

Evaluasi produksi dan kualitas inokulum fungi mikoriza arbuskula yang diproduksi dengan teknik hidroponik pada rumput *Brachiaria decumbens* var. mullato

AT Aryanto¹⁾, PDMH. Karti²⁾, I. Prihantoro²⁾

- 1) Program Pascasarjana Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor
- 2) Program Pascasarjana Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

Kontak penulis: agustinik46@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan hijauan membutuhkan pupuk ramah lingkungan. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) adalah asosiasi yang melibatkan jamur dan akar yang dianggap sebagai pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan toleran dari kondisi lingkungan. Ketersediaan FMA masih jarang, sehingga dibutuhkan produksi massal untuk dapat mendukung pengembangan hijauan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan inokulum AMF menggunakan sistem hidroponik dalam jumlah besar secara efektif. Penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap. Rancangan Acak Kelompok Faktorial yang digunakan pada tahap pertama dengan faktor A adalah jenis sistem irigasi (Manual, Drip dan Nutrien Film Technique System (NFT)) dan B adalah larutan nutrisi (AB Mix dan Hyponex Red) dengan *Pueraria javanica* sebagai tanaman inang. Rancangan Acak Lengkap (RAL) dilakukan pada tahap kedua dengan menggunakan produksi inokulum FMA dari tahap pertama dengan *Brachiaria decumbens* var Mullato sebagai tanaman inang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara sistem NFT dan AB Mix signifikan ($P < 0,05$) menghasilkan bahan kering tajuk, bahan kering akar dan spora paling tinggi. Semua tipe sistem irigasi dan nutrisi menunjukkan infeksi akar $> 96\%$. FMA inokulasi di *Brachiaria decumbens* var Mullato signifikan ($P < 0,05$) pada bahan kering tajuk, kandungan N, kandungan P dan serapan P.

Kata kunci: *Brachiaria decumbens*, FMA, sistem Drip, sistem NFT, *Pueraria javanica*,

ABSTRACT

Forage mass production development requires environmental friendly fertilizer. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) are mutualistic symbioses between plant and fungi that considered as natural biofertilizer with benefit to improve plant productivity and environment stress tolerance. The availability of AMF is still low, so it takes mass production to be able to support forage development. The aim of the research was to produce AMF inoculum using hydroponic system in large quantities. This research divided into 2 stages. The factorial randomized block design was used for the first stage with A factor was type of irrigation system (Manual, Drip and Nutrient Film Technique System (NFT)) and B was the nutritional solution (AB Mix and Hyponex Red) using *Pueraria javanica* as host plant. Completely randomized design was conducted for the second stage by using AMF inoculum production from first stage using

Brachiariadecumbens var *Mullat* as host plant. The best result was a combination between NFT system and AB Mix significantly ($P < 0.05$) produce highest shoot dry matter, root dry matter and spore production. All type of irrigation system and nutrition showed root infection $> 96\%$. AMF inoculation in *Brachiariadecumbes* var *Mulato* was significant different ($P < 0.05$) on shoot dry matter, N content, P content and P uptake.

Keywords: AMF, *B. decumbes*, Drip system, NFT system, *P. javanica*,

PENDAHULUAN

Pengembangan hijauan pakan ternak di lahan marginal memiliki peluang besar ketika ketersediaan lahan semakin berkurang. Kemampuan lahan marginal seluas 149,5 juta hektar yang di Indonesia (Mulyani *et al.*, 2016) perlu ditingkatkan karena memiliki berbagai kendala dalam hal pemanfaatannya, seperti cekaman kekeringan, ketersediaan hara yang rendah, pH rendah, tingginya fiksasi P, rendahnya bahan organik, (Sanches *et al.*, 2003), penurunan kelarutan P dan Mo, penurunan konsentrasi unsur N, Mg, Ca dan K, peningkatankonsentrasi Al, Mn dan Fe, penghambatan pertumbuhan akar dan penyerapan air, dan peningkatan pencucian unsur hara (Karti *et al.*, 2009).

