
Pengaruh Inokulasi *Fungi Mikoriza Arbuskular* dan Komposisi Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Bibit Cengkih Tuni (*Syzygium aromaticum* L.)

Ramadhan Solissa¹⁾, Asri S. Mahulette^{2*)}, A. Y. Wattimena²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura,

²⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233

* Korespondensi: mahulette_07@yahoo.co.id

ABSTRAK

Cengkih Tuni merupakan salah satu cengkih unggul asal Maluku yang telah dilepas oleh Kementerian Pertanian RI pada tahun 2013. Penggunaan pupuk kimiawi untuk meningkatkan produksi cengkih Tuni dapat dilakukan, akan tetapi penggunaan dalam jangka panjang dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kualitas hasil panen. Untuk itu diperlukan input teknologi budidaya ramah lingkungan sejak di pembibitan seperti pemanfaatan *FMA* dan penggunaan pupuk organik. Penelitian bertujuan untuk menguji pengaruh interaksi *FMA* dan komposisi pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit cengkih Tuni. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor. Faktor pertama adalah dosis inokulum mycofer *FMA* yang terdiri atas empat taraf yaitu 0 spora/tanaman (0 g/tanaman), 50 spora/tanaman (2 g/tanaman), 100 spora/tanaman (4 g/tanaman), 150 spora/tanaman (6 g/tanaman), 200 spora/tanaman (8 g/tanaman). Faktor kedua adalah komposisi media pembibitan berupa campuran pupuk organik dengan tanah (v/v) yang terdiri atas lima taraf yaitu tanpa pemberian pupuk organik (kontrol), tanah : pupuk organik 1:1, 2:1, 3:1, 4:1. Hasil penelitian didapatkan interaksi terbaik terdapat pada interaksi antara inokulasi *FMA* 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 terhadap hampir keseluruhan peubah pengamatan. Kolonisasi *FMA* kategori tinggi dalam penelitian didapatkan pada dosis inokulasi *FMA* 4 g/tanaman pada keseluruhan kombinasi perlakuan, sedangkan kategori sedang terdapat pada dosis inokulasi *FMA* 2, 6, dan 8 g/tanaman pada keseluruhan kombinasi perlakuannya.

Kata Kunci: arbuskular, endomikoriza, kompos, mycofer, vesikel

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation and Organic Fertilizer Composition on the Growth of Tuni Clove Seedlings (*Syzygium aromaticum* L.)

ABSTRACT

Tuni clove is one of the superior cloves from Maluku, which the Indonesian Ministry of Agriculture released in 2013. Using chemical fertilizers to increase the production of Tuni cloves can be done, but long-term use can hurt the environment and the quality of crop yields. For this reason, it is necessary to input environmentally friendly cultivation technology from the nursery, such as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and organic fertilizers. This study aimed to examine the effect of the interaction between AMF and organic fertilizer's composition on Tuni clove seedlings' growth. The study used a two-factor Randomized Block Design (RAK). The first factor was the dose of AMF mycofer inoculum, which consisted of four levels, namely 0 spores/plant (0 g/plant), 50 spores/plant (2 g/plant), 100 spores/plant (4 g/plant), 150 spores/plant (6 g/plant), 200 spores/per plant (8 g/plant). The second factor is the composition of the nursery media in the form of a mixture of organic fertilizer with soil (v/v), which consists of five levels, namely without organic fertilizer application (control), soil: organic fertilizer 1:1, 2:1, 3:1, 4:1. The results showed that the best interaction was found in the interaction between AMF inoculation of 100 spores/plant (4 g/plant) and organic fertilizer composition of 2:1 on almost all observed variables. The high category of AMF colonization in the study was found at the AMF inoculation dose of 4 g/plant in the overall treatment combination. In contrast, the medium type was found at the AMF inoculation doses of 2, 6, and 8 g/plant in the overall treatment combination.

Keywords : arbuscular, endomycorrhizal, compost, mycofer, vesicle

PENDAHULUAN

Cengkih (*Syzygium aromaticum* L.) merupakan tanaman asli Indonesia yang berasal dari Kepulauan Maluku [1,2,3]. Pemanfaatan cengkih selain sebagai bahan baku pabrik rokok kretek dan rempah, juga banyak dimanfaatkan dalam industri biofarmaka, kosmetik, parfum, serta industri makanan dan minuman [4,5]. Cengkih merupakan penyumbang pendapatan nasional dan devisa negara melalui cukai rokok dan industri lain berbahan baku minyak cengkih (*essential oil*) [3,5,6].

Pada tahun 2018 hingga 2020 luas areal cengkih di Indonesia mengalami peningkatan dari 569 052 ha menjadi 570 353 ha [7]. Produksi cengkih di Indonesia tahun 2018 tercatat 131 014 ton kemudian meningkat menjadi 134 792 ton di tahun 2019 dan meningkat lagi menjadi 137 758 ton di akhir tahun 2020. Peningkatan luas areal dan produksi cengkih secara nasional belum memenuhi kebutuhan cengkih nasional yang terus meningkat sehingga untuk memenuhi kekurangan pasokan ditempuh melalui impor cengkih. Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut dibutuhkan berbagai upaya untuk meningkatkan produktivitas cengkih di antaranya melalui penyediaan bibit cengkih unggul bermutu agar dapat menjamin peningkatan produktivitas cengkih di masa mendatang. Salah satu cengkih unggul Maluku yang berpotensi untuk dikembangkan secara meluas di tingkat petani adalah cengkih Tuni.

Cengkih Tuni merupakan salah satu cengkih unggul asal Maluku yang telah dilepas oleh Kementerian Pertanian RI sebagai varietas unggul pada tahun 2013 berdasarkan SK Kementan Nomor 4964/Kpts/SR.120/12/2013 [8]. Cengkih Tuni termasuk cengkih tipe budidaya (*cultivated type*) dari golongan aromatik yang dicirikan dengan kadar eugenolnya yang tinggi sehingga diminati di pasar rempah-rempah [5,6,9]. Meskipun memiliki potensi, akan tetapi produksi cengkih Tuni di tingkat petani masih

