S-8)].

Contoh tanah dari dua jenis tanah di atas terlebih dahulu disterilisasi dengan cara pengukusan (pemanasan) untuk

mematikan semua organisme yang terkandung dalam contoh tanah.

Penanaman dan inokulasi CMA dilakukan terhadap kecambah kelapa sawit varietas D x P (Tenera) dan setiap polibeg ditanami satu kecambah. Jumlah inokulan (terdiri atas media tanam, spora, potongan hifa dan potongan akar) yang diberikan dari setiap isolat tidak sama, tergantung kepadatan spora per gram inokulan. Setiap inokulum mempunyai kepadatan spora yang berbeda sehingga dilakukan standarisasi agar inokulan dari setiap isolat yang diberikan mempunyai kepadatan spora yang relatif sama, yaitu 60 spora. Hasil standarisasi tersebut untuk setiap jenis tanah disajikan pada Tabel 1.

Perlakuan jenis isolat yang diberikan untuk setiap jenis tanah terdiri dari tanpa isolat, isolat tunggal dan isolat campuran kombinasi dari isolat tunggal tersebut (Tabel 2).

Inokulasi dilakukan bersamaan dengan penanaman kecambah. Selanjutnya dilakukan pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan dan pemupukan. Pupuk yang diberikan berupa pupuk urea, rock phosphate, KCl dan kisserite dengan dosis seperti tercantum pada Lampiran 1.

Pengamatan dilakukan setelah bibit berumur 5 bulan terhadap peubah tinggi bibit, jumlah daun, luas daun, diameter batang, bobot kering tajuk, bobot kering akar, nisbah tajuk akar, kadar P dan kolonisasi CMA. Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan uji kontras ortogonal.

Tabel 1. Hasil standarisasi inokulan dari setiap isolat dari tanah PMK bekas hutan dan PMK bekas kebun karet

Isolat	Kepadatan spora per 50 g inokulan	Kebutuhan inokulan (g) untuk 60 spora
<u>Tanah PMK bekas hutan</u>		
<i>Glomus</i> sp-3a (P-3)	110	27,27
<i>Glomus</i> sp-4a (P-4)	120	25,00
<i>Acaulospora</i> sp-3a (P-7)	109	27,52
<i>Acaulospora</i> sp-5a (P-9)	108	27,78
<u>Tanah PMK bekas kebun karet</u>		
<i>Glomus</i> sp-2b (S-2)	130	23,08
<i>Glomus</i> sp-3b (S-3)	125	24,00
<i>Glomus</i> sp-7b (S-7)	130	23,08
<i>Acaulospora</i> sp-1b (S-8)	120	25,00
Isolat campuran	Proposional dengan jumlah isolat	

Tabel 2. Perlakuan pemberian jenis isolat untuk tanah PMK bekas hutan dan PMK bekas kebun karet

PMK bekas hutan		PMK bekas kebun karet	
P-0	P-4,9	S-0	S-3,8
P-3	P-7,9	S-2	S-7,8
P-4	P-3,4,7	S-3	S-2,3,7
P-7	P-3,4,9	S-7	S-2,3,8
P-9	P-3,7,9	S-8	S-2,7,8
P-3,4	P-4,7,9	S-2,3	S-3,7,8
P-3,7	P-3,4,7,9	S-2,7	S-2,3,7,8
P-3,9	P-gab.	S-2,8	S-gab.
P-4,7	P-myc.	S-3,7	S-myc.

HASIL

a. Pengujian efektivitas CMA pada bibit kelapa sawit di media tanah PMK bekas hutan

Hasil uji kontras ortogonal terhadap pertumbuhan, kadar P dan serapan P,

serta infeksi akar bibit kelapa sawit umur 5 bulan akibat perlakuan pemberian berbagai inokulum CMA di media tanah PMK bekas hutan disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 terlihat bahwa bibit yang diinokulasi CMA memberikan pertumbuhan dan serapan P

lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa CMA seperti ditunjukkan oleh peubah diameter batang, luas daun, bobot kering tajuk, bobot kering bibit, nisbah tajuk akar, serapan P dan infeksi akar.

Bibit yang diinokulasi isolat CMA tunggal memiliki bobot kering akar lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran isolat tunggal, campuran 2 isolat dan campuran 4 isolat CMA. Selanjutnya terlihat bahwa bibit yang diinokulasi isolat tunggal tersebut memiliki bobot kering bibit lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran 2 isolat CMA serta memiliki luas daun dan bobot kering tajuk yang lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran 4 isolat. Jadi pemberian isolat tunggal CMA lebih baik daripada inokulum campuran isolat tunggal, campuran 2 isolat ataupun campuran 4 isolat CMA. Tetapi kalau dilihat berdasarkan peubah lain, inokulum campuran 2 isolat CMA memiliki luas daun, nisbah tajuk akar, kadar P dan serapan P yang lebih tinggi daripada isolat tunggal serta inokulum campuran 4 isolat CMA memiliki jumlah daun dan nisbah tajuk akar lebih tinggi dibandingkan isolat tunggal. Oleh karena itu belum dapat disimpulkan bahwa isolat tunggal yang terbaik, sementara itu antara isolat tunggal dan campuran 3 isolat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata untuk semua peubah yang diukur.

Jika dibandingkan dengan inokulum campuran 4 isolat CMA, bibit yang diinokulasi dengan campuran 2 isolat nyata memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan campuran 4 isolat CMA tersebut, seperti ditunjukkan oleh peubah tinggi bibit, jumlah daun, bobot kering tajuk, nisbah tajuk akar, kadar P dan serapan P.

Selanjutnya bibit yang diinokulasi inokulum campuran 3 isolat CMA ternyata menunjukkan pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan campuran 2 isolat seperti ditunjukkan oleh peubah luas daun, bobot kering akar, bobot kering bibit, kadar P dan serapan P. Demikian juga inokulum campuran 3 isolat CMA memiliki pertumbuhan yang lebih baik jika dibandingkan dengan inokulum campuran 4 isolat CMA seperti ditunjukkan oleh peubah diameter batang, jumlah daun, luas daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk dan nisbah tajuk akar.

Bibit yang diinokulasi isolat tunggal P-3 (*Glomus* sp-3a) dibandingkan campuran 2, 3 dan 4 isolat yang mengandung isolat P3 menunjukkan bahwa pada umumnya inokulum campuran yang mengandung isolat tunggal P-3 memiliki pertumbuhan lebih baik seperti ditunjukkan oleh semua peubah yang diukur kecuali peubah infeksi akar. Demikian juga inokulum campuran yang mengandung isolat tunggal P-4 (*Glomus* sp-4a) memiliki pertumbuhan yang lebih baik daripada isolat tunggal P-4 seperti ditunjukkan oleh peubah bobot kering tajuk, nisbah tajuk akar dan kadar P. Inokulum campuran yang mengandung isolat P-7 (*Acaulospora* sp-3a) memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan isolat tunggal P-7 (diameter, jumlah daun, luas daun, bobot kering tajuk, kadar P dan nisbah tajuk akar, sedangkan isolat tunggal P-9 (*Acaulospora* sp-5a) dibandingkan dengan campuran 3 dan 4 isolat yang mengandung P-9 pada umumnya tidak menunjukkan perbedaan yang nyata untuk semua peubah kecuali luas daun

