

## Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi beberapa cendawan mikoriza arbuskula

*Root architecture of oil palm seedling inoculated with selected arbuscular mycorrhizal fungi*

Happy WIDIASTUTI<sup>1)</sup>, Edi GUHARDJA<sup>2)</sup>, Nampiah SUKARNO<sup>2)</sup>,  
L. KOSIM DARUSMAN<sup>2)</sup>, Didiek Hadjar GOENADI<sup>1)</sup> & Sally SMITH<sup>3)</sup>

1) Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor, 16151, Indonesia

2) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

3) Soil and Land Systems, School of Earth and Environmental Sciences, Adelaide University, Australia

### Summary

*Oil palm is mostly cultivated in acid soil. The growth constraint of plant in acid soil is the limited availability of phosphorus (P) nutrient. Improvement of root system morphology and architecture have an important aspect since P is immobilized nutrient. Colonization of oil palm by arbuscular mycorrhizal fungi increase the P uptake of plant. However, there is no information related to the effect of AM fungal colonization on oil palm root morphology and architecture. A research has been conducted to assess the effect of colonization of two species of AM fungi on root system morphology and architecture of oil palm seedling. The research was conducted using Cikopomayak acid soil as medium in simple glass chamber. The plant material was from Indonesian Oil Palm Research Institute, Medan while AM fungal inoculum was produced using pot culture. Six treatments assessed are combination of three levels of AM fungi inoculation (without inoculation with, Acaulospora tuberculata and Gigaspora margarita) and two levels of fertilization (without, and with fertilizer). The result showed*

*that colonization of AM fungi could change the root system morphology, and root architecture. The root fresh weight, root dry weight, length, and volume were significantly higher with the AM fungi colonization especially A. tuberculata inoculation. However, specific root weight was not significantly different between inoculated and uninoculated. The enhancement was significantly observed 26 weeks after inoculation. Beside that, proportion of secondary root of oil palm inoculated with AM fungi was higher compared to primary root. Fertilization tend to reduced root growth. Fertilization reduced significantly root shoot ratio of inoculated as well as uninoculated seedlings. The rooting volume was higher in inoculated seedling compared to uninoculated. The highest enhancement of N, P, and K uptake was observed 26 weeks after inoculation. The better root morphology and architecture might be one mechanisms of AM fungi colonized oil palm seedlings in increasing P uptake.*

[Key words: Arbuscular-mycorrhizal fungi, oil palm, root architecture, *Elaeis guineensis* Jacq.]

## Ringkasan

Umumnya tanaman kelapa sawit ditanam pada tanah masam. Hambatan pertumbuhan tanaman pada tanah masam adalah terbatasnya ketersediaan nutrisi P (fosforus). Oleh sebab itu perbaikan sistem morfologi dan arsitektur akar memiliki aspek yang penting disebabkan P merupakan nutrisi yang tidak mudah bergerak. Kolonisasi tanaman kelapa sawit dengan cendawan mikoriza arbuskula (CMA) akan meningkatkan penyerapan P oleh tanaman. Namun, hubungan antara simbiosis CMA dengan arsitektur perakaran kelapa sawit belum diketahui. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh kolonisasi dua spesies CMA pada sistem morfologi dan arsitektur akar bibit tanaman kelapa sawit. Percobaan dilakukan menggunakan tanah masam Cikpomayak yang mengandung Al tinggi sebagai medium dalam kultur pot kaca yang sederhana. Kecambah kelapa sawit berasal dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan, sedangkan inokulum CMA diproduksi menggunakan kultur pot. Enam perlakuan yang diuji merupakan kombinasi tiga jenis inokulasi CMA ( tanpa inokulasi, inokulasi dengan *Acaulospora tuberculata* dan *Gigaspora margarita*) serta dua tingkat pemupukan (tanpa, dan dengan pemupukan). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa inokulasi CMA merubah sistem morfologi dan arsitektur perakaran. Bobot basah, bobot kering, panjang dan volume akar nyata lebih tinggi pada tanaman yang dikolonisasi CMA khususnya *A. tuberculata*. Namun berat akar spesifik tidak beda nyata antara yang diinokulasi dan tanpa inokulasi. Peningkatan berat akar sangat nyata setelah 26 hari diinokulasi. Di samping itu proporsi akar sekunder lebih tinggi dibandingkan dengan akar primer pada tanaman kelapa sawit yang diinokulasi CMA. Pemupukan pada umumnya menurunkan pertumbuhan akar dan secara nyata menurunkan nisbah akar pucuk. Volume perakaran lebih besar pada bibit kelapa sawit yang diinokulasi dibandingkan dengan yang tidak diinokulasi. Peningkatan serapan N, P, dan K

tertinggi teramati 26 minggu setelah inokulasi. Morfologi perakaran yang lebih baik demikian pula arsitektur perakaran mungkin merupakan mekanisme bibit kelapa sawit bermikoriza dalam meningkatkan serapan P.

## Pendahuluan

Akar merupakan organ penting untuk menunjang pertumbuhan tanaman karena fungsinya dalam penyerapan hara, air, dan penopang tegaknya tanaman. Lynch (1995) mengemukakan bahwa arsitektur akar merupakan aspek penting dalam produktivitas tanaman. Arsitektur perakaran menjadi lebih penting pada keadaan marjinal seperti kandungan dan ketersediaan hara yang rendah atau distribusi hara yang kompleks (Atkinson, 2000). Hara P seringkali menjadi pembatas pertumbuhan tanaman khususnya di tanah masam karena hara P tidak mudah bergerak. Untuk itu maka pada kondisi marjinal, perakaran tanaman harus dapat mengeksploitasi volume tanah dalam jumlah yang besar. Semakin ekstensif sistem perakaran maka semakin tinggi efisiensi penyerapan hara dan air (van Noordwijk & de Willigen, 1991).