tergolong rendah. Produksi bunga kering cengkih Tuni di Maluku masih rendah yaitu berkisar 10.10 kg/pohon [6], dimana berdasarkan standar ditetapkan bahwa produksi cengkih umur >20 tahun dikatakan tinggi apabila memberikan hasil >25 kg/pohon [7]. Rendahnya produksi cengkih Tuni disebabkan karena sistem budidaya cengkih Tuni di Maluku masih bersifat konvensional tanpa adanya sentuhan teknologi budidaya seperti pemupukan [5,6]. Perbaikan sistem budidaya melalui penggunaan agens hayati dalam pemupukan diharapkan dapat menjamin peningkatan produktivitas dalam jangka panjang. Agens hayati seperti mikoriza telah banyak dilaporkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil cengkih dalam jangka panjang [9,11]. FMA dilaporkan banyak bersimbiosis dengan lebih dari 90% tanaman budidaya [9,12,13]. FMA dapat memfasilitasi penyerapan nutrisi mineral seperti fosfor dan nitrogen dengan meningkatkan luas permukaan penyerapan dan memobilisasi nutrisi [14,15]. FMA dapat digunakan sebagai agens hayati karena membantu penyerapan unsur hara, perlindungan terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman, dan meningkatkan hormon pertumbuhan [12][14][16][17]. Selain FMA, penambahan pupuk organik pada media pembibitan juga dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan pertumbuhan bibit cengkih di pembibitan [18][20]. Pupuk organik merupakan pembenah tanah yang bersumber dari jaringan-jaringan tanaman maupun hewan yang telah mengalami perubahan bentuk akibat proses dekomposisi [21]. Pupuk organik mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman cengkih melalui proses dekomposisi, memperbaiki tekstur dan struktur tanah serta dapat meningkatkan aktivitas mikroba di dalam tanah [20][22]. Penggunaan FMA dan pupuk organik pada pembibitan cengkih Tuni diharapkan dapat menunjang pertumbuhan bibit yang lebih baik sehingga dapat menjamin peningkatan produktivitas dalam jangka panjang.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Inokulasi FMA dan pemberian komposisi pupuk organik terhadap bibit cengkih Tuni dilakukan di rumah kaca yang berlokasi Desa Poka, Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon, sedangkan pengamatan persentase kolonisasi dilakukan di Lab. Silvikultur IPB. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga September 2022.

Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah benih tanaman cengkih Tuni, inokulum mycofer FMA produksi Laboratorium Pusat Antar Universitas (PAU)-IPB, pupuk organik, HCl 2%, KOH 10%, *Trypan blue* 0.05%, aquades, jaring naungan (paranet) 60%, polybag berukuran 17 cm x 10 cm. Peralatan yang digunakan berupa mistar ukur, jangka sorong, neraca digital, *compound microscope*, serta peralatan budidaya dan alat tulis-menulis.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor. Faktor pertama adalah dosis inokulum mycofer FMA yang terdiri atas lima taraf yaitu: 0 spora/tanaman (0 g/tanaman); 50 spora/tanaman (2 g/tanaman); 100 spora/tanaman (4 g/tanaman); 150 spora/tanaman (6 g/tanaman); dan 200 spora/tanaman (8 g/tanaman). Faktor kedua adalah komposisi campuran pupuk organik dengan tanah (v/v) (K) yang terdiri atas lima taraf yaitu: tanpa pemberian pupuk organik (0 g/tanaman); tanah: pupuk organik (1:1); tanah : pupuk organik (2:1); tanah : pupuk organik (3:1); tanah : pupuk organik (4:1).

Setiap taraf perlakuan dikombinasikan sehingga terdapat 25 kombinasi perlakuan (5 x 5). Setiap kombinasi perlakuan diulang tiga kali, maka diperoleh 75 satuan percobaan. Masing-masing satuan percobaan terdiri dari 3 tanaman sehingga keseluruhan terdapat 225 tanaman. Mycover FMA asal PAU-IPB yang

digunakan dalam penelitian mengandung 4 spesies FMA yaitu: *Glomus manuhotis*, *Glomus etunikatum*, *Gigaspora margarita* dan *Acaulospora spinosa* dengan kepadatan spora 25 spora per g tanah, dimana acuan pemberian mikoriza per tanaman adalah 100 spora per semaian, sedangkan komposisi media pembibitan berupa campuran pupuk organik dengan tanah dengan perbandingan 2:1 pada pembibitan tanaman cengkih^[23].

Prosedur Penelitian

Benih tanaman cengkih yang disemai berasal dari tanaman cengkih Tuni unggul dengan kriteria produksinya tinggi dan berumur >20 tahun. Benih dikecambakan pada wadah yang berisi media serbuk gergaji lembab selama satu bulan. Bersamaan dengan penyiapan benih, dilakukan persiapan media tanam. Media tanam yang digunakan berupa tanah dari lapisan top soil yang telah disterilisasi. Media tanah selanjutnya dicampur dengan pupuk organik sesuai perlakuan dan dimasukkan ke polybag ukuran 17 cm x 10 cm. Berat media per polybag perlakuan yang digunakan adalah 500 g/polybag. Tempat pembibitan yang digunakan adalah berupa rumah pembibitan yang telah diberi penehup berupa jaring naungan (paranet) 60% dengan tinggi bagian timur 5 m dan bagian barat 4 m. Semaian tanaman cengkih Tuni yang telah berumur 30 hari di persemaian dipindahkan ke polybag yang telah berisi media tanam yang telah dipersiapkan sebelumnya. Semaian yang dipilih memiliki kriteria sehat, berdaun 2-3 helai, serta bebas hama dan penyakit.

Inokulasi mycover FMA dilakukan terhadap bibit cengkih Tuni pada setiap polybag perlakuan bersamaan dengan pemindahan semaian. Inokulum diberikan melingkari daerah perakaran semaian cengkih Tuni pada saat pemindahan sesuai dengan dosis perlakuan. Pemeliharaan bibit meliputi penyiraman setiap pagi dan sore, penyiangan, dan pengendalian hama dan penyakit.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada akhir penelitian (3 bulan setelah tanam), dimana peubah yang diamati terdiri atas: tinggi bibit, jumlah daun, diameter batang, luas daun,

berat segar tajuk, berat segar akar, berat kering tajuk, berat kering akar, nisbah tajuk akar, dan kolonisasi FMA (%), yang dilakukan melalui teknik pewarnaan akar (staining akar). menggunakan persamaan yang dikembangkan ^[24], yaitu:

$$\text{Persentase kolonisasi} = \frac{\sum \text{bidang pandang yang terkoloni}}{\sum \text{keseluruhan bidang pandang}} \times 100 \%$$

Persentase nilai kolonisasi yang digunakan mengacu pada standar O'Connor *et al.* (2001), yaitu: tidak terkoloni (0%), rendah (<10%), sedang (10-30%), tinggi (>30%).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (uji F) pada taraf α 5%. Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap respon yang diamati, analisis data dilanjutkan dengan uji *Benda Nyata Jujur*

(BNJ) [26]. Semua peubah pengamatan dikorelasikan dengan menggunakan koefisien korelasi *pearson* untuk melihat kekuatan hubungan antar peubah. Keseluruhan analisis dilakukan menggunakan *software* STAR 2.0.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam pengaruh inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit cengkik Tuni (*Syzygium aromaticum* L.) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis Sidik Ragam Pengaruh Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Bibit Cengkik Tuni (*Syzygium aromaticum* L.) pada akhir pengamatan (3 bulan setelah tanam).

