

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

**EFEKTIVITAS APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN ARANG HAYATI
TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH KAKAO**

***THE EFFECTIVENESS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAE FUNGI AND BIOCHAR APPLICATIONS
ON THE GROWTH OF CACAO SEEDLINGS***

* Dewi Nur Rokhmah, Iing Sobari, Kurnia Dewi Sasmita

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* dewi.nur.rokhmah@gmail.com

(Tanggal diterima: 20 Agustus 2019, direvisi: 27 Januari 2020, disetujui terbit: 27 Februari 2020)

ABSTRAK

Pembenihan merupakan proses penting dalam penyiapan bahan tanaman kakao. Media pembenihan yang baik harus memiliki nutrisi dan sifat fisik yang baik untuk mendukung pertumbuhan benih. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati dapat menjadi input tambahan dalam media pembenihan kakao yang diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan benih. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh pemberian FMA dan arang hayati terhadap pertumbuhan benih kakao. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dalam susunan perlakuan faktorial yang terdiri atas 2 faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi FMA terdiri dari 2 taraf, yaitu: M0 = tanpa FMA dan M1 = dengan aplikasi FMA 10 g/benih (100 spora/benih). Faktor kedua adalah aplikasi arang hayati terdiri dari 5 taraf, yaitu: B0 = tanpa aplikasi arang hayati, B1 = arang sekam padi 2%, B2 = arang sekam padi 4%, B3 = arang kayu sengon 2%, dan B4 = arang kayu sengon 4%. Peubah yang diamati adalah tinggi benih, jumlah daun, dan diameter batang pada 2, 3, 4, 5 and 6 bulan setelah tanam (BST), kandungan klorofil daun, bobot kering benih, dan kadar hara pada media pembenihan. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi FMA berpengaruh nyata terhadap tinggi benih pada 3, 4, 5 dan 6 BST. Sedangkan aplikasi arang hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi benih dan jumlah daun benih kakao pada 5 dan 6 BST.

Kata kunci: Arang sekam padi, arang kayu sengon, jumlah daun, media pembenihan, tinggi benih

ABSTRACT

Seedling is an important process in preparing cocoa plant material. The growing medium must have sufficient nutrition and physical properties to enable cocoa seeds to grow well. Arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biological charcoal (biochar) added into growing media were expected to increase the growth of cocoa seeds. The study aimed to determine the effect of AMF and biological charcoal on the growth of cocoa seeds. The randomized complete block design (RBD) in factorial 2 factors with three replications was used in this study. The first factor was AMF application consisted of two levels, namely: M0 = without AMF and M1 = application of 10 g/seedling AMF (100 spores/seedling). The second factor was the biochar application consisted of 5 factors namely: B0 = no biochar, B1 = 2% rice husk biochar, B2 = 4% rice husk biochar, B3 = 2% albizia wood biochar, and B4 = 4% albizia wood biochar. The variables observed were the height of seedling, number of leaves and stem diameter at 3, 4, 5 and 6 month after planting (MAP), leaf chlorophyll content, weight of dry cocoa seedling, and nutrient content in seedling media. The result showed that the application of AMF significantly affected the height of seedling at 3, 4, 5 and 6 MAP. While the application of biochar significantly affected the height and number of leaves of cacao seedlings.

Keywords: Albizia wood biochar, height of seedling, number of leaves, rice husk biochar, seedling media

PENDAHULUAN

Salah satu faktor kunci keberhasilan pengusahaan tanaman kakao adalah penggunaan bahan tanam yang berkualitas unggul, baik jenis klon maupun vigoritasnya. Vigoritas tanaman kakao dewasa di tingkat lapangan sangat tergantung pada vigoritas saat di persemaian dan atau pembenihan. Di tingkat pembenihan, jenis dan komposisi media pembenihan merupakan faktor penting yang menentukan kualitas vigor benih. Media pembenihan harus memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang sesuai dengan kebutuhan bagi pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman maupun tajuk tanaman.

Salah satu bahan alternatif untuk perbaikan media pembenihan bagi pertumbuhan benih kakao adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA bersimbiosis mutualisme dengan 80%–90% dari seluruh jenis tanaman, termasuk kakao (Smith & Read, 2008). Inokulasi FMA berpengaruh baik terhadap pertumbuhan benih kakao (Nasaruddin, 2012), serta dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, kemampuan tanaman dalam menyerap air dan hara, efisiensi penggunaan air, dan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Muzakkir, 2012).