Aplikasi pemupukan dapat meningkatkan kemampuan tanah dengan pemilihan jenis, dosis dan manajemen yang tepat. Pupuk anorganik memberikan pengaruh yang signifikan dalam peningkatan unsur hara tanah, namun memiliki dampak yang merugikan lingkungan jika digunakan dengan tidak bijak. Penggunaan pupuk anorganik bersama-sama dengan pestisida dan kultivar dengan produksi tinggi, atau dikenal dengan sebutan teknologi revolusi hijau dalam beberapa abad terakhir telah mampu mengatasi permasalahan suplai pangan, mengurangi kelaparan dan meningkatkan nutrisi; namun di lain pihak memunculkan berbagai isu peningkatan degradasi lingkungan dan keberlanjutannya (Dalgaard *et al.*, 2003). Alternatif penggunaan pupuk yang ramah lingkungan adalah pupuk hayati. Pupuk hayati (*biofertilizer*) didefinisikan sebagai substans yang mengandung mikroorganisme hidup yang mengkolonisasi rhizosfir atau bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer dan atau stimulus pertumbuhan tanaman target, bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, atau tanah (FNCA 2006). Salah satu mikroorganisme yang berperan sebagai pupuk hayati adalah Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA).

Pupuk hayati berbasis Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) telah banyak diaplikasikan di berbagai tanaman. Penggunaan pupuk hayati terbukti mampu meningkatkan kandungan N, P, K, Ca dan Mg tanaman (Kung'u 2004, Yoshitaka dan Yamamoto 1986), meningkatkan bahan kering *Theobroma cacao* (Chulan dan Martin 1992), dan *Senna spectabilis* (Kung'u 2004). Asosiasi FMA menyebabkan perubahan pada sistem perakaran, yakni meningkatkan jumlah percabangan akar, pemanjangan akar sekunder dan menginduksi pembentukan akar kuartier serta meningkatkan jumlah akar lateral pada tanaman jagung, sehingga mampu meningkatkan serapan hara (Kaldorf dan Ludwig-Muller 2000). Peningkatan kemampuan lahan marginal untuk sumber hijauan pakan bisa terwujud jika ketersediaan pupuk hayati FMA mencukupi dan mampu mendukung produktivitas tanaman pakan. Kebutuhan pupuk hayati FMA membutuhkan dukungan produksi dalam skala yang besar.

Teknologi produksi FMA telah berkembang sejak diketahui peranan FMA bagi tanaman. Teknik produksi FMA secara umum terdapat tiga kategori, yakni (1) sistem produksi klasik yang menggunakan media tanah/pasir, (2) sistem kultur tanpa substrat seperti hidroponik dan aeroponik dengan produksi inokulum FMA yang relatif bersih dan (3) sistem kultur *in vitro* yang berbasis potongan akar atau disebut kultur organ akar (*Root Organ Culture/ROC*). Produksi inokulum FMA membutuhkan sistem yang memungkinkan dihasilkannya FMA dalam jumlah yang besar, ruang yang terbatas dan pengelolaan yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknologi produksi FMA dengan sistem irigasi yang tepat.

METODE PENELITIAN

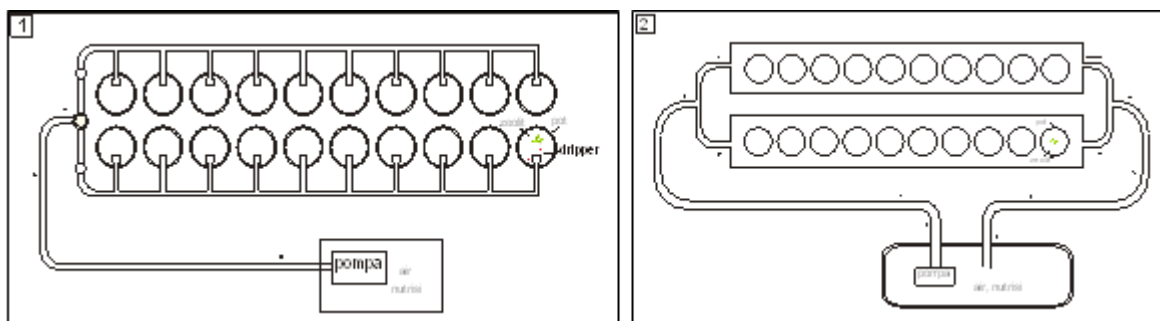
Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih *Pueraria javanica*, bibit *Brachiaria decumbens* var. Mullato, inokulum FMA, *zeolite*, *HyponexRed*, *AB Mix*, *tripanblue*, KOH, HCl, dan gliserol. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *autoclave*, timbangan digital, lampu TL, pot, pH meter, termometer, mikroskop, *petridish*, saringan bertingkat, *objectglass*, *coverglass*, pot plastik, unit sistem drip, dan unit sistem NFT.