CMA merupakan cendawan yang mampu bersimbiosis dengan sebagian besar tanaman. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beberapa tanaman semusim simbiosis CMA dapat menyebabkan perubahan sistem perakaran misalnya percabangan akar, panjang akar sekunder dan menginduksi pembentukan akar kuarter (Hooker *et al.*, 1992), peningkatan intensitas percabangan akar lateral dan peningkatan akar orde tinggi *Olea europaea* (Citernesi *et al.*, 1998), dan peningkatan akar lateral yang halus pada jagung (Kaldorf & Ludwig-Muller, 2000). Beberapa meka-

nisme yang menyebabkan perubahan sistem perakaran ialah melalui perbaikan hara tanaman atau melalui produksi hormon. Sedangkan Amijee *et al.*, (1989) mengemukakan bahwa pembentukan akar lateral disebabkan kecepatan serapan P. Akar yang dikolonisasi CMA menghasilkan senyawa semacam sitokinin dan auksin (Berta *et al.*, 1993) atau IBA (Kalrdorf & Ludwig Muller, 2000).

Kelapa sawit pada umumnya ditanam di tanah marjinal. Simbiosis CMA dengan kelapa sawit telah banyak dilaporkan. Dalam simbiosisnya CMA dapat meningkatkan serapan P, efisiensi pemupukan, pertumbuhan, dan daya tumbuh tanaman (Blal *et al.*, 1990; Widiastuti & Tahardi, 1993; Schlutz *et al.*, 1998; Widiastuti *et al.*, 1997). Kelapa sawit merupakan tanaman tahunan monokotil yang berkayu dan mempunyai perakaran yang berbeda dengan tanaman semusim. Bagaimanapun juga, hubungan simbiosis CMA dengan perubahan sistem perakaran kelapa sawit belum pernah dilaporkan. Penelitian ini bertujuan menetapkan pengaruh simbiosis CMA terhadap arsitektur perakaran kelapa sawit.

## Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di rumah kaca dan laboratorium. Bahan tanam yang digunakan ialah kecambah kelapa sawit (DxP) berasal dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan. Tanah sebagai medium tanam ialah tanah Cikpomayak yang telah disterilisasi dengan oven 3 x 8 jam pada suhu 110°C. Karakteristik tanah disajikan pada Tabel 1. Inokulum yang digunakan berupa propagul terdiri dari spora dan akar terinfeksi yang merupakan hasil perbanyakan dengan metode kultur pot dengan menggunakan *P. phaseoloides* untuk *A. tuberculata* (Widiastuti & Baon, 1999) dan sorgum untuk *G. Margarita* sebagai inang (komunikasi pribadi, 2003). Dosis inokulum CMA dan pupuk merupakan dosis optimum (Widiastuti *et al.*, 1998). Tanaman ditanam di pot kaca yang terbuat dari kaca tebal 3 mm berukuran 40 x 25 x 6 cm.

Bagian bawah pot kaca diberi alas yang terbuat dari kawat kasa berukuran 80 mesh sehingga akar tidak keluar namun air dapat

Tabel 1. Karakteristik tanah Cikpomayak yang digunakan sebagai medium tanam.

Table 1. Characteristic Cikpomayak soil used as a plant medium.

Parameter( <i>Parameter</i> )	Nilai ( <i>Value</i> )	Kategori ( <i>Level</i> )
pH H <sub>2</sub> O	4,00	sangat masam ( <i>very acidity</i> )
N (%)	0,06	sangat rendah ( <i>very low</i> )
P tersedia ( <i>P available</i> ) (ppm P)	6,05	rendah ( <i>low</i> )
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> HCl 25%	0,01	sangat rendah ( <i>very low</i> )
K <sub>2</sub> O HCl 25%	0,01	sangat rendah ( <i>very low</i> )
Aluminium dapat ditukar ( <i>Exchangable Alluminium</i> ) (Aldd) (me 100 g-1 tanah/ <i>soil</i> )	16,40	

mengalir. Setelah pot kaca diisi dengan campuran tanah dan inokulum selanjutnya dilakukan penanaman kecambah kelapa sawit. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman menggunakan air ledeng. Panen dilakukan setelah tanaman berumur 10 minggu hingga tanaman berumur 26 minggu, dengan selang tiga minggu. Panen dilakukan dengan membuka satu sisi pot kaca. Selanjutnya akar dipindahkan ke tiga papan paku (*pin board*) dan akar dibersihkan dari tanah dengan cara mengalirkan air secara perlahan. Kemudian dilakukan pengamatan sistem perakaran, panjang (langsung), diameter, percabangan, dan biomassa akar. Enam perlakuan yang diuji dalam percobaan ini merupakan kombinasi dua tingkat pupuk (tanpa pupuk (P0) dan dengan pupuk (P1)) dan tiga jenis inokulasi (tanpa inokulasi (M0), *A. tuberculata* (M1), dan *G. margarita* (M2)) dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Rancangan percobaan yang digunakan ialah rancangan kelompok acak lengkap faktorial.

## Hasil dan Pembahasan

### *Perakaran tanaman*

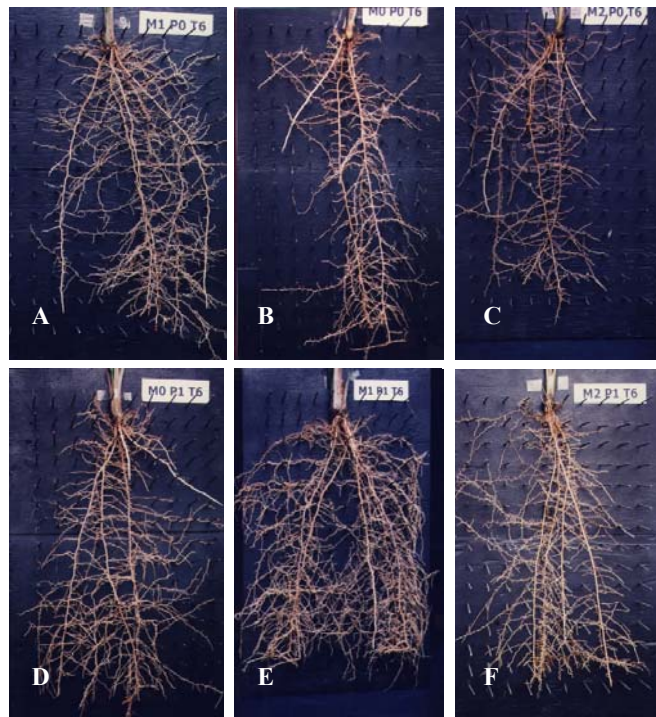
Gambar 1 menunjukkan arsitektur perakaran tanaman pada masing-masing perlakuan 26 minggu setelah inokulasi. Pertumbuhan akar dipengaruhi oleh spesies CMA dan pemupukan. Inokulasi *A. tuberculata* disertai pemupukan menghasilkan perakaran terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pengamatan bobot akar (Gambar 2) tiap tiga minggu menunjukkan bahwa inokulasi