Akar benih tanaman yang diinfeksi oleh FMA mampu beradaptasi dengan lingkungan pertanian yang ekstrim (Wu, Srivastava, Zou, & Malhotra, 2017). FMA dapat bersimbiosis dengan bakteri tanah dan secara signifikan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman inang (Bonfante, 2003; Miransari, 2010). FMA yang berasosiasi dengan akar tanaman mampu meningkatkan serapan hara N, P, K, dan nilai tegangan osmotik sel-sel tanaman pada tanah yang kadar airnya cukup rendah. Melalui proses-proses tersebut, maka tanaman dapat melangsungkan kehidupannya secara baik dan mampu meningkatkan laju pertumbuhan vegetatifnya, sehingga produktivitas tanaman meningkat (Scheublin, Ridgway, Young, & van der Heijden, 2004).

FMA dalam menjalankan aktivitas biologisnya di rizosfer sangat membutuhkan lingkungan yang optimal dan nutrisi yang cukup. Kebutuhan tersebut salah satunya disediakan oleh adanya bahan organik. Arang merupakan substansi hitam berpori dengan kandungan karbon tinggi, dibuat dari kayu atau bahan organik lainnya yang dibakar secara tidak sempurna (kondisi kurang oksigen). Arang ini berwarna hitam, ringan, dan mudah hancur. Arang hayati mampu menambah suplai bahan organik yang diperlukan FMA dalam pertumbuhannya (Nurbaity, Setiawan, & Mulyani, 2011). Arang hayati sebesar 3,73% optimal untuk meningkatkan populasi mikrob pada media pembenihan kakao. Arang hayati dapat membantu

menyediakan substrat bagi aktivitas mikrob karena mengandung fraksi C labil yang dapat termineralisasi oleh mikrob (Sasmita, Anwar, Yahya, & Djajakirana, 2017a). Mikrob dapat menggunakan fraksi C labil tersebut sebagai sumber energi (Ameelot, 2014).

Arang juga dapat membantu menyediakan lingkungan fisik tanah yang sesuai untuk FMA (Elmer, 2011). Arang memiliki pori yang dapat meningkatkan sirkulasi air dan udara dalam tanah, sehingga dapat memperluas sistem perakaran tanaman. Pori arang dapat menjadi habitat bagi mikroorganisme seperti FMA (Warnock, Lehman, Kuyper, & Riligi, 2007; Lehmann *et al.*, 2011). Pori arang juga dapat berfungsi untuk mengikat dan menyimpan unsur hara, melepaskan hara secara perlahan sehingga tidak mudah terlindi. Arang juga berfungsi untuk menggemburkan tanah sehingga mempermudah akar tanaman menyerap unsur hara (Ennis, Evans, Islam, Ralebitso-Senior, & Senior, 2012). Beberapa literatur telah mengkaji aplikasi FMA dengan pemberian arang pada beberapa tanaman, seperti gandum (Solaiman, Blackwell, Abbott, & Storer, 2010), asparagus (Elmer, 2011), sorgum (Nurbaity *et al.*, 2011), dan wortel (Hammer *et al.*, 2014). Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian FMA dan arang hayati terhadap pertumbuhan benih kakao.

BAHAN DAN METODE

Waktu, Lokasi, dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Oktober 2016 sampai Maret 2017 di rumah kaca Kebun Percobaan (KP) Pakuwon dan Laboratorium Terpadu Balittri. Bahan tanaman yang digunakan adalah benih kakao lindak umur 2 minggu setelah semai. Bahan untuk media pembenihan adalah tanah yang berasal dari Pakuwon, dengan karakteristik seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Arang hayati berasal dari arang sekam padi dan kayu sengon sesuai perlakuan. Karakteristik kimia arang sekam padi dan kayu sengon disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kadar hara tanah media pembenihan kakao sebelum perlakuan

Table 1. Initial soil nutrient content of cocoa seedling media

Parameter	Nilai
pH H ₂ O (1:5)	5,40
N total (%)	0,18
C-organik (%)	2,12
P tersedia (ppm)	3,09
K-dd (me/100 g)	0,11
Ca-dd (me/100 g)	0,11
Na-dd (me/100 g)	0,82
Mg-dd (me/100 g)	0,28

Tabel 2. Sifat kimia arang sekam padi dan kayu sengon
Table 2. Chemical properties of rice husk and albizia wood biochar

Parameter	Arang sekam padi	Arang kayu sengon
Kadar air (%)	7,53	13,93
pH H ₂ O (1:5)	7,00	7,90
N total (%)	0,83	0,73
C total (%)	40,24	92,34
Nisbah C/N	48,5	126,5
P total (%)	0,15	0,10
K total (%)	0,48	0,77
Ca total (%)	0,17	0,60
Mg total (%)	0,13	0,16
Na total (%)	0,14	0,25
Fe total (%)	0,44	0,51
Cu total (ppm)	14,35	9,15
Zn total (ppm)	243,71	297,99
Mn total (ppm)	377,70	121,19
Bahan volatil (%)	31,00	71,81

Sumber: Sasmita, Anas, Anwar, Yahya, & Djajakirana (2017b)