Prosedur

Tahap I. Produksi Inokulum FMA Menggunakan Sistem Manual, Drip dan NFT

Inokulum FMA diproduksi menggunakan penyiraman secara manual, sistem irigasi drip dan sistem *Nutrien Film Technique* (NFT). *Pueraria javanica* hasil persemaian dipindahkan ke pot plastik yang berisi 150 g zeolit + 20 g inokulum FMA. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman 50 ml per pot hari⁻¹ secara manual untuk sistem irigasi manual. Penyiraman dengan tetesan pada sistem drip dan aliran air pada sistem NFT selama 45 menit. Penambahan unsur hara menggunakan larutan *AB Mix* dan *Hyponex Red* sebanyak 25 ml per pot, 2 hari minggu⁻¹. Pengambilan data pertumbuhan dilakukan setiap minggu selama 14 minggu dan selanjutnya dilakukan *stressing* (tanpa penyiraman) selama dua minggu. Desain penyiraman sistem Drip dan NFT disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem irigasi (1) Drip dan (2) NFT

Pueraria javanica dipanen dengan memisahkan bagian tajuk dan akar. Tajuk dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 2 hari untuk memperoleh berat kering tajuk, sedangkan akar tanaman dianalisis untuk menghitung jumlah spora dan

infeksi akar FMA. Perhitungan nilai infeksi FMA menurut metode Brundrett *et al.* (1996), berdasarkan keberadaan (1)hifa eksternal, (2)hifa internal, (3)vesikula, (4)arbuskula dan (5)spora FMA. Penghitungan jumlah spora mengacu pada metode tuang saring basah (Pacioni 1992), menggunakan saringan bertingkat (1000 μm , 250 μm , 125 μm , 45 μm).

Perlakuan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan Faktor A: sistem irigasi (manual, Drip, NFT) dan Faktor B: larutan nutrisi (Hyponex Red, AB Mix). Perlakuan yang digunakan:

M.Hyponex	: sistem manual + larutan nutrisi Hyponex
M.ABMix	: sistem manual + larutan nutrisi AB Mix
D.Hyponex	: sistem Drip + larutan nutrisi Hyponex
D.ABMix	: sistem Drip + larutan nutrisi AB Mix
NHyponex	: sistem NFT + larutan nutrisi Hyponex
NABMix	: sistem NFT + larutan nutrisi AB Mix

Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini yaitu bobot kering tajuk, bobot kering akar, infeksi akar FMA dan jumlah spora FMA.

Tahap II Evaluasi FMA Hasil Produksi Masal

Menggunakan Tanaman Inang *Brachiaria decumbens*

Media zeolite dari masing-masing perlakuan pada Penelitian I sebagian digunakan sebagai starter untuk menguji efektivitasnya menggunakan *Brachiaria decumbens* var Mullato. *Brachiaria decumbens* var Mullato ditanam dalam media tanah 5 kg per pot dan ditambahkan inokulum FMA sebanyak 20 g per pot. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman menggunakan air sumur 500 ml per pot. Pertumbuhan tanaman diamati selama 12 minggu setelah tanam (MST). *Brachiaria decumbens* var Mullato dipanen dengan memotong tajuk dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 2 hari untuk memperoleh berat kering tajuk.

Perlakuan

Perlakuan yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu

P0	= kontrol (tanpa inokulan)
P1	= inokulan dari sistem irigasi manual + larutan nutrisi Hyponex Red
P2	= inokulan dari sistem irigasi manual + larutan nutrisi AB Mix
P3	= inokulan dari sistem irigasi Drip+ larutan nutrisi Hyponex Red
P4	= inokulan dari sistem irigasi Drip+ larutan nutrisi AB Mix
P5	= inokulan dari sistem irigasi NFT + larutan nutrisi Hyponex Red
P6	= inokulan dari sistem irigasi NFT +larutan nutrisi AB Mix

Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini yaitu bobot kering tajuk, kandungan N, kandungan P, serapan N dan serapan P.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Inokulum FMA dengan Sistem Irigasi dan Jenis Larutan Nutrisi Berbeda

Produksi Biomassa Tanaman Inang

Produksi biomassa *Pueraria javanica* diduga melalui penghitungan bobot kering tajuk dan bobot kering akar yang menggambarkan pertumbuhan tanaman yang diinokulasi FMA. Sifat obligat FMA yang membutuhkan tanaman inang yang sesuai untuk pertumbuhannya. Pengamatan pertumbuhan tanaman inang digunakan untuk melihat responnya terhadap inokulasi FMA. Tanaman membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhan yang optimal, demikian pula dengan FMA. Perkembangan simbiosis dan siklus hidup FMA dipengaruhi oleh kondisi kimia, fisik dan biologis media tanam, seperti suhu, tingkat kelembaban, luminositas, pH, nutrisi mineral, salinitas, asam organik, biomolekul, aktivitas dan mikroorganisme (Souza 2015). Produksi biomassa dalam yang ditunjukkan pada bobot kering tajuk *Pueraria javanica* yang diinokulasi FMA dengan sistem irigasi dan larutan nutrisi yang berbeda disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Bobot kering tajuk *Pueraria javanica* yang diinokulasi FMA dengan sistem irigasi dan larutan nutrisi berbeda

Sistem Irigasi	Larutan Nutrisi		Rataan
	Hyponex Red	AB Mix	
	----- (g per tanaman) -----		
Manual	1,61±0,89 ^c	2,79±0,67 ^c	2,20±0,98 ^b
Drip	2,04±0,51 ^c	1,82±1,23 ^c	1,93±0,92 ^b
NFT	4,99±1,84 ^b	7,15±2,09 ^a	6,07±2,22 ^a
Rataan	2,88±1,93	3,92±2,74	

Keterangan : Angka yang diikuti dengan superskrip huruf kecil pada kolom dan baris yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$)

Perbedaan sistem irigasi dan interaksi sistem irigasi dan larutan nutrisi menghasilkan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap bobot kering tajuk *Pueraria javanica*. Sistem NFT menghasilkan rata-rata bobot kering tajuk paling tinggi (6,07±2,22g per tanaman), dibandingkan Drip (1,93±0,92g per tanaman) dan manual (2,20±0,98g per tanaman). Penggunaan larutan nutrisi tidak menyebabkan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap bobot kering tajuk. Interaksi sistem irigasi NFT dan larutan nutrisi AB Mix menghasilkan bobot kering tajuk tertinggi (7,15±2,09g per tanaman). Sistem NFT memungkinkan air dan larutan nutrisi mengalir pada bagian rizosfir yang menghasilkan kelembaban media dan sekitarnya lebih baik dan larutan AB Mix lebih efektif digunakan oleh tanaman, sehingga menghasilkan pertumbuhan tanaman (biomassa) yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Manual dan Drip).

Sistem irigasi dan larutan nutrisi menghasilkan bobot kering akar *Pueraria javanica* yang berbeda (Tabel 2). Hasil sidik ragam menunjukkan, sistem irigasi dan interaksi sistem irigasi dan larutan nutrisi memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap rata-rata bobot kering akar *Pueraria javanica*. Sistem irigasi NFT menghasilkan rata-rata bobot kering akar yang lebih tinggi yakni 1,20±0,51 g per tanaman dibandingkan sistem irigasi Manual dan Drip, berturut-turut sebesar 0,72±0,25 g per tanaman dan 0,59±0,29 g per tanaman. Interaksi sistem irigasi NFT dan larutan AB Mix

menghasilkan rataan bobot kering akar paling tinggi ($1,27 \pm 0,40$ g per tanaman) dibandingkan interaksi perlakuan lainnya. Kelembaban media yang lebih baik pada sistem NFT dan larutan AB Mix menyebabkan pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi seiring dengan pertumbuhan akar *Pueraria javanica*. Pada sistem NFT, akar tanaman terletak pada lapisan dangkal dari larutan nutrisi yang mengalir dan seiring perkembangan akar, lapisan bagian atas di atas larutan nutrisi menahan suatu lapisan kelembaban tipis di sekitarnya, sehingga dapat mempertahankan ketersediaan hara pada media (Mosse dan Thompson 1983).