Peubah	Analisis sidik ragam		
	Inokulasi FMA	Komposisi Pupuk Organik	Interaksi
Tinggi tanaman (cm)	**	**	**
Jumlah daun (helai)	**	**	**
Diameter batang (mm)	*	*	**
Luas daun per tanaman (cm ²)	**	tn	**
Berat segar tajuk (g)	**	**	**
Berat segar akar (g)	**	**	**
Berat kering tajuk (g)	**	**	**
Berat kering akar (g)	**	**	**
Nisbah tajuk akar	**	**	tn

Keterangan: *: berbeda nyata pada α sebesar 5%, **: berbeda nyata pada α sebesar 1%; tn: tidak berbeda nyata.

Hasil rekapitulasi memperlihatkan bahwa perlakuan dosis FMA berpengaruh signifikan terhadap semua peubah pengamatan pada akhir pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang,

luas daun per tanaman, berat segar tajuk, berat segar akar, berat kering tajuk, berat kering akar, dan nisbah tajuk akar. Perlakuan berbagai komposisi pupuk organik berpengaruh signifikan terhadap seluruh peubah pengamatan pada akhir pengamatan

kecuali pada peubah luas daun per tanaman. Interaksi antara pemberian FMA dan komposisi pupuk organik pada akhir pengamatan dalam penelitian memperlihatkan pengaruh yang signifikan terhadap keseluruhan peubah pengamatan kecuali pada peubah nisbah tajuk akar.

a) Pertumbuhan tanaman

Tinggi tanaman (cm)

Interaksi antara inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik dalam penelitian

berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman cengkih pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 2) memperlihatkan bahwa tinggi tanaman tertinggi terdapat pada interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan tinggi tanaman 15.14 cm dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi FMA dan tanpa pemberian pupuk organik dimana hanya menghasilkan tinggi tanaman 6.61 cm.

Tabel 2. Rataan Tinggi Tanaman Cengkih Tuni pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada Akhir Pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	6.61 a	7.64 b	7.70 b	6.87 b	8.55 ab
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	7.47 a	8.31 b	8.37 b	8.39 a	8.07 b
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	7.63 a	10.22 a	15.14 a	8.84 a	9.60 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	6.99 a	8.34 b	8.80 b	8.40 a	9.13 ab
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	7.51 a	8.72 b	8.90 b	8.45 a	8.90 ab

BNJ : 1.23

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Hasil penelitian yang diperoleh memperlihatkan bahwa dosis FMA 4 g/tanaman (100 spora) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang digunakan dalam penelitian berada dalam kisaran optimum untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Penggunaan komposisi pupuk organik 2:1 yang digunakan dalam penelitian terbukti mampu berinteraksi dengan dosis FMA 4 g/tanaman (100 spora). Komposisi pupuk organik tersebut dianggap sebagai komposisi optimum yang mampu menyediakan hara yang diperlukan untuk pertumbuhan bibit. Selain itu penggunaan komposisi pupuk organik tersebut dianggap sebagai komposisi optimum yang mampu memperbaiki tekstur dan struktur tanah sehingga dapat membantu pertumbuhan bibit cengkih Tuni.

Jumlah daun (helai)

Interaksi antara inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman cengkih pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 3) memperlihatkan bahwa jumlah daun tanaman terbanyak terdapat pada interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan jumlah daun 9.44 helai dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi FMA dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan jumlah daun 4.11 helai.

Tabel 3. Rataan Jumlah Daun Bibit Cengkih Tuni (helai) pada Berbagai Dosis FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada Akhir Pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	4.11 c	4.16 d	4.33 e	5.44 c	5.44 b
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	6.55 b	5.89 c	6.22 d	7.27 ab	6.94 a
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	6.89 ab	8.33 a	9.44 a	7.11 ab	7.66 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	7.22 ab	7.00 b	7.22 c	7.00 b	7.55 a
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	7.44 a	8.16 a	8.11 b	7.88 a	7.44 a

BNJ : 0.88

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Dosis FMA 4 g/tanaman yang digunakan dalam penelitian dianggap mampu meningkatkan serapan hara tanaman terutama fosfor dan nitrogen melalui pemberian komposisi pupuk organik 2:1 yang digunakan sehingga penggunaan komposisi tersebut mampu menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman. Mikoriza dapat meningkatkan

serapan fosfor yang mendorong pembelahan sel pada jaringan meristematis [34].

Diameter batang (mm)

Interaksi antara inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap diameter batang tanaman cengkih pada akhir pengamatan.

Tabel 4. Rataan Diameter Batang Bibit Cengkih Tuni (mm) pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada Akhir Pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	0.83 b	1.32 a	1.43 a	1.38 a	1.38 a
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	1.46 a	1.31 a	1.26 a	1.37 a	1.42 a
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	1.40 a	1.26 a	1.56 a	1.39 a	1.51 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	1.48 a	1.29 a	1.43 a	1.45 a	1.43 a
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	1.43 a	1.28 a	1.41 a	1.33 a	1.46 a

BNJ : 0.31

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Hasil uji BNJ (Tabel 4) memperlihatkan bahwa diameter batang tanaman tertinggi terdapat pada interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan diameter batang 1.56 mm dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi FMA dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan diameter batang 0.83 mm. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa pemanfaatan FMA mampu meningkatkan penyerapan hara yang dikandung pupuk organik tersebut terutama hara nitrogen dan fosfor sehingga dapat mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman.

Luas daun per tanaman (cm²)

Interaksi antara inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap luas daun tanaman cengkih pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 5) memperlihatkan bahwa luas daun per tanaman tertinggi terdapat pada interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan luas daun 155.01 cm² dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi FMA dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan luas daun per tanaman 25.35 cm².

Tabel 5. Rataan Luas Daun per Tanaman (cm^2) pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada Akhir Pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	25.35 b	30.20 c	44.42 c	39.71 d	49.74 d
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	80.60 a	43.45 c	54.67 bc	65.89 c	57.56 cd
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	74.56 a	126.60 a	155.01 a	102.54 a	76.53 ab
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	85.44 a	77.27 b	67.50 b	76.44 bc	69.99 bc
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	89.35 a	75.05 b	66.48 b	82.43 b	87.75 a

BNJ : 15.13

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa pemberian dosis FMA dan pupuk organik tersebut dapat mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman. Mikoriza yang digunakan berperan membantu dalam penyerapan fosfor dalam pupuk organik yang digunakan sehingga dapat mendorong pembelahan sel pada jaringan meristematis tanaman^[34].