Penyiapan Media Pembenihan dan Pemeliharaan Benih

Tanah terlebih dahulu dibersihkan, dikeringanginkan, kemudian diayak menggunakan ayakan lolos 2 mm. Selanjutnya dilakukan penetapan kadar air tanah dan arang hayati untuk mengetahui bobot kering mutlak (BKM) masing-masing bahan sesuai dosis perlakuan dengan bobot total media 2.200 g BKM. Tanah dan arang hayati kemudian dicampur merata dan dimasukkan ke dalam polybag berukuran 20 cm x 30 cm. Media tersebut diinkubasi selama 15 hari sebelum digunakan untuk pengujian pertumbuhan benih kakao. Kondisi air dalam media pembenihan selama inkubasi dijaga pada kapasitas lapang dengan cara melakukan penyiraman air setiap dua hari sekali sampai air mengalir dari lubang polybag.

Setelah selesai diinkubasi media pembenihan diberikan pupuk dasar sebanyak 1 g urea per polybag. Selanjutnya kecambah kakao hasil persemaian berumur 2 minggu ditanam ke dalam polybag. Inokulasi FMA sebanyak 10 g di sekitar perakaran dilakukan pada saat penanaman benih semai ke polybag. FMA yang digunakan merupakan konsorsium beberapa spesies, yaitu *Gigaspora margarita*, *Glomus manihotis*, dan *Acaulospora* sp. dengan media pembawa zeolit yang diproduksi oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Pemeliharaan benih meliputi penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama. Penyiraman dilakukan sekali dua hari sampai kapasitas lapang. Penyiangan dilakukan secara manual dengan mencabut rumput yang tumbuh dalam polybag. Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan mengambil dan membuang hama yang terdapat di areal penelitian.

Rancangan Penelitian

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dalam susunan perlakuan faktorial yang terdiri atas dua faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah perlakuan FMA yang terdiri dari 2 taraf: (M0) tanpa aplikasi FMA dan (M1) dengan aplikasi FMA 10 g/benih (100 spora/benih). Faktor kedua adalah aplikasi arang hayati pada media pembenihan yang terdiri dari 5 taraf: (B0) tanpa arang hayati, (B1) arang sekam padi 2%, (B2) arang sekam padi 4%, (B3) arang kayu sengon 2%, dan (B4) arang kayu sengon 4%.

Peubah yang Diamati dan Analisis Data

Peubah yang diamati adalah (1) pertambahan tinggi benih, (2) pertambahan jumlah daun, (3) pertambahan diameter batang pada 2, 3, 4, dan 6 bulan setelah tanam (BST), (4) kandungan klorofil daun, dan (5) bobot kering benih kakao pada 6 BST, serta (6) kadar hara pada media pembenihan. Pengamatan tinggi benih diukur mulai ketinggian 2 cm dari permukaan tanah sampai titik percabangan tunas. Jumlah daun dihitung dari semua daun yang terbentuk. Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong pada batang dengan ketinggian 5 cm dari permukaan tanah. Kandungan klorofil daun diukur menggunakan klorofil meter Konica Minolta seri SPAD 502 yang dilakukan secara langsung di lapangan. Bobot kering benih kakao dilakukan dengan mengeringkan akar dan tajuk tanaman menggunakan oven (105°C; 24 jam). Kadar hara media pembenihan benih kakao dilakukan pada saat umur tanaman 6 BST. Sifat kimia tanah yang diamati adalah C-organik, P₂O₅, K-dd, Ca-dd, Na-dd, dan Mg-dd.

Data yang diperoleh dianalisis ragam (anova). Apabila hasilnya berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata perlakuan menggunakan uji Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Hara Media Pembenihan Kakao

Hasil analisis tanah media pembenihan kakao di akhir pengamatan memperlihatkan bahwa aplikasi FMA menghasilkan kandungan hara P tersedia lebih besar 42,25% dibanding perlakuan tanpa FMA (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa FMA memiliki kemampuan untuk melepaskan P tanah dari bentuk yang sukar larut menjadi bentuk larut sehingga P tersedia meningkat.

Aplikasi FMA berperan dalam melepaskan P yang terikat kuat sehingga meningkatkan P tersedia pada tanah Andisol (Sufardi, Syakur, & Karnilawati, 2013). FMA menghasilkan asam-asam organik dan enzim fosfatase yang mampu melepaskan ikatan-ikatan P sukar larut dari logam pengompleks P seperti Fe, Al, Ca (Fellbaum *et al.*, 2014). Oleh karena itu, FMA dapat

meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap P dari sumber-sumber mineral P yang sukar larut (Naher, Othman, & Panhwar, 2013). Tanaman yang bersimbiosis dengan FMA dapat menyerap P dalam jumlah lebih besar dibanding tanaman tanpa FMA (Karnilawati, Sufardi, & Syakur, 2013).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian arang kayu sengon mampu meningkatkan kandungan C-organik pada media pembenihan. Penambahan arang kayu sengon 4% menghasilkan kandungan C-organik 48,34% lebih banyak daripada tanpa arang, dan pada penambahan arang sekam padi 4% menghasilkan kandungan C-organik 16,15% lebih besar daripada tanpa arang (Tabel 2). Pemberian arang kayu sengon lebih mampu meningkatkan C-organik dibanding arang sekam padi. Hal yang sama dilaporkan Sarkhot, Berhe, & Ghezzehei (2012) dan Sasmita *et al.* (2017a) bahwa pemberian arang hayati mampu meningkatkan C-organik. Hasil penelitian Sasmita *et al.*