*A. tuberculata* meningkatkan bobot kering akar.

Pada perlakuan inokulasi *A. tuberculata* yang tidak dipupuk perbandingan antara akar sekunder dan akar primer lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa inokulasi. Kaldorf & Miller (2000) melaporkan bahwa, pembentukan akar lateral lebih tinggi pada jagung yang diinokulasi CMA *Glomus intraradices*. Lebih banyaknya pembentukan akar lateral diduga disebabkan peningkatan sintesis IBA (asam indol butirat). Hasil ini menunjukkan bahwa inokulasi *A. tuberculata* dapat merubah sistem perakaran tanaman, Kaldorf & Miller (2000).

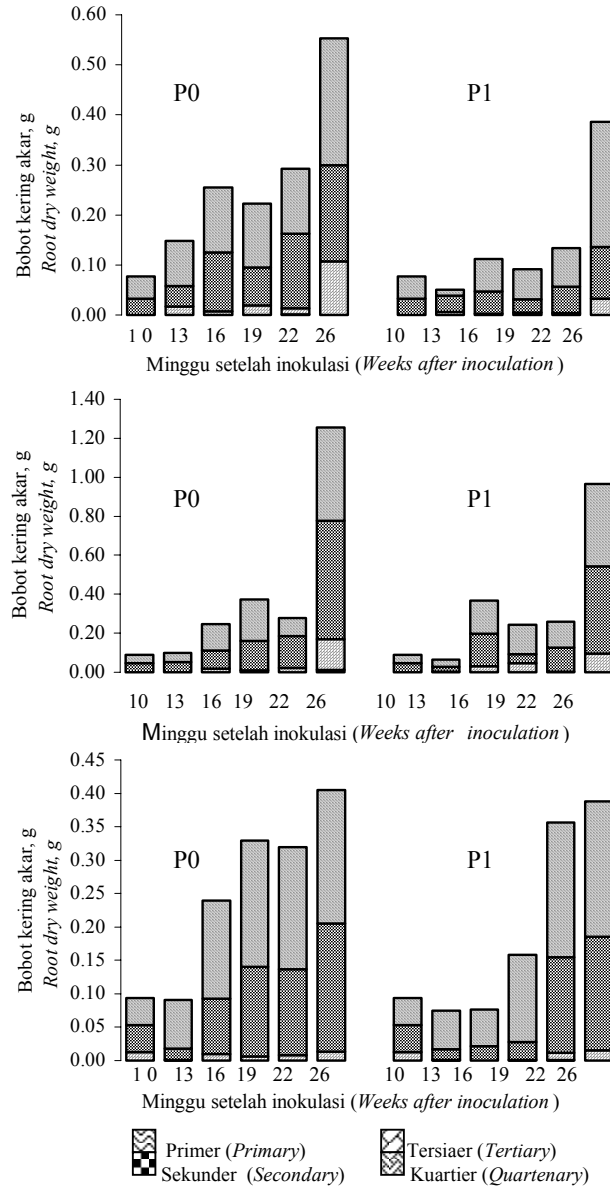
Panjang akar (primer, sekunder, tersier) pada perlakuan inokulasi *A. tuberculata* lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa inokulasi dan inokulasi *G. margarita* (Gambar 3). Hal yang sama juga dilaporkan pada poplar (Hooker *et al.*, 1992) dan pada *Allium porrum*, L. (Amijee *et al.*, 1989). Lebih panjangnya akar diduga disebabkan kecepatan serapan P pada tanaman yang diinokulasi CMA. Panjang akar merupakan peubah yang menggambarkan lebih luasnya jangkauan tanaman menyerap hara. Kondisi ini sangat bermanfaat untuk penyerapan hara yang tidak mobil seperti P. Selain itu, ditunjukkan bahwa pada perlakuan inokulasi *G. margarita* yang tidak dipupuk, peningkatan pertumbuhan akar mulai terlihat pada pengamatan minggu ke 16 dan pada saat ini mulai terbentuk akar tersier. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi *G. Margarita* mempercepat pembentukan akar tersier. Sedangkan inokulasi *A. tuberculata* baik yang dipupuk maupun yang tidak, kenaikan bobot kering dan panjang akar tertinggi terlihat pada pengamatan minggu ke 26. Apabila dibandingkan dengan jagung dan

*Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi ....*



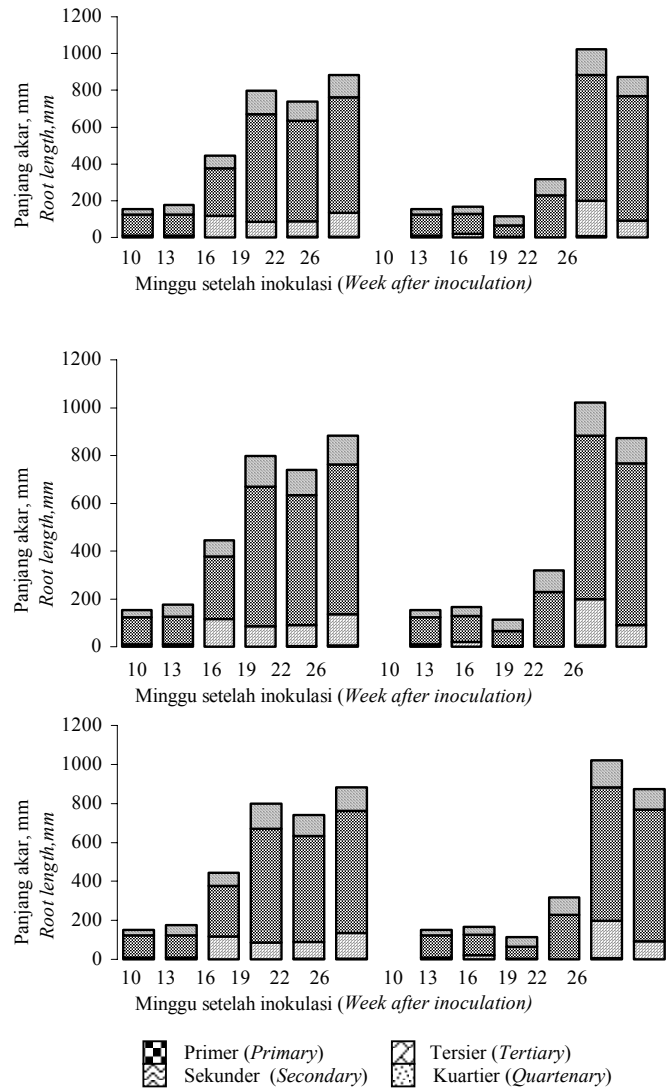
Gambar 1. Arsitektur perakaran kelapa sawit di papan paku 26 minggu setelah inokulasi. (A) M0P0, (B) AtP0, (C) GmP0, (D) M0P1, (E) AtP1, (F) Gm P1. M0 : tanpa inokulasi, At: *A. tuberculata*, Gm: *G. margarita*, P0: tanpa pupuk, P1: dengan pemupukan.

Figure 1. Architecture of oil palm root system in pin board 26 weeks after inoculation. (A) M0P0, (B) AtP0, (C) GmP0, (D) M0P1, (E) AtP1, (F) GmP1, M0: without inoculation, At: *A. tuberculata*, Gm: *G. margarita*, P0: unfertilization, P1: fertilization.



Gambar 2. Bobot kering masing-masing tipe akar pada perlakuan tanpa inokulasi (atas), inokulasi *A. tuberculata* (tengah), inokulasi *G. margarita* (bawah). PO: tanpa pupuk, P1: dengan pupuk.  
 Figure 2. Dry weight of each root type on uninoculated (above), inoculated with *A. tuberculata* (middle), inoculated with *G. margarita* (below). PO: without fertilizer, P1: with fertilizer.

Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi ...



Gambar 3. Panjang masing-masing tipe akar pada perlakuan tanpa inokulasi (atas), inokulasi *A. tuberculata* (tengah), inokulasi *G. margarita* (bawah); P0 tanpa pupuk; P1: dengan pemupukan.

Figure 3. Root length of each root type on uninoculated (above), inoculated with *A.tuberculata* (middle), inoculated with *G. margarita* (below), P0: without fertilizer, P1: with fertilizer.

poplar, maka respons inokulasi CMA terhadap fenotipe akar kelapa sawit memerlukan waktu yang lebih lama. (Hooker *et al.*, 1992) melaporkan bahwa fenotipe akar jagung yang diinokulasi CMA berubah setelah 10 hari inokulasi sedangkan pada poplar terlihat 115 hari setelah inokulasi Hasil ini menunjukkan bahwa spesies tanaman dapat mempengaruhi respons inokulasi khususnya terhadap perakaran tanaman.

Pengamatan pertumbuhan akar 26 minggu setelah inokulasi menunjukkan bahwa inokulasi *A. tuberculata* meningkatkan bobot basah dan kering akar walaupun demikian kadar nisbi air dan panjang akar spesifik tidak berbeda nyata antara akar bibit yang diinokulasi *A. tuberculata* dan tidak (Tabel 2). Peningkatan panjang dan volume akar yang nyata juga terjadi pada tanaman

yang diinokulasi *A. tuberculata*. Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan akar tanaman yang diinokulasi *A. tuberculata* lebih baik dan mempunyai jangkauan yang lebih luas. Keadaan ini memungkinkan bibit lebih mampu menyerap hara khususnya hara yang tidak mobil seperti P. Tingginya pertumbuhan akar akan berpengaruh terhadap besarnya kontak akar dan tanah. Selain itu, tingginya bobot kering akar mencerminkan adanya aliran fotosintat ke bagian akar yang lebih besar pada tanaman yang diinokulasi *A. tuberculata*. Walaupun demikian inokulasi *G. margarita* tidak meningkatkan pertumbuhan akar. Hal ini menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap inokulasi CMA khususnya terhadap perakaran tanaman dipengaruhi oleh spesies CMA. Kemampuan *A. tuberculata* meningkatkan pertumbuhan akar kemung-

Tabel 2. Pengaruh utama perlakuan terhadap pertumbuhan akar bibit kelapa sawit umur 26 minggu setelah inokulasi.

Table 2. Main effect of AM fungi species and rate of fertilization on growth of oil palm root seedlings 26 weeks after inoculation.

Pengaruh Effect	Bobot basah, Fresh weight, (g)	Bobot kering Dry weight (g)	Kadar nisbi air Water content Relative (%)	Panjang Length (m)	Panjang spesifik Root length specific (m g <sup>-1</sup> )	Volume, Volume, (mm <sup>3</sup> )
Tidak diinokulasi (Uninoculated)	2,30 b <sup>1)</sup>	0,38 b	83,20 a	0,79 b	2,05 a	2,80 b
<i>A. tuberculata</i>	6,14 a	1,17 a	80,40 a	1,66 a	1,42 a	7,90 a
<i>G. margarita</i>	2,01 b	0,40 b	79,60 a	0,89 b	2,20 a	3,20 b
Tidak dipupuk (Unfertilized)	3,78 a	0,68 a	81,40 a	1,13 a	1,66 a	4,90 a
Dipupuk (Fertilized)	3,19 a	0,62 a	80,80 a	1,09 a	1,76 a	4,40 a

<sup>1)</sup> Angka dalam kolom yang sama pada masing-masing kelompok yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan, P < 0,05.