Tabel 3. Uji kontras ortogonal terhadap peubah tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, luas daun dan bobot kering akar bibit kelapa sawit umur 5 bulan di media tanah PMK bekas hutan

Sumber Keragaman	Tinggi bibit (cm)	Diameter (mm)	Jumlah daun	Luas daun (Cm2)	BK Akar (g)
Kontrol vs Isolat lainnya	31.80 vs 35.65 tn	11.17 vs 16.31 *	4.67 vs 5.59 tn	283.97 vs 442.27 **	0.86 vs 1.96 tn
Isolat tunggal vs Campurannya	33.36 vs 36.58 tn	13.49 vs 17.33 tn	4.92 vs 5.73 tn	369.54 vs 481.66 tn	2.97 vs 1.79 **
Isolat tunggal vs Campuran 2 isolat	33.36 vs 35.34 tn	13.49 vs 16.30 tn	4.92 vs 5.56 tn	369.54 vs 386.53 **	2.97 vs 1.41 **
Isolat tunggal vs Campuran 3 isolat	33.36 vs 39.62 tn	13.49 vs 19.49 tn	4.92 vs 6.08 tn	369.54 vs 657.14 tn	2.97 vs 2.42 tn
Isolat tunggal vs Campuran 4 isolat	33.36 vs 31.93 tn	13.49 vs 14.83 tn	4.92 vs 5.33 *	369.54 vs 350.54 **	2.97 vs 1.53 **
Campuran 2 isolat vs Campuran 3 isolat	35.34 vs 39.62 tn	16.30 vs 19.49 tn	5.56 vs 6.08 tn	386.53 vs 657.14 **	1.41 vs 2.42 *
Campuran 2 isolat vs campuran 4 isolat	35.34 vs 31.93 *	16.30 vs 14.83 tn	5.56 vs 5.33 *	386.53 vs 350.54 **	1.41 vs 1.53 **
Campuran 3 isolat vs Campuran 4 isolat	39.62 vs 31.93 tn	19.49 vs 14.83 tn	6.08 vs 5.33 *	657.14 vs 350.54 *	2.42 vs 1.53 **
P3 vs P3,4; P3,7; P3,9	30.83 vs 35.81 **	14.17 vs 16.69 *	5.00 vs 5.56 *	284.02 vs 421.74 **	1.38 vs 1.66 *
P3 vs P3,4,7; P3,4,9; P3,7,9	30.83 vs 41.50 tn	14.17 vs 21.38 tn	5.00 vs 6.67 tn	284.02 vs 759.36 **	1.38 vs 2.83 tn
P3 vs P3,4,7,9	30.83 vs 31.93 tn	14.17 vs 14.83 tn	5.00 vs 5.33 tn	284.02 vs 350.54 tn	1.38 vs 1.53 **
P4 vs P3,4; P4,7; P4,9	34.97 vs 35.34 tn	11.83 vs 15.02 tn	5.00 vs 5.33 tn	360.10 vs 338.97 *	3.76 vs 1.19 tn
P4 vs P3,4,7; P3,4,9; P4,7,9	34.97 vs 38.24 tn	11.83 vs 18.71 tn	5.00 vs 5.78 tn	360.10 vs 579.79 tn	3.76 vs 1.27 tn
P4 vs P3,4,7,9	34.97 vs 31.93 tn	11.83 vs 14.83 tn	5.00 vs 5.33 tn	360.10 vs 350.54 tn	3.76 vs 1.53 **
P7 vs P3,7; P4,7; P7,9	34.83 vs 35.88 **	14.47 vs 15.80 **	5.33 vs 5.56 **	513.54 vs 396.95 **	2.03 vs 1.24 tn
P7 vs P3,4,7; P3,7,9; P4,7,9	34.83 vs 39.98 **	14.47 vs 19.81 **	5.33 vs 6.00 *	513.54 vs 648.11 **	2.03 vs 2.73 tn
P7 vs P3,4,7,9	34.83 vs 31.93 **	14.47 vs 14.83 **	5.33 vs 5.33 tn	513.54 vs 350.54 **	2.03 vs 1.53 **
P9 vs P3,9; P4,9; P7,9	32.80 vs 34.32 *	13.50 vs 17.69 tn	4.33 vs 5.78 tn	320.48 vs 388.44 **	4.72 vs 1.53 *
P9 vs P3,4,9; P3,7,9; P4,7,9	32.80 vs 38.74 tn	13.50 vs 18.07 tn	4.33 vs 5.89 tn	320.48 vs 641.31 *	4.72 vs 2.86 tn
P9 vs P3,4,7,9	32.80 vs 31.93 tn	13.50 vs 14.83 tn	4.33 vs 5.33 tn	320.48 vs 350.54 tn	4.72 vs 1.53 tn
P3_4_7 vs campuran 3 Isolat lainnya	42.23 vs 38.74 tn	23.77 vs 18.07 tn	6.67 vs 5.89 **	704.64 vs 641.31 *	1.10 vs 2.86 tn
P3_4_9 vs campuran 3 Isolat lainnya	38.53 vs 39.98 tn	18.53 vs 19.81 tn	6.33 vs 6.00 tn	684.25 vs 648.11 tn	1.51 vs 2.73 tn
P3_7_9 vs campuran 3 Isolat lainnya	43.73 vs 38.24 tn	21.83 vs 18.71 tn	7.00 vs 5.78 tn	889.20 vs 579.79 **	5.88 vs 1.27 tn
P4_7_9 vs campuran 3 Isolat lainnya	33.97 vs 41.50 tn	13.83 vs 18.71 tn	4.33 vs 6.67 tn	350.48 vs 759.36 tn	1.19 vs 2.83 tn
Pgab vs Isolat lainnya (tanpa Pmyc.)	31.97 vs 33.60 *	14.53 vs 21.34 tn	5.67 vs 5.17 tn	318.04 vs 428.54 **	0.90 vs 2.21 tn
Pmyc. vs Isolat lainnya	38.20 vs 35.49 tn	18.17 vs 16.19 tn	6.67 vs 5.52 tn	424.09 vs 443.40 *	0.97 vs 2.03 *

Pengujian Keefektifan Cendawan Mikoriza Arbuskular Terhadap Bibit Kelapa Sawit Pada Media Tanah PMK Bekas Hutan dan Bekas Kebun Karet

Tabel 4. Uji kontras ortogonal terhadap bobot kering tajuk, bobot kering bibit, nisbah tajuk akar, kadar P, serapan P dan infeksi akar bibit kelapa sawit umur 5 bulan di media tanah PMK bekas hutan