(2017b) juga menunjukkan pemberian arang kayu sengon menghasilkan kandungan C-organik tanah lebih besar dibanding arang sekam padi.

Pemberian arang juga meningkatkan kandungan P, K, Ca, Na, dan Mg tanah, terutama pada penambahan arang kayu sengon 4%. Pemberian arang kayu sengon 4% mampu meningkatkan P tersedia 47,96%, K tersedia 28,23%, Ca tersedia 21,57%, Na tersedia 38,52%, dan Mg tersedia 77,38% dari perlakuan tanpa arang (Tabel 2). Arang hayati secara langsung menjadi sumber hara P dan K (Lehmann *et al.*, 2002), selain itu arang hayati meningkatkan ketersediaan P melalui peningkatan pH tanah dan ameliator logam kompleks P (Xu, Wei, Sun, Shao, & Chang, 2013). Hasil penelitian lain juga menjumpai bahwa aplikasi arang kayu sengon dan sekam padi meningkatkan ketersediaan P pada media pembenihan kakao (Sasmita *et al.*, 2017b).

Tabel 3. Kadar hara tanah media pembenihan kakao pada enam bulan setelah tanam (BST)

Table 3. Soil nutrient content of cocoa seedling media at six months after planting

Perlakuan	C-organik (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K-dd	Ca-dd	Na-dd	Mg-dd
FMA (M):						
- M0 (tanpa FMA)	1,51	2,43	1,69	3,54	0,76	0,09
- M1 (FMA 10 g/benih)	1,37	4,21	1,65	2,85	1,33	0,50
Arang Hayati (B):						
- B0 (tanpa arang hayati)	1,09	2,56	1,50	3,09	0,75	0,01
- B1 (arang sekam padi 2%)	1,28	2,55	1,58	3,08	0,77	0,09
- B2 (arang sekam padi 4%)	1,30	3,12	1,57	2,71	1,21	0,45
- B3 (arang kayu sengon 2%)	1,41	3,44	1,61	3,17	1,27	0,42
- B4 (arang kayu sengon 4%)	2,11	4,92	2,09	3,94	1,22	0,42

Tabel 4. Hasil analisis ragam untuk perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati, serta interaksinya

Table 4. Variance analysis for arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar treatments and their interactions

Peubah yang diamati	Perlakuan		
	FMA	Arang hayati	Interaksi FMA dengan arang hayati
Tinggi benih pada 2 BST	tn	tn	tn
Tinggi benih pada 3 BST	*	tn	tn
Tinggi benih pada 4 BST	*	tn	tn
Tinggi benih pada 5 BST	*	*	tn
Tinggi benih pada 6 BST	*	*	tn
Jumlah daun pada 2 BST	tn	tn	tn
Jumlah daun pada 3 BST	tn	tn	tn
Jumlah daun pada 4 BST	tn	tn	tn
Jumlah daun pada 5 BST	tn	*	tn
Jumlah daun pada 6 BST	tn	*	tn
Diameter batang pada 2 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 3 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 4 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 5 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 6 BST	tn	tn	tn
Kandungan klorofil daun	tn	tn	tn
Bobot kering pada 6 BST	tn	tn	tn

Keterangan : * nyata pada taraf 5%; tn = tidak nyata; BST = bulan setelah tanam

Notes : * significant at 5% levels; tn = not significant; MAP = month after planting

Tabel 5. Pengaruh perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati terhadap tinggi benih kakao pada bulan ke 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan setelah tanam (BST)

Table 5. The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar application on the height of cacao seedling at 2, 3, 4, 5 and 6 month after planting (MAP)

Perlakuan	Tinggi benih (cm) pada umur (BST)				
	2	3	4	5	6
FMA (M):					
- M0 (tanpa FMA)	1,72	6,07 b	8,62 b	9,80 b	12,73 b
- M1(FMA 10 g/benih)	2,52	10,37 a	12,02 a	12,85 a	15,15 a
Arang Hayati (B):					
- B0 (tanpa arang hayati)	1,96	7,00 a	8,13 a	9,92 b	11,50 b
- B1 (arang sekam padi 2%)	1,55	7,17 a	9,13 a	10,58 ab	11,38 b
- B2 (arang sekam padi 4%)	2,42	9,38 a	11,71 a	11,58 ab	15,42 ab
- B3 (arang sengon 2%)	2,08	10,08 a	12,42 a	13,38 a	18,38 a
- B4 (arang sengon 4%)	2,92	7,46 a	10,21 a	11,17 ab	13,04 ab