<sup>1)</sup> Figure in same column in each group followed by the same letter is not significantly different according to Duncan Multiple Range Test, P < 0.05.



kinan disebabkan kemampuannya beradaptasi pada kondisi percobaan.

Menurut Clark, (1997) sebagian besar CMA beradaptasi pada kondisi pH tanah yang dekat dengan dimana dia diisolasi. Peningkatan sistem perakaran dengan inokulasi CMA juga dilaporkan Berta *et al.* (1990) pada *Allium porrum*, Fitter (1986) pada *Trifolium pratense*, dan Hooker *et al.* (1992) pada poplar. Perubahan sistem perakaran kemungkinan disebabkan perbaikan hara tanaman dan induksi pembentukan hormon tanaman (Kaldorf & Muller, 2000).

Dalam penelitian ini pengaruh pupuk tidak nyata terhadap berbagai parameter pertumbuhan akar dan terdapat kecenderungan pemupukan menghambat pertumbuhan akar. Morfologi akar menunjukkan bahwa diameter akar primer dalam penelitian ini nampaknya lebih kecil daripada yang dikemukakan peneliti terdahulu. Hasil pengamatan Jourdan & Rey (1997) dan Lubis (1991) menunjukkan bahwa diameter akar primer sekitar 2-3 mm dan 5-10 mm. Sebaliknya kisaran diameter akar lateral dalam pengamatan ini lebih luas dibandingkan dengan yang dikemukakan Jourdan & Rey (1997). Dalam penelitian ini diameter akar lateral berkisar antara 0,34 - 1,46 mm sedangkan Jourdan & Rey (1997) melaporkan bahwa diameter akar lateral antara 0,2 - 1,0 mm. Selain itu, ditunjukkan bahwa kisaran diameter akar tersier meningkat dengan inokulasi dan inokulasi mempercepat pembentukan akar tersier (Tabel 3). Perubahan morfologi yang terjadi khususnya pada pengaruh inokulasi kemungkinan disebabkan perubahan kandungan hara atau hormon seperti dikemukakan Kaldorf & Muller (2000). Selain itu, inokulasi dapat mempercepat

pembentukan akar kuartier. Hal yang sama pernah dilaporkan Hoocker *et al.* (1992).

Pengamatan percabangan akar menunjukkan inokulasi CMA meningkatkan intensitas percabangan akar primer namun tidak berpengaruh terhadap intensitas percabangan akar sekunder dan tersier (Tabel 4). Sedangkan pemupukan menurunkan intensitas percabangan akar primer dan tersier dan sebaliknya terhadap akar sekunder yaitu meningkatkan intensitas percabangan akar sekunder. Hasil ini menunjukkan bahwa baik inokulasi maupun pemupukan mempengaruhi arsitektur khususnya percabangan pertumbuhan bibit kelapa sawit perakaran bibit kelapa sawit. Pengaruh inokulasi terhadap intensitas percabangan akar pernah dilaporkan Citernes *et al.* (1998) yang melakukan penelitian pada *Olea europaea*.

Pertumbuhan tajuk tanaman juga meningkat dengan inokulasi *A. tuberculata* demikian pula jumlah dan luas daun (Tabel 5). Walaupun demikian kadar nisbi air tajuk tidak dipengaruhi inokulasi. Nisbah akar dan tajuk tidak dipengaruhi inokulasi, namun dipengaruhi pemupukan. Pemupukan menurunkan secara nyata nisbah akar tajuk. Hal ini disebabkan terdapat kecenderungan pemupukan meningkatkan bobot kering tajuk dan menurunkan bobot basah dan kering akar. Menurut Cakmak & Engels (2000) pertumbuhan akar yang tinggi pada tanaman yang tidak dipupuk menunjukkan bahwa tanaman menderita kekurangan hara P sehingga terjadi aliran fotosintat ke bagian bawah tanaman (akar). Walaupun demikian kadar dan serapan hara P tajuk antara bibit yang tidak dipupuk tidak berbeda nyata dibandingkan dengan yang dipupuk. Data ini menunjukkan bahwa walaupun perlakuan tanpa pemupukan cenderung meningkatkan

Tabel 3. Pengaruh utama perlakuan terhadap diameter masing-masing tipe akar bibit kelapa sawit umur 26 minggu setelah inokulasi.

Table 3. Main effect of AM fungi species and rate of fertilization on each root type of oil palm seedlings 26-week-old after inoculation.

Pengaruh <i>Effect</i>	Primer <i>Primary</i> (mm)	Sekunder <i>Secondary</i> (mm)	Tersier <i>Tertiary</i> (mm)	Kuartier <i>Quaternary</i> (mm)
Tidak diinokulasi ( <i>Uninoculated</i> )	0,20 - 2,30	0,45 - 1,32	0,35 - 0,73	-
<i>A. tuberculata</i>	0,52 - 2,65	0,45 - 1,42	0,34 - 1,00	0,42 - 0,92
<i>G. margarita</i>	0,54 - 1,99	0,47 - 1,46	0,40 - 1,06	0,40 - 0,50
Tidak dipupuk ( <i>Unfertilized</i> )	0,52 - 2,71	0,45 - 1,46	0,34 - 1,06	0,40 - 0,61
Dipupuk ( <i>Fertilized</i> )	0,20 - 2,65	0,45 - 1,42	0,40 - 1,00	0,16 - 0,92

Tabel 4. Intensitas percabangan masing-masing tipe akar bibit kelapa sawit umur 26 minggu setelah inokulasi.