Sumber Keragaman	BK Tajuk (g)	BK bibit (g)	Nisbah tajuk akar	Kadar P (%)	Serapan P (g/tan.)	Infeksi akar (%)
Kontrol vs Isolat lainnya	1.27 vs 4.38 **	2.13 vs 6.35 **	1.49 vs 3.20 *	0.21 vs 0.25 tn	0.26 vs 1.17 **	0.00 vs 74.61 **
Isolat tunggal vs Campurannya	3.44 vs 4.74 tn	6.41 vs 6.52 tn	1.53 vs 3.60 **	0.19 vs 0.27 tn	0.63 vs 1.39 tn	76.75 vs 75.12 tn
Isolat tunggal vs Campuran 2 isolat	3.44 vs 4.16 tn	6.41 vs 5.57 *	1.53 vs 3.16 *	0.19 vs 0.24 **	0.63 vs 0.98 *	76.75 vs 64.83 tn
Isolat tunggal vs Campuran 3 isolat	3.44 vs 5.99 tn	6.41 vs 8.41 tn	1.53 vs 4.60 tn	0.19 vs 0.34 tn	0.63 vs 2.20 tn	76.75 vs 86.75 tn
Isolat tunggal vs Campuran 4 isolat	3.44 vs 3.18 **	6.41 vs 4.70 tn	1.53 vs 2.24 **	0.19 vs 0.19 tn	0.63 vs 0.63 tn	76.75 vs 90.33 tn
Campuran 2 isolat vs Campuran 3 isolat	4.16 vs 5.99 tn	5.57 vs 8.41 *	3.16 vs 4.60 tn	0.24 vs 0.34 *	0.98 vs 2.20 *	64.83 vs 86.75 tn
Campuran 2 isolat vs Campuran 4 isolat	4.16 vs 3.18 **	5.57 vs 4.70 tn	3.16 vs 2.24 **	0.24 vs 0.19 *	0.98 vs 0.63 **	64.83 vs 90.33 tn
Campuran 3 isolat vs Campuran 4 isolat	5.99 vs 3.18 **	8.41 vs 4.70 tn	4.60 vs 2.24 **	0.34 vs 0.19 tn	2.20 vs 0.63 **	86.75 vs 90.33 tn
P3 vs P3,4; P3,7; P3,9	3.41 vs 4.70 **	4.79 vs 6.36 **	3.17 vs 3.02 tn	0.18 vs 0.22 **	0.62 vs 1.01 **	70.00 vs 64.11 tn
P3 vs P3,4,7; P3,4,9; P3,7,9	3.41 vs 6.70 tn	4.79 vs 9.54 tn	3.17 vs 4.85 tn	0.18 vs 0.35 tn	0.62 vs 2.57 tn	70.00 vs 84.89 tn
P3 vs P3,4,7,9	3.41 vs 3.18 tn	4.79 vs 4.70 tn	3.17 vs 2.24 **	0.18 vs 0.19 tn	0.62 vs 0.63 tn	70.00 vs 90.33 tn
P4 vs P3,4; P4,7; P4,9	3.14 vs 3.88 tn	6.90 vs 5.07 tn	1.27 vs 3.40 tn	0.21 vs 0.25 *	0.65 vs 0.90 tn	87.00 vs 74.89 tn
P4 vs P3,4,7; P3,4,9; P4,7,9	3.14 vs 5.19 tn	6.90 vs 6.45 tn	1.27 vs 4.70 tn	0.21 vs 0.30 tn	0.65 vs 1.59 tn	87.00 vs 84.11 tn
P4 vs P3,4,7,9	3.14 vs 3.18 **	6.90 vs 4.70 tn	1.27 vs 2.24 **	0.21 vs 0.19 tn	0.65 vs 0.63 tn	87.00 vs 90.33 tn
P7 vs P3,7; P4,7; P7,9	5.52 vs 3.85 **	7.54 vs 5.09 tn	1.03 vs 3.16 **	0.17 vs 0.28 tn	0.92 vs 1.02 **	83.33 vs 64.78 *
P7 vs P3,4,7; P3,7,9; P4,7,9	5.52 vs 6.19 **	7.54 vs 8.92 tn	1.03 vs 4.87 **	0.17 vs 0.36 *	0.92 vs 2.43 **	83.33 vs 90.11 tn
P7 vs P3,4,7,9	5.52 vs 3.18 *	7.54 vs 4.70 tn	1.03 vs 2.24 **	0.17 vs 0.19 *	0.92 vs 0.63 **	83.33 vs 90.33 tn
P9 vs P3,9; P4,9; P7,9	1.69 vs 4.23 **	6.41 vs 5.76 **	0.63 vs 3.05 tn	0.21 vs 0.23 **	0.32 vs 0.98 **	66.67 vs 55.56 tn
P9 vs P3,4,9; P3,7,9; P4,7,9	1.69 vs 5.88 tn	6.41 vs 8.74 tn	0.63 vs 3.98 tn	0.21 vs 0.34 tn	0.32 vs 2.21 tn	66.67 vs 87.89 tn
P9 vs P3,4,7,9	1.69 vs 3.18 tn	6.41 vs 4.70 tn	0.63 vs 2.24 **	0.21 vs 0.19 tn	0.32 vs 0.63 tn	66.67 vs 90.33 tn
P3_4_7 vs campuran 3 Isolat lainnya	6.33 vs 5.88 tn	7.43 vs 8.74 tn	6.45 vs 3.98 tn	0.34 vs 0.34 *	2.18 vs 2.21 tn	83.33 vs 87.89 *
P3_4_9 vs campuran 3 Isolat lainnya	5.38 vs 6.19 tn	6.89 vs 8.92 tn	3.80 vs 4.87 *	0.26 vs 0.36 tn	1.51 vs 2.43 tn	76.67 vs 90.11 tn
P3_7_9 vs campuran 3 Isolat lainnya	8.41 vs 5.19 *	14.29 vs 6.45 *	4.30 vs 4.70 **	0.46 vs 0.30 *	4.02 vs 1.59 tn	94.67 vs 84.11 tn
P4_7_9 vs campuran 3 Isolat lainnya	3.85 vs 6.70 tn	5.04 vs 6.45 tn	3.85 vs 4.85 tn	0.29 vs 0.35 tn	1.09 vs 2.57 tn	92.33 vs 84.89 tn
Pgab vs Isolat lainnya (tanpa Pmyc.)	3.24 vs 4.49 tn	4.14 vs 7.17 *	3.79 vs 2.94 tn	0.23 vs 23.61 tn	0.73 vs 3.27 tn	63.33 vs 69.89 tn
Pmyc. vs Isolat lainnya	5.38 vs 4.32 tn	6.34 vs 6.35 tn	4.93 vs 3.09 *	0.23 vs 0.25 tn	1.28 vs 1.16 tn	71.67 vs 74.79 tn

lebih tinggi pada campuran 3 isolat. Selanjutnya inokulum campuran 2 isolat yang mengandung P-9 menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik daripada P-9 sendiri seperti ditunjukkan oleh peubah tinggi bibit, luas daun, bobot kering tajuk, kadar P dan serapan P. Bobot kering akar dan bobot kering bibit lebih tinggi pada isolat P-9 dibandingkan campuran 2 isolat yang mengandung P-9. Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa inokulum campuran isolat yang mengandung masing-masing isolat tunggalnya merupakan isolat yang lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan serapan P di tanah PMK bekas hutan dibandingkan masing-masing isolat tunggalnya.

Untuk melihat lebih jauh keefektifan dari inokulum campuran 3 isolat CMA, maka dilakukan pengujian antara inokulum campuran 3 isolat CMA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa inokulum campuran P-3,4,9 (*Glomus* sp-3a, *Glomus* sp-4a dan *Acaulospora* sp-5a) dan P-4,7,9 (*Glomus* sp-4a, *Acaulospora* sp-3a dan *Acaulospora* sp-5a) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan inokulum campuran 3 isolat CMA lainnya. Selanjutnya inokulum campuran 3 isolat CMA yaitu P-3,4,7 (*Glomus* sp-3a, *Glomus* sp-4a, dan *Acaulospora* sp-3a) memiliki jumlah daun dan luas daun yang lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran 3 isolat CMA lainnya, sedangkan inokulum campuran 3 isolat P-3,7,9 (*Glomus* sp-3a, *Acaulospora* sp-3a dan *Acaulospora* sp-5a) memiliki jumlah daun, bobot kering tajuk, bobot kering bibit, nisbah tajuk akar dan kadar P yang lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran

3 isolat CMA lainnya. Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat dikatakan bahwa P-3,7,9 (*Glomus* sp-3a, *Acaulospora* sp-3a dan *Acaulospora* sp-5a) merupakan isolat paling efektif dibandingkan isolat lainnya.