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan faktor perlakuan yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in the same column and treatment factors are not significantly different according to Tukey's test at 5% level

Respons Pertumbuhan Tanaman terhadap Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Arang Hayati

Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa interaksi aplikasi FMA dan arang hayati tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan tinggi benih, jumlah daun, dan diameter batang pada umur 2, 3, 4, 5, dan 6 BST, kandungan klorofil daun, serta bobot kering tanaman kakao di perbenihan. Aplikasi FMA memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap penambahan tinggi benih, sedangkan aplikasi arang berpengaruh nyata terhadap penambahan tinggi benih dan penambahan jumlah daun (Tabel 4).

Tinggi Benih

Pengaruh nyata aplikasi FMA terhadap tinggi benih kakao mulai terlihat pada 3 BST sampai 6 BST. Peningkatan tinggi benih dengan aplikasi FMA pada 3, 4, 5, 6 BST adalah 41%, 28%, 24%, 20% (Tabel 5). Hasil penelitian Daras, Trisilawati, & Sobari (2013) juga menunjukkan bahwa aplikasi FMA mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Penambahan FMA asal rizosfer kopi mampu meningkatkan tinggi benih 53% dan asal rizosfer jambu mete 31%. Peningkatan tinggi benih pada perlakuan aplikasi FMA diperkirakan berhubungan dengan peningkatan efisiensi penyerapan hara oleh FMA. Daras, Sobari, Trisilawati, & Towaha (2015) menyatakan infeksi FMA membentuk sistem perakaran yang lebih baik sehingga tanaman mampu menyerap unsur hara dan air dari tanah secara optimal.

Aplikasi arang hayati belum berpengaruh nyata pada 2, 3, dan 4 BST terhadap tinggi benih, dan baru

memperlihatkan pengaruh nyata pada bulan ke-5 dan 6. Pada umur 5 dan 6 BST, aplikasi arang kayu sengon 2% menyebabkan peningkatan tinggi benih sebesar 26% dan 37% dibandingkan kontrol (Tabel 5). Hal ini sejalan dengan penelitian (Biederman & Harpole, 2013) yang menunjukkan aplikasi arang hayati meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hal ini berhubungan dengan peningkatan ketersediaan hara P, K, Ca, Mg pada media pembenihan akibat penambahan arang hayati, yang telah diulas sebelumnya pada Tabel 2.

Jumlah Daun dan Kandungan Klorofil

Hasil analisis statistik terhadap jumlah daun menunjukkan bahwa aplikasi FMA tidak memperlihatkan pengaruh nyata. Pada perlakuan penambahan arang hayati, perlakuan arang sengon 2% memperlihatkan pengaruh paling baik terhadap jumlah daun benih kakao umur 5 dan 6 BST, yaitu 25,85% dan 37,43% lebih banyak dibanding kontrol (Tabel 6). Jumlah daun yang signifikan dari aplikasi arang kayu sengon menjadi salah satu tanda dari pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Di sisi lain standar benih kakao siap tanam salah satunya ditentukan dari jumlah daun kakao. Dalam keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia nomor 67/Kpts/KB.020/7/2018, standar mutu benih kakao dalam polybag diantaranya adalah jumlah daun minimal 6 helai. Terashima, Hanba, Tholen, & Niinemets (2011) menyatakan daun merupakan bagian tanaman yang penting karena menjadi tempat berlangsungnya fotosintesis yang menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Tabel 6. Pengaruh perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati terhadap jumlah daun benih kakao pada 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan setelah tanam (BST), serta kandungan klorofil daun

Table 6. The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar application on the leaves number of cocoa seedling at 2, 3, 4, 5, and 6 month after planting (MAP), and chlorophyll content of leaves

Perlakuan	Jumlah daun pada umur (BST)					Kandungan klorofil daun (unit SPAD)
	2	3	4	5	6	
FMA (M):						
- M0 (tanpa FMA)	4,47	8,43	10,33	11,17 a	11,80 a	42,95
- M1 (FMA 10 g/benih)	4,80	9,07	9,87	12,90 a	13,67 a	43,82
Arang hayati (B):						
- B0 (tanpa arang hayati)	4,50	6,50	8,33	9,00 b	10,17 b	40,95
- B1 (arang sekam padi 2%)	4,67	9,42	9,58	13,00 ab	12,08 ab	42,84
- B2 (arang sekam padi 4%)	4,00	8,92	10,17	13,08 ab	14,17 ab	42,76
- B3 (arang kayu sengon 2%)	5,00	10,67	11,17	14,67 a	16,08 a	45,16
- B4 (arang kayu sengon 4%)	5,00	8,25	11,25	10,92 ab	11,17 ab	45,20