Berat segar tajuk (g)

Interaksi antara inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik dalam penelitian

berpengaruh signifikan terhadap berat segar tajuk pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 6) memperlihatkan bahwa berat segar tajuk tanaman tertinggi terdapat pada interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan berat segar tajuk 0.64 g dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi FMA dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan berat segar tajuk 0.14 g.

Tabel 6. Rataan Berat Segar Tajuk Tanaman Cengkih Tuni (g) pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada akhir pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	0.14 c	0.21 d	0.24 c	0.26 d	0.25 c
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	0.25 b	0.35 c	0.35 b	0.34 c	0.33 b
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	0.34 a	0.57 a	0.64 a	0.54 a	0.53 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	0.27 ab	0.44 b	0.37 b	0.43 b	0.40 b
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	0.29 ab	0.36 c	0.34 b	0.39 bc	0.36 b

BNJ : 0.07

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan serapan nitrogen dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- dapat terjadi melalui aktivitas mikoriza untuk mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman ^{[35][36]}. Nitrogen dimanfaatkan untuk proses fisiologi dan biokimia karena nitrogen memiliki peran dalam pembentukan klorofil. Peningkatan kandungan klorofil diduga menyebabkan aktivitas fotosintesis meningkat sehingga asimilat yang dihasilkan lebih banyak dan ditranslokasikan pada bagian tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan bibit.

Berat segar akar (g)

Tabel 7. Rataan Berat Segar Akar Tanaman Cengkih Tuni pada Berbagai Dosis Inokulasi *FMA* dan Komposisi Pupuk Organik pada akhir pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	0.10 b	0.12 c	0.17 c	0.20 b	0.15 b
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	0.14 b	0.19 b	0.24 b	0.21 b	0.28 a
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	0.25 a	0.31 a	0.32 a	0.31 a	0.25 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	0.20 a	0.23 b	0.24 b	0.26 ab	0.25 a
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	0.22 a	0.20 b	0.25 b	0.26 ab	0.24 a

BNJ : 0.06

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ α 5%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa akar tanaman yang bermikoriza mampu meningkatkan serapan hara tanaman. Akar tanaman yang bermikoriza akan meningkatkan penyerapan unsur hara P, N, K, S, Fe, Cu, Zn dan meningkatkan serapan fosfor melalui pelepasan enzim fosfatase, asam karbonat, asam organik dan jangkauan hifa eksternal untuk meningkatkan jangkauan serapan P dalam tanah ^[27].

Berat kering tajuk (g)

Interaksi antara inokulasi *FMA* dan komposisi pupuk organik dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap berat kering tajuk tanaman cengkih pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 8) memperlihatkan bahwa berat kering tajuk

Interaksi antara inokulasi *FMA* dan komposisi pupuk organik dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap berat segar akar tanaman cengkih pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 7) memperlihatkan bahwa berat segar akar tanaman tertinggi terdapat pada interaksi antara inokulasi *FMA* 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan berat segar akar 0.32 g dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi *FMA* dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan berat segar akar 0.10 g.

tanaman tertinggi terdapat pada interaksi antara inokulasi *FMA* 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan berat kering tajuk 0.36 g dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi *FMA* dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan berat kering tajuk 0.10 g.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan *FMA* dapat meningkatkan serapan hara terutama fosfor dan nitrogen dalam menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman. Mikoriza berperan meningkatkan penyerapan hara tanaman terutama fosfor melalui aktivitas enzim fosfatase ^[31]. Selain itu, *FMA* dapat memperpendek jarak jangkauan difusi P ke dalam akar melalui jalinan hifa ^[32].

Tabel 8. Rataan Berat Kering Tajuk Tanaman Cengkih Tuni (g) pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada akhir pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	0.10 b	0.14 c	0.18 d	0.17 c	0.17 c
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	0.22 a	0.26 b	0.28 c	0.24 b	0.24 b
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	0.23 a	0.33 a	0.36 a	0.32 a	0.31 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	0.23 a	0.32 a	0.32 b	0.31 a	0.31 a
200 spora/tanaman (8 g/tanaman)	0.23 a	0.34 a	0.32 b	0.31 a	0.31 a

BNJ : 0.03

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Berat kering akar (g)

Interaksi antara inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap berat kering akar tanaman cengkih pada akhir pengamatan. Hasil uji BNJ (Tabel 9) memperlihatkan bahwa berat kering akar tanaman tertinggi

terdapat pada interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang menghasilkan berat kering akar 0.14 g dan terendah pada interaksi antara tanpa inokulasi FMA dan tanpa pemberian pupuk organik yang hanya menghasilkan berat kering akar 0.01 g.

Tabel 9. Rataan Berat Kering Akar Tanaman Cengkih Tuni (g) pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada akhir pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tanaman)	Komposisi Pupuk Organik				
	0	1:1	2:1	3:1	4:1
0	0.01 a	0.02 c	0.02 d	0.03 c	0.02 b
2	0.02 a	0.06 b	0.05 c	0.06 b	0.07 a
4	0.02 a	0.13 a	0.14 a	0.13 a	0.07 a
6	0.02 a	0.07 b	0.07 b	0.06 b	0.07 a
8	0.03 a	0.07 b	0.07 b	0.07 b	0.07 a

BNJ : 0.01

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Pupuk organik yang digunakan dalam memiliki kandungan hara berupa N, P, K, Na, Ca, Mg, sehingga melalui pemberian FMA dengan dosis yang optimum dapat membantu penyerapannya. Unsur hara yang diserap terutama P merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang cukup banyak untuk pertumbuhan vegetatif tanaman. Fungsi utama unsur P bagi tanaman adalah

mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa [33].

Nisbah tajuk akar

Hasil analisis sidik ragam nisbah tajuk akar pada akhir pengamatan dalam penelitian didapatkan pengaruh yang signifikan pada faktor tunggal inokulasi FMA dan komposisi pupuk organik, akan tetapi interaksi antara keduanya tidak memperlihatkan pengaruh yang signifikan.

Hasil uji BNJ faktor tunggal FMA (Tabel 10) memperlihatkan bahwa nisbah tajuk akar tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa inokulasi FMA yang menghasilkan nisbah tajuk akar 7.52 dan

tidak berbeda nyata dengan keseluruhan dosis inokulasi FMA lainnya. Nisbah tajuk akar terendah diperlihatkan oleh dosis inokulasi FMA 4 g/tanaman yang menghasilkan nisbah tajuk akar 4.45.