Semua bibit yang dinokulasi isolat tunggal CMA dan kombinasinya nyata memberikan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan isolat P-gab. (isolat alami) seperti terlihat pada peubah tinggi bibit, luas daun dan bobot kering bibit. Demikian juga jika dibandingkan dengan isolat P-myc., bibit yang diinokulasi isolat CMA lainnya memiliki jumlah daun, luas daun dan bobot kering akar, yang lebih tinggi.

b. Pengujian efektivitas CMA pada bibit kelapa sawit di media tanah PMK bekas kebun karet

Hasil uji kontras ortogonal terhadap pertumbuhan tanaman, kadar P dan serapan P, serta infeksi akar akibat perlakuan pemberian berbagai inokulum CMA di tanah PMK bekas kebun karet disajikan pada Tabel 5 dan 6.

Pada Tabel 5 dan 6 tersebut terlihat bahwa pemberian inokulum CMA secara umum meningkatkan pertumbuhan dan serapan P bibit kelapa sawit di tanah PMK bekas pohon karet dibandingkan tanpa pemberian inokulum CMA, seperti yang ditunjukkan oleh semua peubah yang diamati, kecuali kadar P dan nisbah tajuk akar.

Bibit yang diinokulasi dengan isolat tunggal CMA tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan inokulum campuran isolat tunggal, campuran 2 dan 3 isolat untuk semua peubah yang

diamati, sedangkan jika dibandingkan dengan campuran 4 isolat terlihat bahwa isolat tunggal memberikan pertumbuhan lebih tinggi seperti yang ditunjukkan oleh peubah diameter batang, luas daun, kadar P dan serapan P.

Selanjutnya dapat dilihat bahwa bibit yang diinokulasi inokulum campuran 3 isolat CMA memberikan pertumbuhan dan serapan P yang lebih baik daripada inokulum campuran 2 isolat CMA seperti ditunjukkan oleh peubah tinggi bibit, diameter batang, luas daun dan serapan P. Inokulum campuran 2 isolat CMA jika dibandingkan dengan campuran 4 isolat CMA memiliki diameter batang, kadar P dan serapan P yang lebih tinggi, sedangkan inokulum campuran 4 isolat CMA hanya memiliki infeksi akar yang lebih tinggi dari pada campuran 2 isolat CMA. Pada inokulum campuran 3 isolat CMA yang dibandingkan dengan campuran 4 isolat CMA terlihat bahwa inokulum campuran 3 isolat CMA memiliki diameter batang, luas daun, kadar dan serapan P yang lebih tinggi, sedangkan inokulum campuran 4 isolat CMA hanya menunjukkan infeksi akar yang lebih tinggi daripada inokulum campuran 3 isolat CMA. Oleh karena itu, secara umum dapat dikatakan bahwa inokulum campuran 2 dan 3 isolat CMA lebih baik dibandingkan inokulum campuran 4 isolat CMA, sementara itu inokulum campuran 3 isolat CMA lebih baik dari pada inokulum campuran 2 isolat CMA.

Bibit yang diinokulasi isolat tunggal S-2 (*Glomus* sp-2b) tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan inokulum campuran 2 isolat CMA yang me-

ngandung S-2, sedangkan jika dibandingkan dengan inokulum campuran 3 isolat CMA yang mengandung S-2, ternyata isolat tunggal S-2 memiliki bobot kering akar lebih tinggi. Selanjutnya bibit yang diinokulasi isolat tunggal S-2 memiliki pertumbuhan yang lebih baik jika dibandingkan dengan inokulum campuran 4 isolat CMA seperti yang ditunjukkan dengan diameter batang, luas daun, kadar P dan serapan P. Jadi isolat S-2 merupakan isolat yang lebih efektif dibandingkan inokulum campuran yang mengandung S-2.

Bibit yang diinokulasi isolat tunggal S3 (*Glomus* sp-3b) menunjukkan pertumbuhan dan serapan P yang lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran 2,3 dan 4 isolat yang mengandung S-3 seperti ditunjukkan oleh peubah diameter batang, luas daun, bobot kering tajuk, bobot kering bibit, kadar dan serapan P, serta infeksi akar. Demikian juga dengan bibit yang diinokulasi isolat tunggal S-7 (*Glomus* sp-7b) memiliki pertumbuhan dan serapan P lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran 2, 3, dan 4 isolat yang mengandung S-7 pada peubah diameter batang, luas daun, bobot kering tajuk, bobot kering bibit, dan serapan P. Bibit yang diinokulasi isolat tunggal S-8 (*Acaulospora* sp-1b) dapat meningkatkan lebih tinggi diameter batang, luas daun, bobot kering tajuk, bobot kering bibit, kadar P dan serapan P dibandingkan inokulum campuran 2 isolat yang mengandung S-8, dan hanya meningkatkan lebih tinggi luas daun dibandingkan inokulum campuran 3 isolat yang mengandung S-8. Jika dibandingkan dengan inokulum campuran 4

Tabel 5. Uji kontras ortogonal terhadap peubah tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, luas daun dan bobot kering akar bibit kelapa sawit umur 5 bulan di media tanah PMK bekas kebun karet