Table 4. Branching intensity in each oil palm root seedling type 26-weeks-old after inoculation.

Pengaruh <i>Effect</i>	Panjang akar primer/ jumlah akar sekunder <i>Length primary</i> <i>root/number secondary</i> <i>root</i>	Panjang akar sekunder/ jumlah akar tersier <i>Length secondary</i> <i>root/number tertiary</i> <i>root</i>	Panjang akar tersier/ jumlah akar kuartier <i>Length tertiary</i> <i>root/number</i> <i>quaternary root</i>
Tidak diinokulasi ( <i>Uninoculated</i> )	1,50	12,50	34,20
<i>A. tuberculata</i>	0,80	10,70	36,00
<i>G. margarita</i>	0,66	12,23	18,10
Tidak dipupuk ( <i>Unfertilized</i> )	0,71	14,00	25,80
Dipupuk ( <i>Fertilized</i> )	1,30	9,74	33,40

*Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi ...*

Tabel 5. Pengaruh utama perlakuan terhadap beberapa parameter pertumbuhan tajuk bibit kelapa sawit umur 26 minggu setelah inokulasi.

Table 5. Main effect of AM fungi species and rate of fertilization on shoot growth of oil palm seedling 26-weeks-old after inoculation.

Pengaruh <i>Effect</i>	Bobot basah <i>Fresh weight</i> (g)	Bobot kering <i>Dry weight</i> (g)	Kadar nisbi air <i>Relative water</i> <i>content</i> (%)	Jumlah daun <i>Leaf number</i>	Luas <i>Volume</i> (mm <sup>2</sup> )	Nisbah akar tajuk <i>Root shoot</i> <i>ratio</i>
Tidak diinokulasi ( <i>Uninoculate</i> )	5,46 b <sup>1)</sup>	1,66 b	64,70 a	5,67 b	151,27 b	0,47 a
<i>A. tuberculata</i>	12,33 a	3,73 a	68,30 a	7,17 a	315,59 a	0,32 a
<i>G. margarita</i>	5,02 b	1,46 b	71,20 a	5,13 ab	123,08 b	0,33 a
Tidak dipupuk ( <i>Unfertilized</i> )	5,66 a	1,77 a	69,60 a	5,89 a	150,56 a	0,54 a
Dipupuk ( <i>Fertilized</i> )	9,55 a	2,79 a	69,80 a	6,56 a	242,72 a	0,20 b

<sup>1)</sup> Angka dalam kolom yang sama pada masing-masing kelompok yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan,  $P < 0,05$ .

<sup>1)</sup> Figure in same column in each group followed by the same letter is not significantly different according to Duncan Multilpe Range Test,  $P < 0.05$ .

perakaran namun tidak mampu meningkatkan serapan hara tajuk khususnya P. Berbeda dengan P, kadar dan serapan N tajuk nyata lebih tinggi dengan pemupukan. Tingginya kadar dan serapan N pada perlakuan pemupukan menunjukkan bahwa luasnya perakaran tidak berpengaruh terhadap serapan hara N yang relatif mobil dibandingkan dengan P.

Inokulasi *A. tuberculata* nyata meningkatkan pertumbuhan bibit baik bobot basah dan kering total. Pemupukan tidak mempengaruhi pertumbuhan bibit dan kadar nisbi air tidak dipengaruhi oleh inokulasi dan pemupukan (Tabel 6). Pertumbuhan tanaman bagian atas juga meningkat dengan adanya inokulasi *A. tuberculata* khususnya bobot tanaman, jumlah dan luas daun. Peningkatan

pertumbuhan tanaman bagian atas kemungkinan disebabkan pertumbuhan akar yang lebih baik. Akar berfungsi sebagai penyerap air dan hara. Pada tanah masam pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kemampuan akar menyerap hara yang ketersediaannya rendah seperti P. Hasil ini didukung oleh pengamatan kadar hara P dan serapan P tanaman yang diinokulasi *A. tuberculata*. Kemungkinan tanaman yang diinokulasi mempunyai kemampuan menyerap hara P yang ketersediaannya terbatas pada tanah percobaan. Sebaliknya pada tanaman yang tidak diinokulasi pertumbuhannya rendah yang kemungkinan disebabkan pertumbuhan perakaran yang rendah sehingga menyebabkan kemampuan penyerapan hara khususnya P menjadi rendah.

Tabel 6. Pengaruh utama species CMA dan pemupukan terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit umur 26 minggu setelah inokulasi.

Table 6. Main effect of AM fungi species and rate of fertilization on growth of oil palm seedlings 26-weeks-old after inoculation.

Pengaruh Effect	Bobot basah Fresh weight (g)	Bobot kering Dry weight (g)	Kadar nisbi air Relative water content (%)
Tidak diinokulasi (Uninoculated)	7,81 b <sup>1)</sup>	2,17 b	71,10 a
<i>A. tuberculata</i>	18,48 a	4,90 a	72,70 a
<i>G. margarita</i>	7,03 b	1,85 b	73,70 a
Tidak dipupuk (Unfertilized)	9,47 a	2,43 a	72,50 a
Dipupuk (Fertilized)	12,74 a	3,41 a	72,50 a