Tabel 10. Rataan Nisbah Tajuk Akar Tanaman Cengkih Tuni pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA pada Akhir Pengamatan (3 bulan setelah tanam).

Dosis inokulum mycofer FMA (g)	Nisbah Tajuk Akar
0 spora/tanaman (0 g/tanaman)	7.52 a
50 spora/tanaman (2 g/tanaman)	5.66 ab
100 spora/tanaman (4 g/tanaman)	4.45 a
150 spora/tanaman (6 g/tanaman)	5.83 ab
200 spora/ per tananamn (8 g/tanaman)	6.04 ab
BNJ : 2.16	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Hasil uji BNJ faktor tunggal komposisi pupuk organik (Tabel 11) memperlihatkan bahwa nisbah tajuk akar tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa inokulasi FMA yang menghasilkan nisbah tajuk akar 8.89 dan

berbeda nyata dengan keseluruhan dosis pemberian komposisi pupuk organik lainnya. Nisbah tajuk akar terendah diperlihatkan oleh komposisi pupuk organik 1:1 yang menghasilkan nisbah tajuk akar 4.78.

Tabel 11. Rataan Nisbah Tajuk Akar Tanaman Cengkih Tuni pada Berbagai Komposisi Pupuk Organik pada Akhir Pengamatan (3 bulan setelah tanam)..

Komposisi Pupuk Organik	Nisbah Tajuk Akar
Tanpa pemberian pupuk organik	8.89 a
Tanah : komposisi media tanam (1:1)	4.78 b
Tanah : komposisi media tanam (2:1)	5.08 b
Tanah : komposisi media tanam (3:1)	4.85 b
Tanah : komposisi media tanam (4:1)	5.91 b
BNJ : 2.16	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

Mikoriza yang digunakan dalam penelitian mampu menginfeksi perakaran bibit cengkih Tuni. Selain itu pemberian pupuk organik juga mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. FMA dalam penelitian terdiri atas beberapa spesies FMA seperti *Glomus manuhotis*, *Glomus etunikatum*, *Gigaspora margarita* dan *Acaulospora spinosa*, dimana bersifat kompetibel dengan bibit cengkih Tuni. Tingkat infeksi mikoriza

sangat ditentukan oleh kecocokan mikoriza dengan tanaman, faktor lingkungan serta senyawa-senyawa kimia yang dihasilkan tanaman [28]. FMA mampu meningkatkan serapan hara, baik hara makro maupun hara mikro bagi tanaman [27].

b) Kolonisasi FMA

Hasil analisis kolonisasi FMA (Tabel 12) memperlihatkan bahwa tanpa pemberian FMA pada keseluruhan kombinasi perlakuan tidak memperlihatkan adanya kolonisasi (0%). Kolonisasi FMA tertinggi dalam penelitian

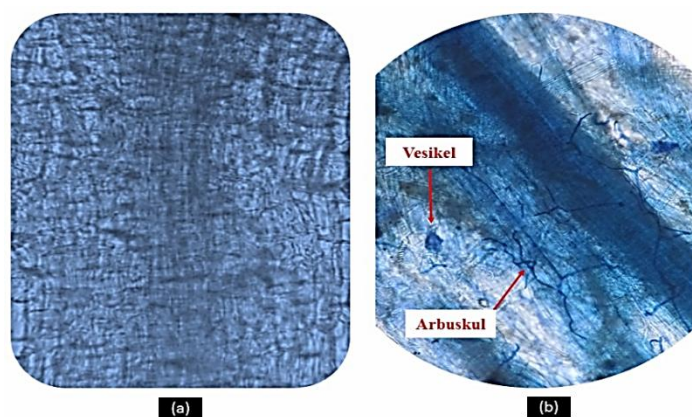
diperlihatkan oleh pemberian dosis FMA 4 g per tanaman pada keseluruhan kombinasi perlakuan yaitu berkisar 35-70%. Kisaran nilai kolonisasi tersebut berdasarkan standard termasuk dalam kategori tinggi (>30) [25].

Tabel 12. Kolonisasi FMA pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik pada akhir pengamatan (3 bulan setelah tanam).

FMA (g/tan.)	Komposisi Pupuk Organik					Kisaran kolonisasi	Standard O'Connor <i>et.al</i> (2001)
	0	1:1	2:1	3:1	4:1		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	Tidak terkoloni
2	20.00	24.00	28.00	26.00	25.00	20-28%	Sedang (10-30%)
4	35.00	40.00	70.00	60.00	50.00	35-70%	Tinggi (>30)
6	15.00	29.00	25.00	25.00	20.00	15-29%	Sedang (10-30%)
8	20.00	25.00	26.00	26.00	24.00	20-26%	Sedang (10-30%)

Kolonisasi FMA kategori sedang berdasarkan standard O'Connor *et.al* (2001) (10-30%) dalam penelitian diperlihatkan oleh dosis pemberian FMA dosis 2 g per tanaman (20-28%), 6 g per tanaman (15-29%), dan 8 g per

tanaman (20-26%) pada keseluruhan kombinasi perlakuan. Visualisasi akar sampel yang terkoloni pada akar sampel diperlihatkan berupa adanya struktur vesicle dan arbuskul pada akar sampel (Gambar 1)



Gambar 1. Kolonisasi FMA, tidak terkoloni (a), terkoloni (b)