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in the same column and treatment factors are not significantly different according to Tukey's test at 5% level

Pada penelitian ini, baik aplikasi FMA maupun arang hayati, ternyata tidak nyata pengaruhnya terhadap kandungan klorofil daun (Tabel 6). Ketersediaan unsur hara Mg yang optimal berperan penting dalam pembentukan klorofil (Farhat *et al.*, 2016), dan klorofil yang tersedia dalam jumlah yang cukup pada daun akan meningkatkan kemampuan menyerap cahaya matahari sehingga fotosintesis berlangsung dengan baik (Sitorus, Siagian, & Rahmawati, 2014). Pada penelitian ini,

walaupun kadar hara Mg meningkat karena aplikasi FMA maupun arang hayati (Tabel 3), tetapi jumlah peningkatan tersebut kemungkinan belum optimal sehingga belum mampu meningkatkan kandungan klorofil daun. Oleh karena itu, untuk penelitian berikutnya disarankan untuk menambah dosis FMA maupun arang hayati sampai pada taraf yang mencukupi bagi pertumbuhan benih kakao.

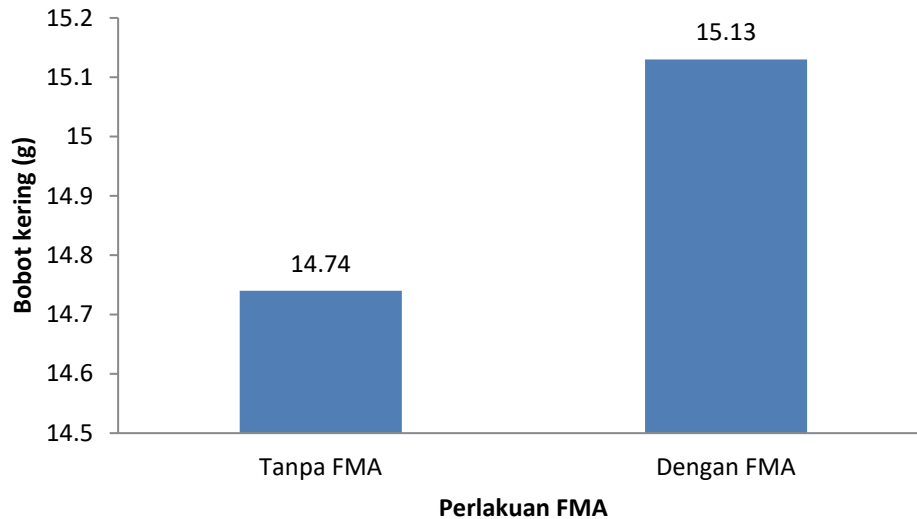
Tabel 7. Pengaruh perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati terhadap diameter batang benih kakao pada umur 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan setelah tanam (BST)

Table 7. The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar application on the stem diameter of cacao seedling at 2, 3, 4, 5 and 6 month after planting (MAP)

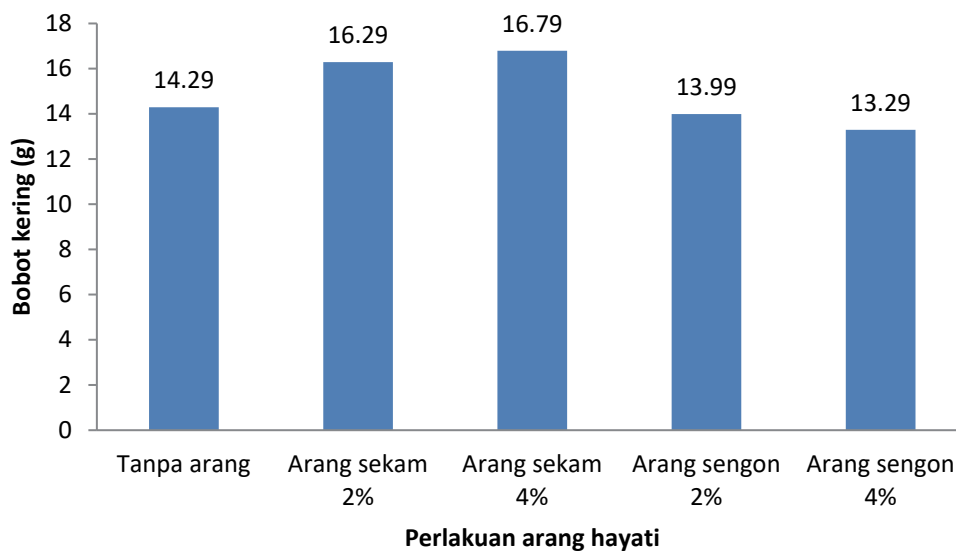
Perlakuan	Diameter batang (mm) pada umur (BST)				
	2	3	4	5	6
FMA (M):					
- M0 (tanpa FMA)	1,29	2,94	3,45	4,23	4,96
- M1 (FMA 10 g/benih)	1,58	3,07	3,78	4,23	5,02
	tn	tn	tn	tn	tn
Arang Hayati (B):					
- B0 (tanpa arang hayati)	1,45	2,94	3,48	3,99	4,93
- B1 (arang sekam padi 2%)	1,15	2,71	3,56	4,39	5,01
- B2 (arang sekam padi 4%)	1,38	3,43	3,96	4,47	5,37
- B3 (arang kayu sengon 2%)	1,67	3,15	3,87	4,53	5,30
- B4 (arang kayu sengon 4%)	1,51	2,81	3,23	3,75	4,34
	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : tn = tidak nyata