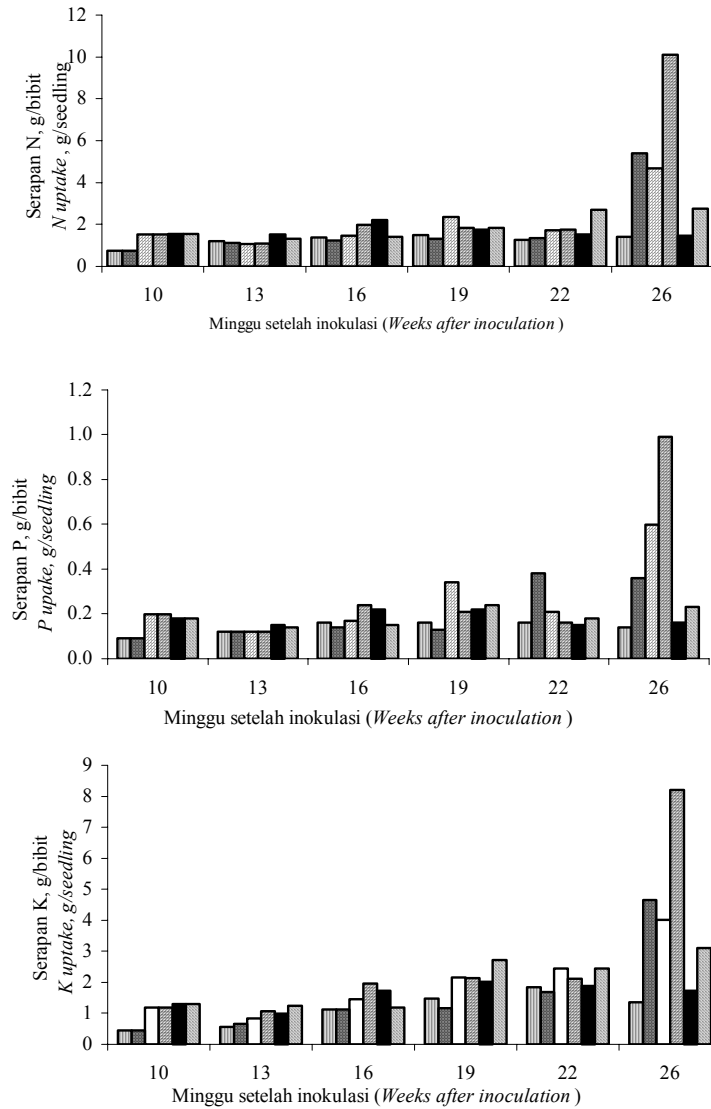
<sup>1)</sup> Angka dalam kolom yang sama pada masing-masing kelompok yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan,  $P < 0,05$ .

<sup>1)</sup> Figure in same column in each group followed by the same letter is not significantly different according to Duncan Multiple Range Test,  $P < 0,05$ .

Walaupun demikian inokulasi tidak mempengaruhi nisbah akar tajuk. Hasil ini menunjukkan bahwa pada tanaman yang diinokulasi CMA peningkatan pertumbuhan akar diikuti dengan peningkatan pertumbuhan tajuk tanaman. Tingginya pertumbuhan bagian atas tanaman khususnya jumlah dan luas daun memungkinkan tanaman untuk meningkatkan fotosintesis. Pengaruh kolonisasi CMA terhadap peningkatan fotosintesis pernah dilaporkan oleh Eissenstadt *et al.* (1993) pada jeruk. Pengamatan kadar hara pada tiap tiga minggu pengamatan menunjukkan bahwa inokulasi *A. tuberculata* dapat meningkatkan serapan N, P dan K tanaman baik pada pemupukan maupun tanpa pemupukan (Gambar 4). Walaupun demikian inokulasi *A. tuberculata* disertai pemupukan menghasilkan serapan hara paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa inokulasi dan dengan inokulasi *G. margarita*. Walaupun demikian pening-

katan serapan hara terlihat pada pengamatan minggu ke 26. Lambatnya kolonisasi CMA nampaknya berpengaruh terhadap lambatnya peningkatan serapan hara tanaman. Lonjakan serapan hara yang tinggi terjadi setelah minggu ke 26. Lambatnya serapan hara menyebabkan lambatnya fotosintesis dan pada akhirnya mempengaruhi lambatnya pengaruh inokulasi terhadap pertumbuhan tanaman. Hubungan antara net fotosintesis, kadar P daun, dan kolonisasi menunjukkan bahwa pada kolonisasi rendah atau sedang pengaruh peningkatan kadar P daun terhadap fotosintesis tidak berbeda antara tanaman yang diinokulasi dengan yang tidak. Pada kolonisasi yang tinggi, pada kadar P daun yang sama maka tanaman bermikoriza mempunyai net fotosintesis nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza (Wright *et al.*, 1997).

Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi ...



Gambar 4. Serapan hara N (atas), P (tengah), dan K (bawah) masing-masing perlakuan pada beberapa kali pengamatan. M0: tanpa inokulasi, M1: *A. tuberculata*; M2: *G. margarita*. P0: tanpa pemupukan, P1: dengan pemupukan.

Figure 4. Nutrient uptake of N (above), P (middle), and K (below) of each treatment. M0: uninoculated, M1: inoculated with *A. tuberculata*, M2: inoculated with *G. margarita*. P0: without fertilizer, P1: with fertilizer.

Tabel 7. Pengaruh utama perlakuan terhadap kadar dan serapan hara oleh pucuk bibit kelapa sawit umur 26 minggu.

Table 7. Main effect of AM fungi species and rate of fertilization on shoot nutrient concentration and uptake 26-weeks-old after inoculation.

Pengaruh Effect	Kadar Concentration (%)			Serapan hara (g kecambah <sup>-1</sup> ) Plant nutrient uptake (g seedling <sup>-1</sup> )		
	N	P	K	N	P	K
Tidak diinokulasi <i>Uninoculated</i>	1,85 a <sup>1)</sup>	0,15 b	1,66 a	3,40 b	0,25 b	3,00 b
<i>A. tuberculata</i>	1,89 a	0,20 a	2,01 a	7,40 a	0,66 a	7,07 a
<i>G. margarita</i>	1,42 b	0,13 b	1,75 a	2,12 a	0,20 b	2,42 b
Tidak dipupuk <i>Unfertilized</i>	1,39 b	0,16 a	1,64 a	2,52 b	0,30 a	3,00 a
Dipupuk <i>Fertilized</i>	2,05 a	0,17 a	1,97 a	6,08 a	0,44 a	5,32 a

<sup>1)</sup> Angka dalam kolom yang sama pada masing-masing kelompok yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan,  $P < 0,05$ .