Sumber Keragaman	Tinggi bibit (cm)	Diameter (mm)	Jumlah daun	Luas daun (Cm2)	BK Akar (g)
Kontrol vs Isolat lainnya	29.93 vs 35.49 **	11.07 vs 14.33 *	4.33 vs 5.39 *	268.23 vs 418.67 **	0.82 vs 1.51 *
Isolat tunggal vs Campurannya	37.66 vs 34.67 tn	16.89 vs 13.58 tn	5.58 vs 5.42 tn	543.75 vs 385.92 tn	2.01 vs 1.39 tn
Isolat tunggal vs Campuran 2 isolat	37.66 vs 34.32 tn	16.89 vs 13.62 tn	5.58 vs 5.50 tn	543.75 vs 374.83 tn	2.01 vs 1.30 tn
Isolat tunggal vs Campuran 3 isolat	37.66 vs 35.09 tn	16.89 vs 13.80 tn	5.58 vs 5.33 tn	543.75 vs 431.07 tn	2.01 vs 1.42 tn
Isolat tunggal vs Campuran 4 isolat	37.66 vs 35.07 tn	16.89 vs 12.43 **	5.58 vs 5.33 tn	543.75 vs 271.89 *	2.01 vs 1.83 tn
Campuran 2 isolat vs Campuran 3 isolat	34.32 vs 35.09 *	13.62 vs 13.80 *	5.50 vs 5.33 tn	374.83 vs 431.07 *	1.30 vs 1.42 tn
campuran 2 isolat vs campuran 4 isolat	34.32 vs 35.07 tn	13.62 vs 12.43 **	5.50 vs 5.33 tn	374.83 vs 271.89 tn	1.30 vs 1.83 tn
Campuran 3 isolat vs Campuran 4 isolat	35.09 vs 35.07 tn	13.80 vs 12.43 **	5.33 vs 5.33 tn	431.07 vs 271.89 *	1.42 vs 1.83 tn
S2 vs S2,3; S2,7; S2,8	33.73 vs 33.11 tn	13.50 vs 14.09 tn	5.33 vs 5.44 tn	372.16 vs 371.99 tn	1.99 vs 1.07 tn
S2 vs S2,3,7; S2,3,8; S2,7,8	33.73 vs 35.54 tn	13.50 vs 14.01 tn	5.33 vs 5.33 tn	372.16 vs 460.11 tn	1.99 vs 1.65 *
S2 vs S2,3,7,8	33.73 vs 35.07 tn	13.50 vs 12.43 **	5.33 vs 5.33 tn	372.16 vs 271.89 *	1.99 vs 1.83 tn
S3 vs S2,3; S3,7; S3,8	38.03 vs 35.33 tn	21.80 vs 14.73 *	6.00 vs 6.00 tn	664.59 vs 448.40 *	1.94 vs 1.60 tn
S3 vs S2,3,7; S2,3,8; S3,7,8	38.03 vs 34.99 tn	21.80 vs 13.91 **	6.00 vs 5.22 tn	664.59 vs 427.08 **	1.94 vs 1.38 tn
S3 vs S2,3,7,8	38.03 vs 35.07 tn	21.80 vs 12.43 tn	6.00 vs 5.33 tn	664.59 vs 271.89 **	1.94 vs 1.83 tn
S7 vs S2,7; S3,7; S7,8	41.33 vs 33.83 tn	13.47 vs 13.48 tn	5.33 vs 5.33 tn	624.08 vs 334.47 *	2.48 vs 1.44 tn
S7 vs S2,3,7; S2,7,8; S3,7,8	41.33 vs 34.84 tn	13.47 vs 13.37 tn	5.33 vs 5.22 tn	624.08 vs 410.60 *	2.48 vs 1.24 tn
S7 vs S2,3,7,8	41.33 vs 35.07 tn	13.47 vs 12.43 **	5.33 vs 5.33 tn	624.08 vs 271.89 **	2.48 vs 1.83 tn
S8 vs S2,8; S3,8; S7,8	37.53 vs 34.99 tn	18.80 vs 12.17 **	5.67 vs 5.22 tn	514.16 vs 344.47 **	1.64 vs 1.09 tn
S8 vs S2,3,8; S2,7,8; S3,7,8	37.53 vs 34.99 tn	18.80 vs 13.91 tn	5.67 vs 5.56 tn	514.16 vs 426.49 **	1.64 vs 1.39 tn
S8 vs S2,3,7,8	37.53 vs 35.07 tn	18.80 vs 12.43 **	5.67 vs 5.33 tn	514.16 vs 271.89 **	1.64 vs 1.83 tn
S3 vs S2	38.03 vs 33.73 tn	21.80 vs 13.50 *	6.00 vs 5.33 tn	664.59 vs 372.16 *	1.94 vs 2.00 tn
S3 vs S7	38.03 vs 41.33 tn	21.80 vs 13.47 *	6.00 vs 5.33 *	664.59 vs 624.08 tn	1.94 vs 2.48 tn
S3 vs S8	38.03 vs 37.53 tn	21.80 vs 18.80 **	6.00 vs 5.67 tn	664.59 vs 514.16 **	1.94 vs 1.64 tn
Sgab. vs Isolat lainnya (tanpa Smyc.)	36.43 vs 33.13 tn	15.13 vs 18.54 *	5.00 vs 5.12 tn	393.98 vs 410.10 *	1.38 vs 1.74 tn
Smyc. vs Isolat lainnya	34.87 vs 35.53 tn	11.50 vs 14.50 *	4.67 vs 5.44 tn	303.20 vs 425.88 *	0.96 vs 1.54 tn

Pengujian Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskular Terhadap Bibit Kelapa Sawit Pada
Media Tanah PMK Bekas Hutan dan Bekas Kebun Karet

Tabel 6. Uji kontras ortogonal terhadap bobot kering tajuk, bobot kering bibit, nisbah tajuk akar, kadar P, serapan P dan infeksi akar bibit kelapa sawit umur 5 bulan di media tanah PMK bekas kebun karet

