

**INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) DAN
PEMBERIAN ARANG TEMPURUNG KELAPA DALAM
MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT MALAPARI
(*Pongamia pinnata* (L) Pierre) PADA TANAH ULTISOL**

Rike Puspitasari Tamin¹, Rizky Ayu Hardiyanti¹, Nurpajriana^{*1}

¹Fakultas Pertanian, Jurusan Kehutanan, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi-Muara Bulian KM. 15 Mendalo Indah, Kode Pos 36361, Indonesia

E-mail : senjacadahaya53@gmail.com

ABSTRAK

INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) DAN PEMBERIAN ARANG TEMPURUNG KELAPA DALAM MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT MALAPARI (*Pongamia pinnata* (L) pierre) PADA TANAH ULTISOL (Nurpajriana dibawa bimbingan Ir.Rike Puspitasari Tamin.,S.Hut., M.Si., IPM dan Rizky Ayu Hardiyanty, S.Hut., M.Si).

Penggunaan bahan bakar minyak terus meningkat berbanding lurus dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk, karena itu Indonesia harus dapat memanfaatkan kekayaan alam berupa flora dan fauna, salah satunya adalah pemanfaatan malapari (*Pongamia pinnata* (L) pierre). Malapari memiliki kandungan minyak 30–40% di dalam bijinya yang dapat di manfaatkan sebagai bahan bakar minyak, selain itu malapari merupakan tanaman yang dapat tumbuh pada tanah kritis sehingga dapat dijadikan tanaman rehabilitasi. Hal tersebut menjadi alasan bahwa malapari perlu untuk dikembangkan dan dibudidayakan. Kemampuan hidup malapari pada tanah yang kurang baik membuat malapari cocok dijadikan tanaman rehabilitasi.

Provinsi Jambi memiliki jenis tanah ultisol yang tersebar luas yang merupakan lahan kering, memiliki ciri pH dan P-tersedia yang rendah serta kandungan Fe dan Al yang tinggi, P yang tersedia didalam tanah ultisol ini dikarenakan adanya fiksasi tinggi oleh mineral Al dan Fe sehingga sulit diserap oleh tanaman. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat tanah ultisol yaitu dengan cara pemberian bahan organik berupa arang tempurung kelapa dan penambahan mikoriza dengan dosis yang tepat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mempelajari pengaruh interaksi dan dosis yang terbaik pada pemberian inokulum FMA dan arang tempurung kelapa terhadap pertumbuhan bibit Malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) pada tanah ultisol.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium hutan pendidikan dan Pembibitan jurusan kehutanan, Laboratorium Silvikultur Jurusan Kehutanan, Laboratorium Dasar dan Terpadu Universitas Jambi. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari bulan Juni sampai Desember 2020. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor utama yaitu FMA dengan dosis 0g, 5g, 10g, 15g. Faktor kedua yaitu arang tempurung kelapa dengan dosis 10% dan 20%.

Hasil penelitian ini tidak menunjukkan respons yang nyata pada variabel pengamatan yaitu pertambahan tinggi, diameter, jumlah daun, berat kering akar (BKA) dan berat kering tajuk (BKT) namun berbeda sangat nyata pada persen akar bermikoriza.

Kata kunci : *Pongamia Pinnata* (L) Pierre, FMA, Arang Tempurung Kelapa, Ultisol

ABSTRACT

INNOCULATION OF ARBUSCULA MYCORIZA FUNGI (FMA) AND COCONUT SHELL CHARCOAL IN INCREASING THE GROWTH OF MALAPARI (*Pongamia pinnata* (L) pierre) SEEDS IN ULTISOL SOIL (Nurpajriana under the guidance of Ir.Rike Puspitasari Tamin., IPM. and Rizky Ayu Hardiyanty, S.Hut., M.Si).