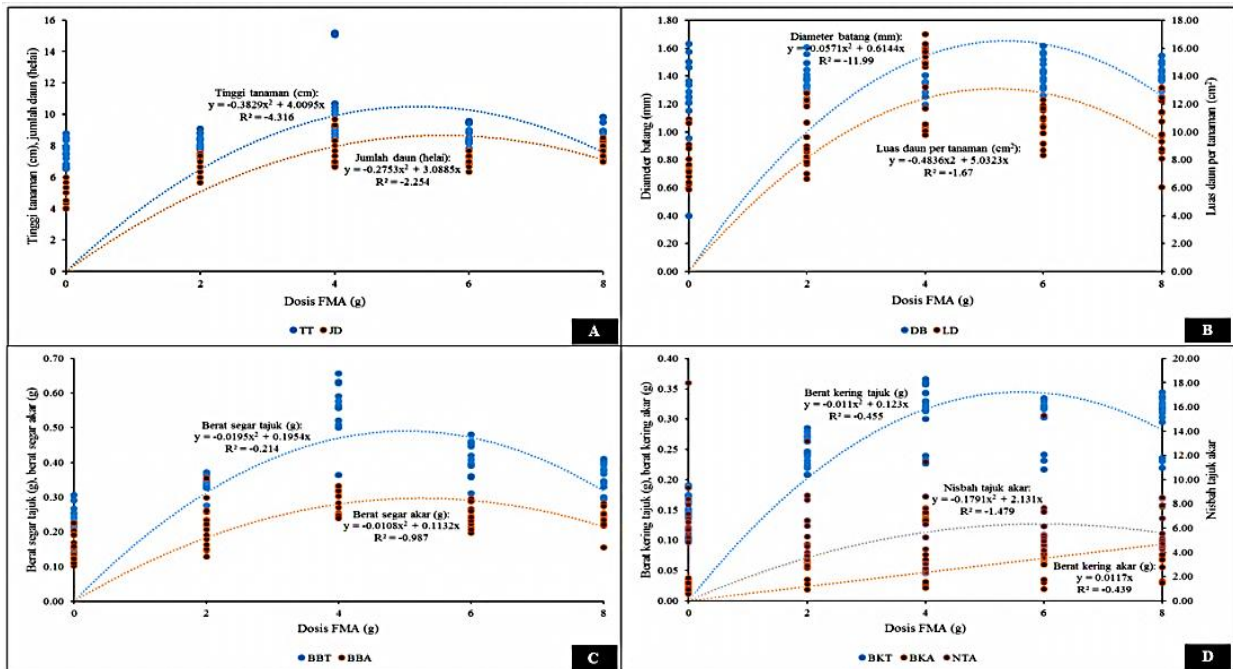
Tingginya kolonisasi pada dosis FMA 4 g/tanaman (100 spora) yang diperoleh diduga disebabkan karena ketersediaan spora dalam dosis tersebut berada dalam kisaran optimum sehingga tidak menyebabkan terjadinya kompetisi dalam pertumbuhan spora FMA.

c) Pola Respon Peubah Pengamatan Terhadap Perlakuan

Hasil pola respon dosis inokulasi FMA (Gambar 2) menunjukkan bahwa seluruh peubah pengamatan memperlihatkan pola regresi yang cenderung menaik dari penggunaan dosis FMA 2 hingga 4 g per tanaman dan kemudian menurun pada dosis 6 g hingga 8 g per tanaman, sedangkan peubah

pengamatan berat kering akar memperlihatkan pola regresi yang cenderung

menaik pada penggunaan FMA dosis 2 g hingga 8 g per tanaman.



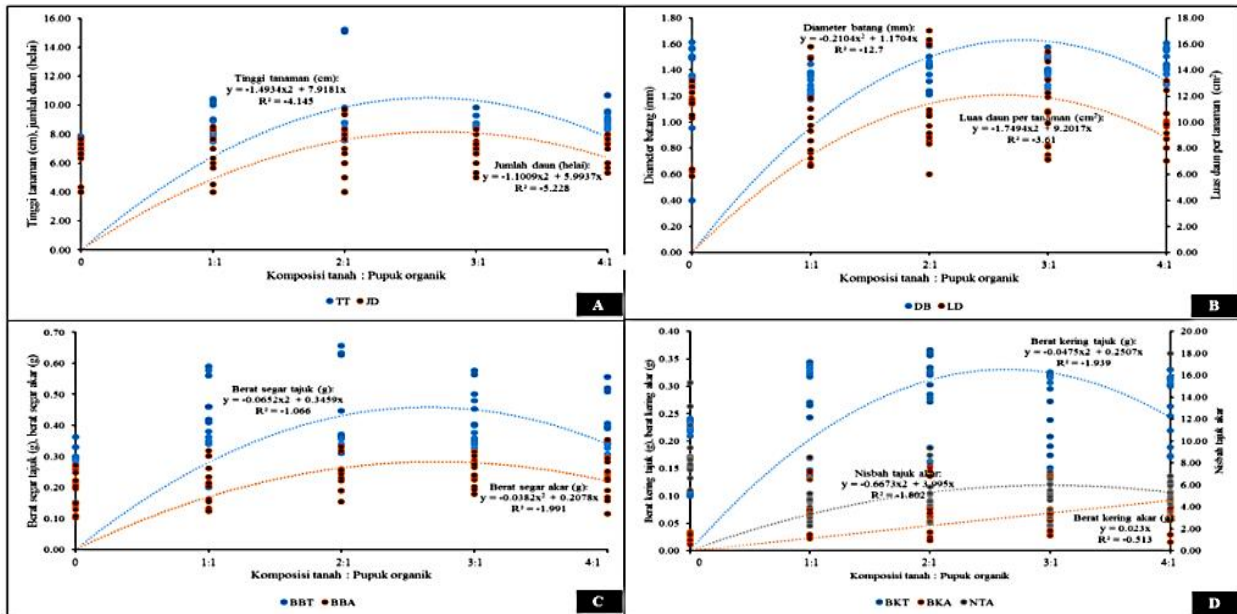
Gambar 2. Pola Respon Peubah Pengamatan Terhadap Dosis FMA

Dosis FMA 4 g/tanaman sebagai dosis optimum yang ditunjukkan oleh kurva korelasi memperlihatkan bahwa pemberian FMA akan meningkatkan pertumbuhan tanaman hingga mencapai dosis 4 g/tanaman dan kemudian menurun pada dosis di atasnya. Selain itu adanya kompatibilitas yang tinggi antara dosis FMA 4 g/tanaman dengan bibit cengkik Tuni yang digunakan juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan tingginya kolonisasi. Penggunaan FMA yang kompetibel dengan tanaman inang memiliki beberapa keuntungan di antaranya efektif dan dapat dengan cepat mengenali inangnya serta lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan [37]. Faktor yang mempengaruhi perkembangan tanaman juga merupakan faktor yang mempengaruhi perkembangan mikoriza sehingga penggunaan mikoriza yang kompatibel dapat meningkatkan kolonisasi [38].

Hasil pola respon komposisi pupuk organik (Gambar 3) terhadap peubah

pengamatan menunjukkan bahwa keseluruhan peubah pengamatan memperlihatkan pola regresi yang cenderung menaik pada penggunaan komposisi pupuk organik 1:1 hingga 2:1, akan tetapi akan menurun pada komposisi pupuk organik 3:1 hingga 4:1, kecuali pada peubah pengamatan berat kering akar yang memperlihatkan pola regresi yang terus menaik seiring dengan bertambahnya komposisi pupuk organik dari komposisi 1:1 hingga 4:1 (Gambar 3).

Komposisi pupuk organik 2:1 sebagai komposisi optimum yang ditunjukkan oleh kurva korelasi memperlihatkan bahwa pemberian pupuk organik akan meningkatkan pertumbuhan tanaman hingga mencapai komposisi 4:1 dan kemudian menurun pada komposisi di atasnya. Pupuk organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga tanah mampu menyimpan dan menyediakan air [29], serta meningkatkan pertumbuhan akar dan penyerapan hara bagi tanaman [30].