<sup>1)</sup> Figure in same column in each group followed by the same letter is not significantly different according to Duncan Multiple Range Test,  $P < 0.05$ .

Hasil analisis kadar hara bibit 26 minggu setelah inokulasi menunjukkan bahwa inokulasi *A. tuberculata* menghasilkan kadar P tanaman lebih tinggi daripada tanpa inokulasi (Tabel 7). Namun demikian inokulasi tidak berpengaruh terhadap kadar K tanaman, sedangkan pemupukan tidak berpengaruh terhadap kadar P dan K kecuali N yaitu pemupukan meningkatkan kadar N tanaman. Inokulasi *A. tuberculata* meningkatkan serapan hara N, P, dan K tanaman sedangkan inokulasi *G. margarita* hanya meningkatkan serapan N tanaman. Pemupukan meningkatkan serapan N tanaman tetapi tidak meningkatkan serapan P, dan K tanaman (Tabel 7). Hasil ini menunjukkan bahwa 26 minggu setelah inokulasi terjadi simbiosis yang fungsional. Dalam hal ini

teramati melalui tingginya serapan P tanaman.

### Kesimpulan

Arsitektur perakaran bibit kelapa sawit yang diinokulasi CMA lebih baik dibandingkan dengan bibit yang tidak diinokulasi. Perbaikan perakaran bibit kelapa sawit menghasilkan simbiosis yang fungsional dalam hal ini terjadi peningkatan serapan P dan pertumbuhan tanaman. Walaupun demikian simbiosis yang fungsional terjadi setelah inokulasi yang cukup lama yaitu 26 minggu. Peningkatan sistem perakaran merupakan salah satu mekanisme bibit kelapa sawit bermikoriza dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman.

**Daftar Pustaka**

- Amijee, F., P.B. Tinker, D.P. Tinker & D.P. Stribley (1989). Effects of phosphorus on the morphology of VA mycorrhizal root system of leek (*Allium porrum* L.). *Plant Soil*, **119**, 334-336.
- Atkinson, D. (2000). Root characteristics: why and what to measure. In A.L. Smit *et al.* (eds.) *Root methods A Handbook*. Heidelberg, Springer, Verlag. p2-32.
- Berta, G., S. Sgorbati, V. Soler, A. Fusconi, A. Trotta, A. Citterio, M.G. Bottone, E. Sparvoli & S. Scannerini (1990). Variations in chromatin structure in host nuclei of a vesicular arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.*, **14**, 199-205.
- Blal, B., C. Morel, V. Gianinazzi-Pearson, J.C. Fardeau & S.Gianinazzi (1990). Influence of vesicular arbuscular mycorrhizae on phosphate fertilizer efficiency in two tropical acid soils planted with micropropagated oil palm (*Elaeis guineensis*, Jacq). *Bio Fertil. Soils*, **9**, 43-48.
- Cakmak, I. & C. Engels (2000). Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In Z. Rengel (ed.) *Mineral Nutrition of Crops. Fundamental Mechanisms and Implications*.
- Citernes, A.S., C.Vitagliano & M.Giovanetti (1998). Plant growth and root system morphology of *Olea europaea* L., rooted cuttings as influenced by arbuscular mycorrhizas. *J Hort. Sci. & Biotech.*, **73**, 647-654.
- Clark, R.B. (1997). Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant Soil*, **192**, 15-22.
- Eissenstadt, D.M., J.H. Graham, J.P. Syvertsen & D.L. Drouillard (1993). Carbon economy of sour orange in relation to mycorrhizal colonization and phosphorus status. *Ann. Bot.*, **71**, 1-10.
- Fitter, A.H. (1986). The topology and geometry of plant root systems: influence of watering rate on root system topology in *Trifolium pratense*. *Ann. Bot.*, **58**, 91-101.
- Hooker, J.E., M. Munro & D. Atkinson (1992). Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi induced alteration in poplar root system morphology. *Plant Soil*, **145**, 207-214.
- Jourdan, C. & H. Rey (1997). Architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq) root system. *Plant Soil*, **189**, 33-48.
- Kaldorf, M. & J.Ludwig-Muller (2000). AM fungi might affect the root morphology of maize by increasing indole-3-butyric acid biosynthesis. *Physiol. Planta.*, **109**, 58-67.
- Lubis, A.U.(1992). *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) di Indonesia*. Pematang Siantar, Pusat Penelitian Perkebunan Marihat.
- Lynch, J. (1995). Root architecture and plant productivity. *Plant Physiol.*, **109**, 7-13.

- Schultz, C., G. Ginting, A. Moawad, C. Mollers, K.Pamin, Subronto, J.S.Tahardi & P.L. G.Vlek (1998). The role of (vesicular) arbuscular mycorrhiza in the weaning stage of micropropagated oil palm. *In Proc. of the BTIG Workshop on Oil palm Improvement through Biotechnology*. Bogor, Biotechnology Research Unit for Estate Crops. p 59-64.
- van Noordwijk, M. & P. De Willigen (1991). *Root functions in agricultural systems. Plant roots and their environment*. Elsevier, Amsterdam p. 381-395.
- Widiastuti, H. & J.B. Baon (1999). Spore production of VA mycorrhizal *Acaulospora tuberculata*, as affected by host species and nutrient source. *In* FA Smith *et al.* (ed.). *Proc. International Conference on Mycorrhizas in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystems*. p. 221-224.
- Widiastuti, H. & J.S.Tahardi (1993). Effect of vesicular arbuscular inoculation on the growth and nutrient uptake of micropropagated oil palm. *Menara Perkebunan*, **61**, 56-60.
- Widiastuti, H., T. W. Darmono, D.H. Goenadi (1998). Response of oil palm seedling on selected AM fungi inoculation at several doses of fertilization. *Menara Perkebunan*, **66**, 36-46.
- Wright, D.P., J.D. Scoles & D.J. Read (1997). Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *Trifolium repens* L., *Plant Cell Environ.*, **21**, 209-216.