Sumber Keragaman	BK Tajuk (g)	BK bibit (g)	Nisbah tajuk akar	Kadar P (%)	Serapan P (g/tan.)	Infeksi akar (%)
Kontrol vs Isolat lainnya	1.75 vs 4.47 **	2.57 vs 5.98 **	2.32 vs 3.15 tn	0.17 vs 0.21 tn	0.29 vs 1.01 **	0.00 vs 69.94 **
Isolat tunggal vs Campurannya	6.14 vs 4.06 tn	8.16 vs 5.45 tn	3.10 vs 3.23 tn	0.34 vs 0.17 tn	1.97 vs 0.73 tn	82.67 vs 66.97 tn
Isolat tunggal vs Campuran 2 isolat	6.14 vs 4.07 tn	8.16 vs 5.37 tn	3.10 vs 3.37 tn	0.34 vs 0.16 tn	1.97 vs 0.72 tn	82.67 vs 69.06 tn
Isolat tunggal vs Campuran 3 isolat	6.14 vs 3.93 tn	8.16 vs 5.34 tn	3.10 vs 3.01 tn	0.34 vs 0.20 tn	1.97 vs 0.76 tn	82.67 vs 62.17 tn
Isolat tunggal vs Campuran 4 isolat	6.14 vs 4.56 tn	8.16 vs 6.38 tn	3.10 vs 3.20 tn	0.34 vs 0.14 **	1.97 vs 0.64 **	82.67 vs 73.67 tn
Campuran 2 isolat vs Campuran 3 isolat	4.07 vs 3.93 tn	5.37 vs 5.34 tn	3.37 vs 3.20 tn	0.16 vs 0.20 tn	0.72 vs 3.01 **	69.06 vs 62.17 tn
Campuran 2 isolat vs campuran 4 isolat	4.07 vs 4.56 tn	5.37 vs 6.38 tn	3.37 vs 3.20 tn	0.16 vs 0.14 **	0.72 vs 0.64 **	69.06 vs 73.67 *
Campuran 3 isolat vs Campuran 4 isolat	3.93 vs 4.56 tn	5.34 vs 6.38 tn	3.01 vs 3.20 tn	0.20 vs 0.14 **	0.76 vs 0.64 **	62.17 vs 73.67 *
S2 vs S2,3; S2,7; S2,8	4.13 vs 3.76 tn	6.12 vs 4.83 tn	2.17 vs 3.82 tn	0.22 vs 0.13 tn	0.92 vs 0.59 tn	61.67 vs 71.44 tn
S2 vs S2,3,7; S2,3,8; S2,7,8	4.13 vs 4.50 tn	6.12 vs 6.15 tn	2.17 vs 2.87 tn	0.22 vs 0.19 tn	0.92 vs 0.86 tn	61.67 vs 66.67 tn
S2 vs S2,3,7,8	4.13 vs 4.56 tn	6.12 vs 6.38 tn	2.17 vs 3.20 tn	0.22 vs 0.14 **	0.92 vs 0.64 **	61.67 vs 73.67 *
S3 vs S2,3; S3,7; S3,8	8.20 vs 5.19 *	10.13 vs 6.79 *	4.28 vs 3.45 tn	0.25 vs 0.19 tn	2.02 vs 1.03 tn	94.33 vs 66.67 **
S3 vs S2,3,7; S2,3,8; S3,7,8	8.20 vs 3.89 **	10.13 vs 5.27 **	4.28 vs 3.07 tn	0.25 vs 0.19 tn	2.02 vs 0.72 **	94.33 vs 56.22 **
S3 vs S2,3,7,8	8.20 vs 4.56 *	10.13 vs 6.38 *	4.28 vs 3.20 tn	0.25 vs 0.14 **	2.02 vs 0.64 **	94.33 vs 73.67 **
S7 vs S2,7; S3,7; S7,8	7.58 vs 4.23 tn	10.07 vs 5.67 tn	3.07 vs 3.11 tn	0.26 vs 0.18 tn	1.95 vs 0.82 tn	86.33 vs 72.11 tn
S7 vs S2,3,7; S2,7,8; S3,7,8	7.58 vs 3.52 tn	10.07 vs 4.76 tn	3.07 vs 3.11 tn	0.26 vs 0.20 tn	1.95 vs 0.68 tn	86.33 vs 68.44 tn
S7 vs S2,3,7,8	7.58 vs 4.56 *	10.07 vs 6.38 tn	3.07 vs 3.20 tn	0.26 vs 0.14 **	1.95 vs 0.64 **	86.33 vs 73.67 tn
S8 vs S2,8; S3,8; S7,8	4.67 vs 3.09 **	6.30 vs 4.18 *	2.88 vs 3.12 tn	0.62 vs 0.14 *	2.98 vs 0.43 **	88.33 vs 66.00 tn
S8 vs S2,3,8; S2,7,8; S3,7,8	4.67 vs 3.81 tn	6.30 vs 5.19 tn	2.88 vs 3.00 tn	0.62 vs 0.21 tn	2.98 vs 0.78 tn	88.33 vs 57.33 tn
S8 vs S2,3,7,8	4.67 vs 4.56 tn	6.30 vs 6.38 tn	2.88 vs 3.20 tn	0.62 vs 0.14 **	2.98 vs 0.64 **	88.33 vs 73.67 tn
S3 vs S2	8.20 vs 4.13 *	10.13 vs 6.12 tn	4.28 vs 2.17 *	0.25 vs 0.22 **	2.02 vs 0.92 tn	94.33 vs 61.67 tn
S3 vs S7	8.20 vs 7.58 tn	10.13 vs 10.07 tn	4.28 vs 3.07 tn	0.25 vs 0.26 tn	2.02 vs 1.95 *	94.33 vs 86.33 tn
S3 vs S8	8.20 vs 4.67 tn	10.13 vs 6.30 tn	4.28 vs 2.88 tn	0.25 vs 0.62 tn	2.02 vs 2.98 tn	94.33 vs 88.33 tn
Sga.b vs Isolat lainnya (tanpa Smyc.)	4.05 vs 4.74 tn	5.43 vs 6.58 *	2.98 vs 3.02 tn	0.22 vs 0.22 tn	0.90 vs 3.35 **	63.33 vs 66.60 tn
Smyc. vs Isolat lainnya	2.63 vs 4.58 **	3.59 vs 6.13 **	2.72 vs 3.18 tn	0.14 vs 0.22 tn	0.36 vs 1.05 **	58.33 vs 70.67 tn

isolat yang mengandung S-8, isolat tunggal S-8 memberikan diameter batang, luas daun, kadar P dan serapan P yang lebih tinggi.

Berdasarkan penjelasan di atas ternyata bibit yang diinokulasi isolat tunggal S-2 (*Glomus* sp-2b), S-3 (*Glomus* sp-3b), S-7 (*Glomus* sp-7b) dan S-8 (*Acaulospora* sp-1b) memberikan pertumbuhan dan serapan P yang lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran dari masing-masing isolat tunggal tersebut. Sehubungan dengan hal itu, untuk melihat lebih jauh efektivitas dari masing-masing isolat tunggal CMA maka dilakukan pengujian di antara isolat tunggal tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bibit yang diinokulasi isolat tunggal S-3 (*Glomus* sp-3b) memberikan pertumbuhan dan serapan P yang lebih tinggi dibandingkan isolat tunggal S-2 (*Glomus* sp-2b) seperti ditunjukkan peubah diameter batang, jumlah daun, bobot kering tajuk, nisbah tajuk akar dan kadar P, S-7 (*Glomus* sp-7b) pada peubah diameter batang, jumlah daun dan serapan P, serta S-8 (*Acaulospora* sp-1b) pada peubah diameter batang dan luas daun.

Bibit yang diinokulasi isolat alami (Sgab.) ternyata memberikan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan isolat lainnya yang ditunjukkan oleh peubah diameter batang, luas daun, bobot kering bibit, dan serapan P. Demikian juga Smyc., memberikan pertumbuhan yang lebih rendah daripada isolat lainnya seperti ditunjukkan oleh peubah diameter batang, luas daun, bobot kering tajuk, bobot kering bibit dan serapan P.

Berdasarkan hasil analisis di atas, didapatkan isolat CMA yang paling efektif pada bibit kelapa sawit yaitu di tanah PMK bekas hutan adalah inokulum campuran 3 isolat CMA *Glomus* sp-3a, *Acaulospora* sp-3a dan *Acaulospora* sp-5a (P-3,7,9) dan di tanah PMK bekas kebun karet adalah inokulum CMA *Glomus* sp-3b (S-3), seperti ditunjukkan oleh pertumbuhan (bobot kering bibit) dan serapan P bibit tersebut (Tabel 7).

PEMBAHASAN

Tanggap pertumbuhan bibit kelapa sawit yang diinokulasi inokulum CMA lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa CMA baik di tanah PMK bekas hutan maupun PMK bekas kebun karet.

Tabel 7. Pertumbuhan (bobot kering bibit) dan serapan P bibit kelapa sawit yang diinokulasi CMA paling efektif di media tanah PMK bekas hutan dan PMK bekas kebun karet

Ekosistem (Isolat)	Bobot kering bibit (g)	Serapan P (g/tan.)
PMK bekas hutan		
- CMA (P-3,7,9)	14.29	4.02
- Kontrol (tanpa CMA)	2.13	0.26
PMK bekas kebun karet		
- CMA (S-3)	10.13	2.02
- Kontrol (tanpa CMA)	2.57	0.29