Notes : tn = not significant



Gambar 1. Pengaruh aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap bobot kering benih kakao
Figure 1. Effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) application on dry weight of cocoa seedling



Gambar 2. Pengaruh aplikasi arang hayati terhadap bobot kering benih kakao
Figure 2. Effects of the biochar application on dry weight of cocoa seedling

Diameter Batang dan Bobot Kering Tanaman

Aplikasi FMA maupun arang hayati tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap diameter benih kakao pada umur 2, 3, 4, 5, dan 6 BST (Tabel 7). Hal yang sama juga terjadi pada peubah bobot kering benih (Gambar 1 dan 2). Sama seperti pada pembahasan terhadap kandungan klorofil daun (Tabel 6) bahwa dosis FMA maupun arang hayati yang digunakan masih belum optimal sehingga belum mampu mendukung pertumbuhan diameter batang dan bobot kering benih kakao. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Oladele (2015) dengan dosis minoriza 25 g/benih

mampu meningkatkan diameter batang dibandingkan tanpa FMA, sedangkan untuk meningkatkan bobot kering benih kakao baru mampu pada dosis 50 dan 100 g/benih. Berkaitan dengan arang sekam padi, hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kusuma, Izzati, & Saptiningsih (2013) menunjukkan bahwa penggunaan arang maupun abu sekam dengan proporsi 50% sudah mampu meningkatkan panjang akar lateral, sedangkan sampai proporsi 75% pun ternyata belum mampu meningkatkan berat kering tajuk maupun akar tanaman kacang hijau.

KESIMPULAN

Aplikasi FMA dapat meningkatkan kandungan P tersedia, sementara arang hayati dapat meningkatkan kandungan C-organik, P, K, Ca, Na, dan Mg dalam media pembenihan tanaman kakao. Aplikasi FMA sebanyak 10 g/benih (dengan populasi spora 100 g/benih) mampu meningkatkan tinggi benih kakao mulai dari umur 3 sampai 6 bulan setelah tanam, sementara aplikasi arang kayu sengon 2% mampu meningkatkan tinggi benih dan jumlah daun benih kakao pada umur 5 dan 6 bulan setelah tanam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Ir. Edi Wardiana, M.Si. dan Ir. Diby Pranowo yang telah banyak memberikan saran serta masukan dalam pelaksanaan penelitian serta dalam penyusunan naskah ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Dewi Nur Rokhmah (Kontributor Utama)
2. Iing Sobari (Kontributor Utama)
3. Kurnia Dewi Sasmita (Kontributor Utama)