Tabel 2 Bobot kering akar *Pueraria javanica* yang diinokulasi FMA dengan sistem irigasi dan jenis larutan nutrisi berbeda

Sistem Irigasi	Larutan Nutrisi		Rataan
	Hyponex Red	AB Mix	
	----- (g tanaman ⁻¹) -----		
Manual	0,64±0,31 ^c	0,79±0,16 ^{bc}	0,72±0,25 ^b
Drip	0,58±0,21 ^c	0,59±0,35 ^c	0,59±0,29 ^b
NFT	1,12±0,61 ^a ^b	1,27±0,40 ^a	1,20±0,51 ^a
Rataan	0,78±0,47	0,88±0,43	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan superskrip huruf kecil pada kolom dan baris yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 5 % ($P < 0,05$)

Infeksi Akar oleh FMA

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) membutuhkan tanaman inang dalam siklus hidupnya melalui proses infeksi pada bagian akar tanaman, secara intraselular (Gunawan 1993), diawali fase asimbiotik, dilanjutkan fase presimbiotik hingga simbiotik (Souza 2015). Efektifitas inokulasi FMA dapat diketahui dengan adanya kolonisasi akar yang menunjukkan adanya infeksi oleh FMA dengan adanya struktur yang terbentuk yakni hifa, vesikula, arbuskula, dan spora (Brundrett *et al.*, 1996). Persentase infeksi FMA pada *Pueraria javanica* dihitung berdasarkan keberadaan ciri-ciri tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Infeksi akar *Pueraria javanica* oleh FMA dengan sistem irigasi dan jenis larutan nutrisi berbeda

Sistem Irigasi	Larutan Nutrisi		Rataan
	Hyponex Red	AB Mix	
	----- (%) -----		
Manual	97,00±2,06	96,99±2,96	96,99±2,48
Drip	96,06±2,95	97,05±2,82	96,55±2,86
NFT	97,27±2,49	96,33±3,22	96,80±2,84
Rataan	96,78±2,49	96,79±2,92	

Hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh tidak nyata pada infeksi FMA terhadap akar *Pueraria javanica* dengan sistem irigasi dan larutan nutrisi yang berbeda. Dosis atau kerapatan inokulum pada penelitian ini sama untuk setiap perlakuan sehingga menghasilkan persentase infeksi akar yang sama. Infektivitas adalah jumlah akar tanaman yang terinfeksi oleh FMA tanpa melihat kemampuan menginfeksi dan penyebaran hifa jenis lain serta sangat bergantung pada jumlah inokulum atau kepadatan inokulum dan penempatan inokulum (Elfati dan Siregar 2010), jenis fungi

yang berkaitan dengan kerapatan inokulum dan lingkungan (persaingan antar spesies fungi) (Delvian 2005).

FMA mampu menginfeksi hampir semua tanaman inang, namun memiliki tanggapan simbiotik yang berbeda. Persentase infeksi FMA pada tanaman inang *Pueraria javanica* menunjukkan nilai >96% yang berarti bahwa kesesuaian FMA dengan tanaman inang dan termasuk pada kategori sangat baik (Setiadi 1992) sehingga peranan FMA optimal bagi pertumbuhan tanaman inang (Brundrett *et al.* 1996).

Produksi Spora FMA

Produksi spora sangat diperlukan terutama dalam peranannya sebagai pupuk hayati. Faktor penentu dalam perbanyakannya spora adalah perkecambahan spora yang merupakan tahapan awal proses infeksi FMA. Perkecambahan spora dipengaruhi oleh faktor temperatur, intensitas cahaya, pH (Siqueira *et al.*, 1985) dan kelembaban (Juge *et al.*, 2002). Salah satu tahapan dalam siklus hidup simbiosis FMA adalah sporulasi atau pembentukan spora yang kelimpahannya dipengaruhi oleh akumulasi jenis FMA, tanaman inang dan kondisi lingkungan (Patriyasari 2006). Jumlah spora yang dihasilkan menggunakan sistem irigasi dan larutan nutrisi disajikan pada tabel 4.