Gambar 3. Pola respon peubah pengamatan terhadap komposisi pupuk organik

d) Korelasi Antar Peubah Pengamatan

Hasil korelasi memperlihatkan bahwa tinggi tanaman dan jumlah daun berkorelasi positif dengan keseluruhan peubah pengamatan. Selanjutnya diameter batang berkorelasi positif dengan peubah lainnya kecuali dengan peubah berat kering akar dan nisbah tajuk akar yang memperlihatkan tidak adanya korelasi. Luas daun memperlihatkan adanya korelasi dengan keseluruhan pengamatan peubah kecuali dengan peubah nisbah tajuk akar yang memperlihatkan tidak

adanya korelasi. Berat segar tajuk berkorelasi positif dengan berat segar akar, berat kering tajuk, berat kering akar, dan nisbah tajuk akar. Berat segar akar berkorelasi positif dengan berat kering tajuk, berat kering akar, dan nisbah tajuk akar. Berat kering tajuk berkorelasi positif dengan berat kering akar dan nisbah tajuk akar. Berat kering akar berkorelasi positif dengan nisbah tajuk akar. Hasil korelasi positif tersebut artinya semakin bertambahnya suatu peubah vegetatif akan diikuti oleh peningkatan pertumbuhan peubah vegetatif lainnya.

Tabel 12. Korelasi Antar Peubah Pengamatan pada pada Berbagai Dosis Inokulasi FMA dan Komposisi Pupuk Organik

	TT	JD	DB	LD	BST	BSA	BKT	BKA	NTA
TT	1.0000								
JD	0.0000**	1.0000							
DB	0.0116*	0.0009**	1.0000						
LD	0.0000**	0.0000**	0.0018**	1.0000					
BST	0.0000**	0.0000**	0.0126*	0.0000**	1.0000				
BSA	0.0000**	0.0000**	0.0044**	0.0000**	0.0000**	1.0000			
BKT	0.0000**	0.0000**	0.0094**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	1.0000		
BKA	0.0000**	0.0000**	0.1480tn	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	1.0000	
NTA	0.0000**	0.0103*	0.7255tn	0.0888tn	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000**	1.0000

Keterangan: Peubah pengamatan: TT (tinggi tanaman), JD (jumlah daun), DB (diameter batang), LD (luas daun), BST (berat segar tajuk), BSA (berat segar akar), BKT (berat kering tajuk), BKA (berat kering akar), NTA (nisbah tajuk akar)

Hasil korelasi tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan pertumbuhan suatu peubah vegetatif akan diikuti oleh peningkatan pertumbuhan vegetatif lainnya sebagai akibat adanya interaksi perlakuan. Dosis FMA 4 g/tanaman (100 spora) dan komposisi pupuk organik 2:1 yang didapatkan dalam penelitian berada dalam kisaran optimum, dimana interaksi tersebut mampu mendorong peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman yang diperlihatkan pada korelasi antar peubah pertumbuhan vegetatif tanaman.

KESIMPULAN

1. Interaksi antara inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan komposisi pupuk organik 2:1 menghasilkan nilai tertinggi pada hampir keseluruhan peubah pengamatan (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, luas daun per tanaman, berat segar tajuk dan akar, serta berat kering tajuk dan akar), kecuali pada peubah nisbah tajuk akar.
2. Nisbah tajuk akar tertinggi diperlihatkan pada faktor tunggal tanpa inokulasi FMA dan faktor tunggal tanpa pemberian pupuk organik, sedangkan nisbah tajuk akar terendah terdapat pada faktor tunggal dosis inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) dan faktor tunggal komposisi pupuk organik 1:1.
3. Kolonisasi FMA kategori tinggi pada inokulasi FMA 100 spora/tanaman (4 g/tanaman) pada keseluruhan kombinasi perlakuan, sedangkan kategori sedang pada dosis inokulasi FMA 2, 6, dan 8 g/tanaman pada keseluruhan kombinasi perlakuannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Milind dan K. Deepa, "Clove: A champion spice," *International Journal of Research in Ayurveda & Pharmacy*, vol. 2, no. 1, pp. 47–54, 2001.
- [2] A. Alfian, A. S. Mahulette, M. Zainal, Hardin, dan A. H. Bahrin, "Morphological character of raja clove (*Syzygium aromaticum* L. Merr & Perry.) native from Ambon Island," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 343, 012150, pp. 1–4, 2019.
- [3] A. S. Mahulette, Hariyadi, S. Yahya, A. Wachjar, dan A. Alfian, "Morphological traits of Maluku native forest clove (*Syzygium aromaticum* L. Merr & Perry.)," *Journal of Tropical Crop Science*, vol. 6, no. 2, pp. 105–111, 2019
- [4] A. S. Mahulette, Hariyadi, S. Yahya, dan A. Wachjar, "Physico-chemical properties of clove oil from three forest clove accession groups in Maluku". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 418, 012028, pp. 1–8, 2020.
- [5] Hariyadi, A. S. Mahulette, S. Yahya, dan A. Wachjar, "Morphological characters and essential oil constituents extracted of two clove varieties (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry.) from Ambon Island, Indonesia," *Plant Archives*, vol. 20, no. 1, pp. 2208–2214, 2020.
- [6] Hariyadi, A. S. Mahulette, S. Yahya, dan A. Wachjar, "Agro-morphologies and physicochemical properties of flower bud, stem and leaf oils in two clove varieties (*Syzygium aromaticum* L. Merr. and Perry.) originated from Ambon island," *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, vol. 19, no. 3, pp. 516–530, 2020
- [7] Ditjenbun, *Statistik Perkebunan Indonesia 2018-2020 (Cengkeh)*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian, 2020.
- [8] Kementan, *SK Kementan Nomor 4964/Kpts/SR.120/12/2013 Tentang Pelepasan Cengkih Tuni Bursel, Sebagai Varietas Unggul*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian, 2013