DAFTAR PUSTAKA

- Biederman, L. A., & Harpole, W. S. (2013). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 5, 202–214. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12037>
- Bonfante, P. (2003). Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: A dialog among cells and genomes. *Biological Bulletin*, 204, 215–220. <https://doi.org/DOI: 10.2307/1543562>
- Daras, U., Sobari, I., Trisilawati, O., & Towaha, J. (2015). Pengaruh mikoriza dan pupuk NPKMg terhadap pertumbuhan dan produksi kopi Arabika. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 2(2), 91–98.
- Daras, U., Trisilawati, O., & Sobari, I. (2013). Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi. *Buletin RISTRI*, 4(2), 145–156.
- Elmer, W. H. (2011). Effect of biochar amendments on mycorrhizal associations and *Fusarium* crown and root rot of asparagus in replant soils. *Plant Disease*, 95(8), 960–966. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-10-0741>
- Ennis, C. J., Evans, A. G., Islam, M., Ralebitso-Senior, T. K., & Senior, E. (2012). Biochar: Carbon sequestration, land remediation, and impacts on soil microbiology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42, 2311–2364. <https://doi.org/10.1080/10643389.2011.574115>
- Farhat, N., Elkhouni, A., Zorrig, W., Smaoui, A., Abdelly, C., & Rabhi, M. (2016). Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(6). <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2165-z>
- Fellbaum, C. R., Mensah, J. A., Cloos, A. J., Strahan, G. E., Pfeffer, P. E., Kiers, E. T., & Bucking, H. (2014). Fungal nutrient allocation in common mycorrhizal networks is regulated by the carbon source strength of individual host plants. *New Phytologist*, 203, 646–656. <https://doi.org/10.1111/nph.12827>
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260.
- Karnilawati, Sufardi, & Syakur. (2013). Fosfat tersedia, serapannya serta pertumbuhan jagung (*Zea mays* L.) akibat amelioran dan mikoriza pada andisol. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 2(3), 231–239.
- Kusuma, A. H., Izzati, M., & Saptiningsih, E. (2013). Pengaruh penambahan arang dan abu sekam dengan proporsi yang berbeda terhadap permeabilitas dan porositas tanah liat serta pertumbuhan kacang hijau (*Vigna radiata* L). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 21(1), 1–9.
- Lehmann, J., Da Silva, J. P. J., Rondon, M., Da Silva C. M., Greenwood, J., Nehls, T., Steiner, C., & Glaser, B. (2002). Slash-and-char: A feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon? *Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science*, 14–21. Bangkok, Thailand.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(9), 1812–1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>

- Miransari, M. (2010). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. *Plant Biology*, 12, 563–569. <https://doi.org/DOI: 10.1111/j.1438-8677.2009.00308.x>
- Muzakkir. (2012). Pengaruh fungi mikoriza arbuskula indigenus terhadap pertumbuhan dan produksi jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) di lahan kritis. *Jur. Embrio*, 5(1), 18–26.
- Naher, U. A., Othman, R., & Panhwar, Q. A. (2013). Beneficial effects of mycorrhizal association for crop production in the tropics - A review. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15, 1021–1028.
- Nasaruddin. (2012). Respon pertumbuhan bibit kakao terhadap inokulasi azotobacter dan mikoriza. 11(2), 300–315.
- Nurbaity, A., Setiawan, A., & Mulyani, O. (2011). Efektivitas arang sekam padi sebagai bahan pembawa pupuk hayati mikoriza arbuskula pada produksi sorgum. *Agrinimal*, 1(1), 1–6.
- Oladele, S. O. (2015). Mycorrhizal fungus (*Glomus mossae*) inoculation effects on performance and root biomass development of cocoa seedlings in the nursery. *Agricultural & Forestry*, 61(3), 69–76. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.61.3.07>
- Sarkhot, D. V., Berhe, A. A., & Ghezzehei, T. A. (2012). Impact of biochar enriched with dairy manure effluent on carbon and nitrogen dynamics. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1107–1114. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0123>
- Sasmita, K. D., Anwar, S., Yahya, S., & Djajakirana, G. (2017a). Pengaruh pupuk organik dan arang hayati terhadap kualitas media pembibitan dan pertumbuhan kakao. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 4(2), 107–120.
- Sasmita, K. D., Anas, I., Anwar, S., Yahya, S., & Djajakirana, G. (2017b). Application of biochar and organic fertilizer on acid soil as growing medium for cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 36(5), 261–273.
- Scheublin, T. R., Ridgway, K. P., Young, J. P. W., & van der Heijden, M. G. A. (2004). Nonlegumes, legumes, and root nodules harbor different arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(10), 6240–6246. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.10.6240-6246.2004>
- Sitorus, U. K. P., Siagian, B., & Rahmawati, N. (2014). Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1021–1029.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (Third edit). London: Academic Press.
- Solaiman, Z. M., Blackwell, P., Abbott, L. K., & Storer, P. (2010). Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonisation, growth and nutrition of wheat. *Australian Journal of Soil Reserach*, 48, 546–554. <https://doi.org/10.1071/SR10002>
- Sufardi, Syakur, & Karnilawati. (2013). Amelioran organik dan mikoriza meningkatkan status fosfat tanah dan hasil jagung pada tanah andisol. *Jurnal Agrista*, 17(1), 1–11.
- Terashima, I., Hanba, Y. T., Tholen, D., & Niinemets, U. (2011). Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. *Plant Physiology*, 155(1), 108–116.
- Warnock, D. D., Lehman, J., Kuyper, T. W., & Rilig, M. C. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil - concepts and mechanisms. *Plant Soil*, 300, 9–20. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9391-5>
- Wu, Q., Srivastava, A. K., Zou, Y., & Malhotra, S. K. (2017). Mycorrhizas in citrus: Beyond soil fertility and plant nutrition. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87(4), 427–443.
- Xu, G., Wei, L. L., Sun, J. N., Shao, H. B., & Chang, S. X. (2013). What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: Direct or indirect mechanism? *Ecological Engineering*, 52, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.ecolong.2012.12.091>