Tabel 4 Jumlah spora FMA dengan sistem irigasi dan jenis larutan nutrisi berbeda

Sistem Irigasi	Larutan Nutrisi		Rataan
	Hyponex Red	AB Mix	
	------(Spora 50 g per sampel) -----		
Manual	179,60±38,26 ^b	380,80±169,58 ^a	280,20±158,01 ^a
Drip	169,30±67,02 ^b	196,00±55,89 ^b	182,65±61,61 ^b
NFT	171,20±41,65 ^b	294,50±129,22 ^a	232,85±112,83 ^{ab}
Rataan	173,37±49,07 ^b	290,43±144,82 ^a	

Keterangan : Angka yang diikuti dengan superskrip huruf kecil pada kolom dan baris yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 5 % ($P < 0,05$)

Hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) pada rata-rata jumlah spora FMA yang menginfeksi *Pueraria javanica* dengan sistem irigasi, jenis larutan nutrisi dan interaksinya. Rataan jumlah spora pada sistem manual (280,20±158,01) berbeda nyata dengan sistem Drip (182,65±61,61), namun tidak berbeda nyata dengan sistem NFT (232,85±112,83). Rataan jumlah spora pada interaksi sistem manual dan AB Mix tidak berbeda nyata dengan sistem NFT dan AB Mix, namun berbeda nyata dengan sistem Manual dan *Hyponex Red*, sistem Drip dan *Hyponex Red*, sistem Drip dan AB Mix dan sistem NFT dan *Hyponex Red*. Penggunaan larutan nutrisi AB Mix lebih baik dalam menghasilkan spora dibandingkan dengan *Hyponex Red*. AB Mix memiliki komposisi nutrisi yang lebih baik sehingga FMA menghasilkan spora yang lebih banyak, sesuai Okiobé *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa konsentrasi larutan nutrisi yang lebih tinggi secara signifikan meningkatkan produksi spora FMA

Evaluasi Produksi Fungi Mikoriza Arbuskula Menggunakan Tanaman Inang *Brachiaria decumbens* var Mullato

Inokulum FMA yang dihasilkan dari tahap I diuji pada *Brachiaria decumbens* var Mullato, dengan parameter pengujian inokulasi FMA yakni bobot kering tajuk, kandungan P, kandungan N, *uptake* P, *uptake* N dan kandungan protein (Tabel 5).

Tabel 5 Bobot kering tajuk, kandungan P tajuk, kandungan N tajuk, *uptake* P, *uptake* N dan protein *Brachiaria decumbens* yang diinokulasi FMA

Perlakuan	Bobot Kering Tajuk (g per tanaman)	P. Tajuk (%)	N. Tajuk (%)	<i>Uptake</i> P. Tajuk (g per tanaman)	<i>Uptake</i> N. Tajuk (g per tanaman)	Protein (g per tanaman)
Kontrol	4,42±1,53 ^d	0,054±0,02 ^{ab}	1,86±0,35 ^a	0,22±0,03 ^b	7,97±1,55	4,98±0,10
M1	6,53±2,20 ^{cd}	0,058±0,00 ^{ab}	1,41±0,10 ^b	0,47±0,17 ^{ab}	11,32±3,33	7,08±0,21
M2	8,00±3,34 ^{bc}	0,057±0,01 ^{ab}	1,31±0,18 ^b	0,46±0,29 ^{ab}	10,00±5,00	6,25±0,31
D1	8,67±1,69 ^{abc}	0,050±0,00 ^{ab}	1,38±0,21 ^b	0,49±0,09 ^{ab}	13,72±4,94	8,57±0,31
D2	8,25±2,61 ^{bc}	0,062±0,00 ^a	1,36±0,09 ^b	0,53±0,23 ^{ab}	11,68±5,04	7,30±0,32
N1	10,73±2,46 ^a	0,045±0,00 ^b	1,07±0,22 ^b	0,52±0,12 ^{ab}	12,07±2,11	7,54±0,13
N2	10,26±2,41 ^{ab}	0,049±0,00 ^{ab}	1,18±0,03 ^b	0,59±0,05 ^a	14,19±0,08	8,87±0,01

Keterangan: Kontrol=tanpa inokulasi FMA, M1=sistem manual + larutan nutrisi Hyponex red, M2=sistem manual + larutan nutrisi AB mix, D1=sistem drip + larutan nutrisi Hyponex red, D2=sistem drip + larutan nutrisi AB mix, N1=sistem drip + larutan nutrisi Hyponex red, N2=sistem drip + larutan nutrisi AB mix. Angka yang diikuti dengan superskrip huruf kecil pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 5 % ($P < 0,05$)