Di tanah PMK bekas hutan, bibit yang diinokulasi isolat CMA tunggal memperlihatkan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran isolat tunggal, inokulum campuran 2 dan 4 isolat CMA serta tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan inokulum campuran 3 isolat CMA. Sementara itu, di tanah PMK bekas kebun karet, bibit yang diinokulasi isolat CMA tunggal hanya memberikan pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan dengan inokulum campuran 4 isolat CMA, tetapi dengan campuran isolat tunggal, inokulum campuran 2 dan 3 isolat CMA tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Perbedaan efektivitas yang terjadi dari masing-masing jenis isolat tersebut disebabkan adanya perbedaan kemampuan dari masing-masing isolat dalam bersimbiosis dengan bibit kelapa sawit tersebut. Kemungkinan setiap isolat juga memiliki preferensi yang berbeda terhadap eksudat yang dikeluarkan bibit tersebut. Di tanah PMK bekas kebun karet, kelompok isolat tunggal pengaruhnya lebih baik jika bekerja sendiri-sendiri dan jika bersama-sama malahan saling antagonis dan saling bersaing. Sebaliknya di tanah PMK bekas hutan, justru inokulum campuran 3 isolat yang lebih baik dibandingkan kelompok isolat tunggal maupun campuran 2 isolat. Dalam hal ini berarti inokulum campuran 3 isolat lebih mampu meningkatkan pertumbuhan bibit yang menunjukkan bahwa masing-masing isolat bekerja sama secara sinergis dalam membantu pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Hanapih (14) menunjukkan bahwa peningkatan tinggi tanaman kopi arabika cenderung lebih tinggi bila diinokulasi

dengan *Gigaspora margarita* dibandingkan *Glomus manihotis*, tetapi kombinasi keduanya saling kuat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi arabika. Selanjutnya hasil penelitian Delvian (6) menunjukkan bahwa inokulum campuran 2 isolat (*Glomus* sp-2 dan *Acaulospora* sp-1; *Glomus* sp-2 dan *Gigaspora* sp.; *Acaulospora* sp-1 dan *Gigaspora* sp.) dan inokulum campuran 3 isolat (*Glomus* sp-2, *Acaulospora* sp-1 dan *Gigaspora* sp.) cenderung lebih efektif dibandingkan isolat tunggal dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman lamtorogung (*Leucaena leucocephala*).

Perbedaan efektivitas dari setiap isolat CMA juga kemungkinan diduga karena adanya peran dari mikroorganisme lain selain CMA, misalnya adanya bakteri yang berinteraksi dengan CMA tersebut. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bakteri dapat membantu mikoriza dalam meningkatkan kolonisasi terhadap tanaman *Pinus radiata* di pembibitan (9), *Pseudotsuga menziesii* (10), *Pinus strobus* L. (21) dan wortel (4). Kemudian Garbaye (8) dan Smith & Read (23) mengemukakan bahwa simbiosis antara mikoriza dengan tanaman juga dipengaruhi oleh adanya mikroorganisme lain yang ada di rizosfir terutama bakteri. Selanjutnya Minerdi *et al.* (18) menyimpulkan bahwa kolonisasi sel, fiksasi nitrogen dan kemampuan menyerap unsur hara oleh CMA dan tanaman dipengaruhi oleh adanya bakteri yang ada di rizosfir tanaman tersebut.

Bibit yang diinokulasi inokulum campuran 2 dan 3 isolat memberikan pertumbuhan lebih tinggi daripada inokulum campuran 4 isolat baik pada tanah PMK bekas hutan maupun PMK

bekas kebun karet. Hal ini menunjukkan bahwa pada kedua jenis tanah tersebut, dalam inokulum campuran 2 dan 3 isolat masing-masing isolat dapat bekerja sama, tetapi ketika dicampur menjadi campuran 4 isolat masing-masing tidak mampu lagi memberikan peran yang lebih baik, disebabkan kemungkinan adanya sifat keefektivan yang berbeda dari masing-masing CMA tersebut sehingga kerja keempat isolat tersebut saling antagonis.

Selanjutnya bibit yang diinokulasi inokulum campuran 3 isolat CMA menunjukkan pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan inokulum campuran 2 atau 4 isolat baik pada tanah PMK bekas hutan maupun PMK bekas kebun karet. Berarti inokulum campuran 3 isolat tersebut paling efektif dalam memberikan perannya terhadap bibit kelapa sawit.

Pada tanah PMK bekas hutan, inokulum campuran 3 isolat dari setiap isolat tunggal lebih baik dibandingkan masing-masing isolat tunggal. Oleh karena itu setelah dilakukan pengujian antara campuran 3 isolat didapatkan bahwa inokulum campuran 3 isolat (P3,7,9) merupakan inokulum terbaik, yang artinya isolat tunggal P-3, P-7 dan P-9 jika dicampur masing-masing memberikan peran yang lebih tinggi dibandingkan kombinasi lainnya.

Sebaliknya di tanah PMK bekas kebun karet, masing-masing isolat tunggal (S-2, S-3, S-7 dan S-8) memiliki pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan campurannya atau kombinasinya. Dan di antara keempat isolat tunggal tersebut ternyata S-3 merupakan isolat paling efektif dalam meningkatkan pertum-

buhan dan serapan P bibit kelapa sawit di tanah PMK bekas kebun karet.

Inokulum campuran CMA alami (P-gab. dan S-gab.) serta inokulum mycofer memiliki efektivitas yang lebih rendah dibandingkan isolat hasil isolasi dan kombinasinya. Hal tersebut kemungkinan peran dari isolat-isolat itu tidak sinergis tetapi malahan saling bersaing dalam mempengaruhi pertumbuhan bibit kelapa sawit.

Pada tanah PMK bekas kebun karet, inokulum CMA tunggal lebih baik meningkatkan pertumbuhan dan serapan P bibit kelapa sawit daripada yang campuran. Hal ini menunjukkan bahwa kerja CMA tersebut lebih baik kerjanya ketika sendiri dan menurun ketika kerja bersama-sama dengan CMA lainnya, akibat kerjanya yang saling bersaing.

Kemampuan CMA memperbaiki dan meningkatkan pertumbuhan tanaman berkaitan dengan peranannya dalam penyerapan fosfor (2, 3), seperti hasil penelitian ini CMA mampu meningkatkan serapan P sehingga pertumbuhan bibit kelapa sawit dapat meningkat dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian CMA. Pada tanah PMK, P tersedia yang dapat diserap tanaman sangat rendah, tetapi dengan adanya CMA, P yang dapat diserap tanaman menjadi lebih tinggi. Adanya peningkatan serapan P ternyata diakibatkan meningkatnya kadar P dan juga ditunjang dengan meningkatnya pertumbuhan bibit baik di tanah PMK bekas hutan maupun bekas kebun karet (Tabel 3, 4, 5, dan 6). Jadi dengan semakin meningkatnya kadar P tajuk dan bobot kering tajuk, maka serapan P bibit tersebut semakin meningkat. Peningkatan serapan P oleh

tanaman ber-CMA sebagian besar karena hifa eksternal dari CMA yang berperan sebagai sistem perakaran di mana hifa eksternalnya menyediakan permukaan yang lebih efektif dalam menyerap unsur hara dari tanah yang kemudian dipindahkan ke akar inang.

CMA juga dapat menyerap fosfat organik dan mengubahnya menjadi P anorganik yang dapat diserap tanaman dengan adanya bantuan enzim fosfatase asam yang juga dihasilkan oleh CMA dan juga sel-sel tanaman tersebut. Gunawan (13) menjelaskan bahwa enzim fosfatase asam yang dihasilkan oleh hifa CMA yang sedang aktif tumbuh dan peningkatan aktivitas fosfatase pada permukaan akar sebagai hasil infeksi CMA menyebabkan P_i dibebaskan dari fosfat organik pada daerah dekat permukaan sel sehingga dapat diserap melalui mekanisme serapan hara.