- [9] A. S. Mahulette, A. Alfian, J. Situmorang, A. J. Matatula, A. K. Kilkoda, J. I. Nendissa, dan A. Y. Wattimena, "Type and morphological character of local clove (*Syzygium aromaticum*) from Maluku, Indonesia," *Biodiversitas*, vol. 23, no. 3, pp. 1301–1309, 2022
- [10] C. Thomsen, L. Loverock, V. Kokkoris, T. Holland, P. A. Bowen, dan M. Hart, "Commercial arbuscular mycorrhizal fungal inoculant failed to establish in a vineyard despite priority advantage," *PeerJ*, vol. 9, no. e11119, pp.1–20, 2021
- [11] A. O. T. Putri, B. Hadisutrisno, dan A. Wibowo, "Pengaruh inokulasi mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan bibit dan intensitas penyakit bercak daun cengkeh," *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, vol. 10, no. 2, pp. 145–154, 2016.
- [12] L. Meng, A. K. Srivastava, K. Kuča, B. Giri, M. M. Rahman, dan Q. Wu, "Interaction between earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi in plants: a review", *Phyton*, vol. 90, no. 3, 2021
- [13] W. Wang, J. Shi, Q. Xie, Y. Jiang, N. Yu, dan E. Wang, "Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis," *Molecular Plant*, 2017
- [14] S. Nacoon, S. Jogloy, N. Riddech, W. Mongkolthanaruk, J. Ekprasert, J. Cooper, dan S. Boonlue, "Combination of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on growth and production of *Helianthus tuberosus* under field condition," *Scientific Reports*, vol. 1, no. 6501, pp. 1–10, 2021.
- [15] L. Ishaq, A. S. J. A. Tae, M. A. Airthur, dan P. O. Bako, "Effect of single and mixed inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer application on corn growth in calcareous soil", *Biodiversitas*, vol. 22, no. 4, pp. 1920–1926, 2021.
- [16] L. Setyaningsih, F. A. Dikdayatama, dan A. S. Wulandari, "Arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium enhance the growth of *Samanea saman* (trembesi) planted on gold-mine tailings in Pongkor, West Java, Indonesia LULUK," *Biodiversitas*, vol. 21, no. 2, pp. 611–616, 2020.
- [17] I. Yassir, dan R. M. Omon, "Hubungan potensi antara cendawan mikoriza arbuskula dan sifat-sifat tanah di lahan kritis," *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, vol. 3, no. 2, pp. 107–115, 2006.
- [18] Y. Yusdian, dan R. Haris, "Response on the Growth of Clove Seedling Cultivar Zanzibar as the Result of Using NPK Phonska Fertilizer Dosage and Liquid Organic Fertilizer," *Paspalum*, vol. 4, no. 1, pp. 59–65, 2016.
- [19] R. Sulistianingrum, dan A. Wachjar, "The growth of young clove plant (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr Perr) on several dosage of organic fertilizer and shading intensity," *Bul. Agrohorti*, vol. 3, no. 1, pp. 87–94, 2015.
- [20] S. Launuru, A. Wachjar, dan A. Kurniawati, "Plant growth response of clove (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. Perr.) with the application of organic-inorganic fertilizers and triacontanol," *J. Agron. Indonesia*, vol. 47, no. 3, pp. 326–332, 2019.
- [21] N. Y. Wijana, dan G. M. Adnyana, "Aplikasi jenis pupuk organik pada tanaman padi sistem pertanian organik," *E-jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 2012.
- [22] S. A. I. Saenab, M. H. I. Muhdar, F. Rohman, dan A. N. Arifin, "Pemanfaatan limbah cair industri tahu sebagai pupuk organik cair (POC) guna mendukung program lorong garden (longgar) kota Makassar," *Prosiding Seminar Nasional Megabiodiversitas Indonesia*, pp. 31–38, 2018
- [23] Ruhnyat dan Wahyudi, *Petunjuk Teknis Pembenhian Cengkeh*. Bogor (ID):

- Balitto, 2012.
- [24] M. C. Brundrett, N. Bougherr, B. Dells, T. Grove, dan N. Malajezuk "Working With mycorrhizas In Forestry and Agriculture. Canberra (AU): Australian Centre for International Agriculture Research, 1996.
- [25] P. J. O'Connor, S. E. Smith, dan F. A. Smith, "Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Simpson Desert," *Australian Journal of Botany*, vol. 49, pp. 493–499, 2001.
- [26] A. A. Mattjik, dan I. M. Sumertajaya, *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Bogor (ID): IPB Press, 2013
- [27] E. Kartika, M. D. Duaja, dan Gusniwati, "Pertumbuhan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM I) pada pemberian mikoriza indigen dan dosis pupuk organik di lahan marjinal," *Biospecies*, vol. 9, no. 1, pp. 29–37, 2016
- [28] H. Widyastuti, E. Guhardja, N. Soekarno, L. K. Darusman, D. H. Goenadi, dan Smith, "Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskular sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit," *Jurnal Menara Perkebunan*, vol. 6, pp. 26-34, 2005.
- [29] R. P. Scotti, A. E. Conte, G. Berns, M. A. Alonzo, dan Rao, "Effect of organic amendments on the evolution of soil organic matter in soils stressed by intensive agricultural practices," *Cur. Organic. Chem*, vol. 17, pp. 2998-3005, 2013.
- [30] N. R. Triadiati, Y. Mubarik, dan Ramasita, "Respon pertumbuhan tanaman kedelai terhadap Bradyrhizobium japonicum toleran masam dan pemberian pupuk di tanah masam," *J. Agron. Indonesia*, vol. 41, pp. 24-31, 2013.
- [31] F. Borie, R. Rubio, J. L. Rouanet, A. Morales, G. Borie, dan C. Rojas, "Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol," *Soil Till Res*, vol. 88, pp. 253– 261, 2006.
- [32] H. Nowaki, M. Masatake, T. Chiharu, O. Ryo, O. Mitsuru, dan E. Tatsuhiro, "Polyphosphate has a central role in the rapid and massive accumulation of phosphorus in extraradical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus," *New Phytol*, vol. 186, pp. 285-289, 2010.
- [33] M. M. Sutedjo, *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta : Rineka Cipta, 2008.
- [34] Muzzakir dan W. Hardaningsih, Efek Fungi Mikoriza Arbuskular dan pupuk hijau terhadap tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) di Lahan Kritis Tanjung Alai Sumatera Barat," *Prosiding Seminar Bidang Bidang Ilmu – Ilmu Pertanian BKS – PTN Wilayah Barat*, 2010
- [35] E. George, H. Marschner, dan I. Jakobsen, "Role of arbuscular fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil," *Crit. Rev. Biotechnol*, vol. 15, no. 3, pp. 257–270, 1995.
- [36] R. Quiment, C. Camire, dan V. Furlan, "Effect of soil K, Ca, Mg Saturation and endomycorization on growth and nutrient uptake of sugar maple seedlings," *Plant and Soil*, vol. 179, pp. 145–152, 1996.
- [37] Delvian, "Peranan Ekologi dan Agronomi Cendawan Mikoriza Arbuskular. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan, 2006.
- [38] F. L. Pflieger, dan R. G. Linderman, "Mycorrhizae and Plant Health. APS Press. The American Phytopathology Society. St. Paul, Minnesota, 274, 1996.