Inokulasi FMA berpengaruh nyata ($P < 0,05$) pada rata-rata bobot kering tajuk *Brachiaria decumbens* var Mullato. Hampir seluruh perlakuan inokulasi FMA (kecuali M1) menghasilkan bobot kering tajuk yang lebih baik dibandingkan tanpa inokulasi FMA (kontrol). Rataan bobot kering tajuk pada perlakuan N1 berbeda nyata dengan perlakuan kontrol, M1, M2 dan D2; namun tidak berbeda nyata dengan D1 dan N2. Inokulasi FMA berpengaruh pada bobot basah tajuk, bobot kering tajuk dan laju pertumbuhan tanaman tomat (Kuswandi dan Sugiyarto 2015), bobot kering tanaman jagung (Musfal 2008), bobot kering padi gogo (Kabirun 2002), peningkatan bobot segar dan kering akar, batang, daun, biomas serta kadar minyak nilam (Trisilawati dan Yusron 2008).

Kandungan P tajuk D2 berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan N1, namun tidak berbeda nyata dengan kontrol, M1, M2, D1 dan N2. Kandungan N tajuk tertinggi pada perlakuan kontrol berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan perlakuan M1, M2, D1, D2, N1 dan N2. *Uptake* P tajuk pada perlakuan N2 menunjukkan hasil tertinggi ($0,59 \pm 0,05$ g tanaman⁻¹) berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan kontrol ($0,22 \pm 0,03$ g tanaman⁻¹), namun tidak berbeda nyata dengan M1, M2, D1, D2 dan N1. *Uptake* N tajuk dan kandungan protein tidak menunjukkan perbedaan nyata. Pengaruh inokulasi FMA menunjukkan hasil yang beragam pada *uptake* P dan N. Inokulasi FMA berpengaruh nyata terhadap *uptake* P pada tanaman sawi (Sagala *et al.*, 2013), namun tidak berpengaruh nyata pada benih padi (Fitriyah 2012), dan tomat (Hadianur *et al.*, 2016), sedangkan *uptake* N berpengaruh nyata pada tomat yang diinokulasi *Glomus mosae*, tapi tidak berbeda nyata pada *Gigaspora* sp. dan interaksi *Glomus mosae* dan *Gigaspora* sp. (Hadianur *et al.*, 2016) serta tanaman tomat (Hadianur *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Seluruh sistem hidroponik (Manual, Drip dan NFT) dapat digunakan untuk memproduksi pupuk hayati (*biofertilizer*) berbasis FMA. Interaksi sistem NFT dan nutrisi AB Mix dengan tanaman inang *Pueraria javanica* menunjukkan hasil yang terbaik pada produksi biomasa dan produksi spora. Pengujian inokulum FMA pada *Brachiaria decumbens* var Mullato efektif dalam meningkatkan biomasa tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T & Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agriculture Research.
- Chulan, HA & Martin K. 1992. The vesicular arbuscular (VA) mycorrhiza and its effects on growth of vegetatively propagated *Theobroma cacao* L. *Plant Soil*. 144(2):227-233. doi:10.1007/BF00012879.
- Dalgaard T, Hutchings NJ & Porter JR. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agric Ecosyst Environ*. 100(1):39–51. doi:10.1016/S0167-8809(03)00152-X.
- Delvian. 2005. Respon Pertumbuhan dan Perkembangan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Tanaman terhadap Salinitas Tanah. Medan (ID): USU Repository.
- Elfiati D & Siregar EBM. 2010. Pemanfaatan kompos tandan kosong sawit sebagai campuran media tumbuh dan pemberian mikoriza pada bibit mindi (*Melia azedarach* L.). *J Hidrolitan*. 1(3)11-19.
- Fitriyah E. 2012. Pengaruh mikoriza dan umur benih terhadap derajat infeksi, serapan P, pertumbuhan dan hasil padi (*Oryza sativa* L.) dengan Metode SRI (System of Rice Intensification). *Majalah Ilmiah Solusi Unsika*. 10(22):1-11.
- [FNCA BPG] Forum for Nuclear Cooperation in Asia, Biofertilizer Project Group. 2006. *Biofertilizer Manual*. Tokyo (JP): Japan Atomic Industrial Forum.
- Hadianur S & Kesumawati E. 2016. Pengaruh Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). *J Agrista*. 20(3):126-134.
- Juge C, Samson J, Bastien C, Vierheilig H, Coughlan A & Piché Y. 2002. Breaking dormancy in spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*: a critical cold-storage period. *Mycorrhiza*. 12(1):37–42. doi:10.1007/s00572-001-0151-8.
- Kabirun S. 2002. Tanggap padi gogo terhadap inokulasi mikoriza arbuskula dan pemupukan fosfat di Entisol. *J Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 3(2): 49–56.
- Kaldorf M & Ludwig-Müller J. 2000. AM fungi might affect the root morphology of maize by increasing indole-3-butyric acid biosynthesis. *Physiol Plant*. 109(1):58-67. doi:10.1034/j.1399-3054.2000.100109.x
- Karti PDM, Budi SW & Mardatin NF. 2009. Optimalisasi kerja *mycofer* dengan augmentasi mikroorganisme tanah potensial dan asam humat untuk rehabilitasi lahan marginal dan terdegradasi di Indonesia. *J IPI*. 14(2):118-131.
- Kung'u JB. 2004. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Inoculation on Growth Performance of *Senna spectabilis*. In: *Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa*, Bationo, A. (Ed.). Nairobi (KE). Academy Science Publishers.
- Kuswandi PC & Sugiyarto L. 2015. Aplikasi Mikoriza Pada Media Tanam Dua Varietas Tomat untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman Sayur Pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *J Sains Dasar*. 4(1):17-22.
- Mosse B & Thompson JP. 1984. Vesicular-arbuscular endomycorrhizal inoculum production. I. Exploratory experiments with beans (*Phaseolus vulgaris*) in nutrient flow culture. *Can. J. Bot*. 62(7):1523-1530. doi:10.1139/b84-202.