Fosfor merupakan salah satu unsur hara makro yang penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Unsur tersebut berfungsi sebagai penyusun metabolit dalam senyawa kompleks, sebagai aktivator, kofaktor atau penyatu enzim serat dan berperan dalam proses fisiologi dan juga merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa penting, molekul pentransfer energi ADP dan ATP (17). Menurut Prawiranata *et al.* (20), ATP merupakan senyawa penting bagi reaksi metabolit yaitu reaksi biosintetik pembentukan senyawa penting bagi pemeliharaan sel dan pertumbuhan termasuk protein dan asam nukleat. Selain itu ATP diperlukan untuk sintesis cadangan makanan seperti lemak dan polisakarida serta diperlukan

dalam proses transpor aktif dan aliran protoplasma. Sebagai unsur yang penting dalam pembentukan energi bagi pertumbuhan tanaman maka ketersediaan P yang cukup akan memperbaiki pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

1. Bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan CMA menunjukkan tanggap pertumbuhan dan serapan P lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa inokulasi CMA baik yang ditanam pada media tanah PMK bekas hutan maupun PMK bekas kebun karet.
2. Setiap jenis CMA memiliki efektivitas yang berbeda dengan kelapa sawit. CMA yang memiliki efektivitas tertinggi di media tanah PMK bekas hutan adalah inokulum campuran 3 isolat CMA *Glomus* sp-3a, *Acaulospora* sp-3a dan *Acaulospora* sp-5a, sedangkan di media tanah PMK bekas kebun karet adalah inokulum tunggal CMA *Glomus* sp-3b.
3. Ekosistem tanah PMK bekas hutan memiliki keanekaragaman jenis CMA yang efektif dengan bibit kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan tanah PMK bekas kebun karet.

DAFTAR PUSTAKA

1. ABBOTT, L. K. and A. D. ROBSON. 1982. The role of VA mycorrhizae fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. Aust. J. Agric. Res. 33 : 389-395.

2. AL-KARAKI, G. N. and A. AL RADDAD. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza* 7 : 83-88.
3. AL-KARAKI, G. N. and R. B. CLARK. 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *J. Plant Nutr.* 21 : 263-276.
4. BIANCIOTTO, V., S. ANDREOTTI, R. BALESTRINI, P. BONFANTE, and S. PEROTTO. 2001. Mucoid mutants of the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* CHAO show increased ability in biofilm formation on mycorrhizal and nonmycorrhizal carrot roots. *Mol. Plant Microbe Interact.* 14 : 255-260.
5. CLARK, R. B. 1997. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant and Soil* 192 : 15-22.
6. DELVIAN. 2003. Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di hutan pantai dan potensi pemanfaatannya. Studi kasus di hutan cagar alam Leuweung Sancang Kabupaten Garut, Jawa Barat. Disertasi. IPB. 159 hal.
7. FIDELIBUS, M. W., C. A. MARTIN, G. C. WRIGHT, and J. C. STUTZ. 2000. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal communities on growth of Volkamer lemon in continually moist or periodically dry soil. *Scientia Horticulturae* 84 : 127-140.
8. GARBAYE, J. 1994. Helper bacteria : a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. *New Phytol.* 128 : 197-210.
9. GARBAYE, J. and G. D. BOWEN. 1989. Stimulation of ectomycorrhizal infection of *Pinus radiata* by some microorganisms associated with the mantle of ectomycorrhizas. *New Phytol.* 112 : 383-388.
10. GARBAYE, J. and R. DUPONNOIS. 1992. Specificity and function of Mycorrhizal Helper Bacteria (MHB) associated with the *Pseudotsuga menziesii*-*Laccaria laccata* symbiosis. *Symbiosis* 14 : 335-344.
11. GIANINAZII-PEARSON, V. and S. GIANINAZII. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil* 71 : 197-209.
12. GRAHAM, J.H. and D.M. EISSENTAT. 1998. Field evidence for the carbon cost of citrus mycorrhizas. *New Phytol.* 140 : 103-110.
13. GUNAWAN, A.W. 1993. Mikoriza arbuskula. PAU Ilmu Hayat. IPB. Bogor.
14. HANAPIAH, T. 1997. Pengaruh inokulasi mikoriza arbuskula dan pemupukan fosfor terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika (*Coffea arabica* L.). Skripsi Faperta IPB Bogor.

Pengujian Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskular Terhadap Bibit Kelapa Sawit Pada Media Tanah PMK Bekas Hutan dan Bekas Kebun Karet

15. HEIJNE, B., D. VAN DAMM, G. W. HEIL, and R. BOBBINK. 1996. Acidification effects on vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) infection, growth and nutrient uptake of established heathland herb species. *Plant and Soil* 179 : 197-206.
16. KARTIKA, E., S. YAHYA, dan S. WILARSO. 2006. Isolasi, karakterisasi dan pemurnian cendawan mikoriza arbuskular dari dua lokasi perkebunan kelapa sawit (bekas hutan dan bekas kebun karet). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 14 (3) : 145-155.
17. MARSCHNER, H. 1997. Mineral nutrition of higher plant. Univ. Academic Press. Inc. San Diego. 889p.
18. MINERDI, D., V. BIANCIOTTO, and P. BONFANTE. 2002. Endosymbiotic bacteria in mycorrhizal fungi : from their morphology to genomic sequences. *Plant and soil* 244 : 211-219.
19. NELSON, C. E. and G. R. SAFIR. 1982. Increased drought tolerance of mycorrhizal onion plants caused by improved phosphorus nutrition. *Planta* 154 : 407-413.
20. PRAWIRANATA, W. S., S. HARRAN, and P. TJONDRONEGORO. 1992. Dasar-dasar fisiologi tumbuhan. Jilid I. Jur. Biologi. Fak. Matematika dan IPA. IPB.
21. SCHELKLE, M. and R. L. PETERSON. 1996. Suppression of common root pathogens by helper bacteria and ectomycorrhizal fungi in vitro. *Mycorrhiza* 6 : 481-485.
22. SCHREINER, R. P., K. L. MIHARA, H. MCDANIEL, and G. J. BETHLENFALVAY. 1997. Mycorrhizal fungi influence plant and soil functions and interactions. *Plant and Soil* 188 : 199-209.
23. SMITH, S.E. and D.J. READ. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Second Edition. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London.
24. SUTANTO, A., AKIYAT, A. KOEDADIRI, B. H. SITANGGANG, E.S. SUDARTA, E. SYAMSUDIN, J. BRAHMANA, K. MARTOYO, MASKUDDIN, M. L. FADLI, P. PURBA, R. Y. PURBA, SOEGIYONO, S. PRAWIROSUKARTO, WINARNA, dan W. DARMOSARKORO. 2002. Budidaya Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
25. TISDALL, J. M. 1991. Fungal hypha and structural stability of soil. *Aust. J. Soil Res.* 29 : 729-743.

Lampiran 1. Rekomendasi pemupukan bibit kelapa sawit di tanah PMK yang dilaksanakan oleh PPKS Medan

Umur (minggu)	Jenis dan dosis pupuk			
	Urea (45% N) (g/bibit)	Rock Phosphate Christmas (28,39% P ₂ O ₅) (g/bibit)	KCl (50% K ₂ O) (g/bibit)	Kisserite (27% MgO) (g/bibit)
4-12	0,833	1,321	0,300	0,370
14 dan 15	0,833	1,321	0,300	0,370
16 dan 17	1,667	2,642	0,600	0,740
18 dan 20	2,500	3,963	0,900	1,110
22 dan 24	3,333	5,284	1,200	1,480
26, 28, 30, dan 32	2,667	4,227	3,400	0,740

Keterangan : - Dosis pupuk diperoleh dari konversi dosis pupuk majemuk menurut Sutanto, *et al.* (2000).

- Untuk bibit umur 4-12 bulan urea ditambah 2 g/liter air/100 bibit