- Mulyani A, Nursyamsi D & Harnowo D. 2017. Potensi dan Tantangan Pemanfaatan Lahan Suboptimal untuk Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Di dalam: Rahmianna AA, Harnowo D, Sholihin, Nugrahaeni N, Taufiq A, Suharsono, Yusnawan E, Ginting E, Rozi F, Hermanto, editor. *Inovasi Teknologi Lahan Suboptimal untuk Pengembangan Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Mendukung Pencapaian Kedaulatan Pangan. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*; 2016 Mei 25; Malang, Indonesia. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 16-30.
- Musfal. 2008. Efektivitas cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap pemberian pupuk spesifik lokasi tanaman jagung pada tanah inceptisol [tesis]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Patriyasari T. 2006. Efektivitas cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap pertumbuhan dan produktivitas *Cynodon dactylon* (L.) Pers yang diberi levelsalinitas berbeda [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sagala Y, Hanafiah AS & Razali. 2013. Peranan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan, Serapan P, dan Cd Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) serta Kadar P dan Cd Andisol yang diberi Fosfat Alam. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(1):487-500.
- Sanchez PA, Palm CA & Buol SW. 2003. Fertility capability soil classification, a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma*. 114(3-4):157-185. doi:10.1016/S0016-7061(03)00040-5.
- Setiadi Y. 1992. *Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas IPB. Bogor (ID): Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor.
- Siqueira JO, Sylvia D, Gibson J & Hubbel D. 1985. Spores, germination, and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Can J Microbiol*. 31(11):965-997. doi:10.1139/m85-183.
- Souza T. 2015. *Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi*. Cham (CH). International Publishing.
- Steel RGD & Torie JH. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. Edisi ke-3. Sumantri B, penerjemah. Jakarta (ID): Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: *Principle and Procedure of Statistics*.
- Trisilawati O & Yusron M. 2008. Pengaruh pemupukan P terhadap produksi dan serapan P tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Bul. Littro*. 19(1):39-46.
- Yoshitaka K & Yamamoto Y. 1986. Increase in the formation and nitrogen fixation of soybean nodules by vesicular arbuscular mycorrhiza. *Plant Cell Physiol*. 27(3): 399-405. doi:10.1093/oxfordjournals.pcp.a077116.