*The use of fuel oil continues to increase in direct proportion to the high rate of population growth, therefore Indonesia must be able to take advantage of natural wealth in the form of flora and fauna, one of which is the use of malapari (*Pongamia pinnata* (L) pierre). Malapari has 30-40% oil content in its seeds which can be used as fuel oil, besides malapari is a plant that can grow on critical soil so that it can be used as a rehabilitation plant. This is the reason that malapari needs to be developed and cultivated. Malapari's ability to survive on poor soil makes it suitable as a rehabilitation plant.*

*Jambi Province has a widespread type of ultisol soil which is dry land, has the characteristics of low pH and available P and high Fe and Al content. by plants. One way to improve the soil properties of ultisols is by giving organic matter in the form of coconut shell charcoal and the addition of mycorrhizae with the right dose. The purpose of this study was to study the effect of interaction and the best dose of AMF inoculum and coconut shell charcoal on the growth of Malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) seedlings on ultisol soil.*

This research was carried out in the forest education and nursery laboratory of the forestry department, the silviculture laboratory of the forestry department, the basic and integrated laboratory of Jambi University. This study was conducted for 6 months starting from June to December 2020. This study used a completely randomized design (CRD) with two main factors, namely AMF with doses of 0g, 5g, 10g, 15g. The second factor is coconut shell charcoal with a dose of 10% and 20%.

The results of this study did not show a significant response to the observed variables, namely the increase in height, diameter, number of leaves, root dry weight (BKA) and shoot dry weight (BKT) but were very significantly different in the percent of mycorrhizal roots.

*Keywords : *Pongamia Pinnata* (L) Pierre, FMA, Coconut Shell Charcoal, Ultisol*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumberdaya alam berupa minyak nabati, baik itu lemak pangan ataupun lemak non-pangan. Kemajuan zaman pada era saat ini menyebabkan tingginya permintaan akan minyak non pangan sebagai sumber tenaga mesin yang digunakan dalam mempermudah pekerjaan manusia. Penggunaan bahan bakar minyak terus meningkat berbanding lurus dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk karena itu Indonesia harus dapat memanfaatkan kekayaan alam yang berupa flora dan fauna, salah satunya adalah pemanfaatan malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).

Malapari tumbuh alami di hutan dataran rendah pada tanah berkapur dan batu karang di pantai, tanah berpasir, tanah liat berpasir, tanah liat yang bergumpal-gumpal sepanjang tepi hutan bakau dan sepanjang aliran sungai pasang surut (Putri *et al.*, 2013 dan Febritasari *et al.*, 2016). Kemampuan hidup malapari pada tanah yang kurang baik membuat malapari cocok dijadikan tanaman rehabilitasi.

Malapari juga merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat, kayu dari malapari dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar, pengendali erosi, tanaman obat, dan sebagai tanaman rehabilitasi (Alimah, 2010). Daun digunakan sebagai pakan ternak dan juga sebagai pupuk hijau. Daun kering digunakan untuk mengusir serangga. Zat aktif dari daun digunakan untuk mengusir dingin, batuk, diare, dispepsia, perut kembung, gonorrhoe, dan kusta (Muthu *et al.*, 2006). Menurut Dwivedi *et al.* (2011) biji malapari mengandung 30–40% minyak nabati, hal-hal tersebut menjadi alasan bahwa tanaman malapari perlu untuk dikembangkan dan dibudidayakan. Mengembangkan dan membudidayakan malapari membutuhkan ketersediaan media tanam yang memadai yaitu tanah yang dapat di gunakan adalah tanah *top soil* yang mengandung bahan-bahan alami yang merupakan sumber unsur hara yang baik bagi tanaman, namun dengan banyaknya kerusakan hutan yang di akibatkan *illegal logging* mengakibatkan tutupan lahan menjadi berkurang sehingga membuat air hujan jatuh langsung ke permukaan tanah dan mengakibatkan pengikisan unsur hara yang ada di bagian atas tanah. Seiring dengan banyaknya penggunaan media untuk pembibitan maka kebutuhan tanah lapisan atas (*topsoil*) untuk media semakin sulit didapatkan. Oleh sebab itu tanah ultisol dapat di jadikan alternatif untuk digunakan sebagai media pembibitan.

Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006) Tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran terluas, yaitu mencapai 45.794.000 hektar atau hampir 25 % dari total seluruh daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan yaitu sekitar 21.938.000 hektar, dengan tingkat produktivitas lahan sangat rendah. Propinsi Jambi memiliki kondisi tanah yang umumnya didominasi oleh tanah ultisol dengan luas tanah ultisol di Provinsi Jambi yaitu $\pm 2.272.725$ ha atau 44,56 % dari luas daratan Provinsi Jambi (Badan Pertanahan Nasional, 2007). Hal ini sesuai juga dengan pernyataan Dinas Pertanian Tanaman Pangan (2010) bahwa Terdapat $\pm 2,72$ juta ha atau 53,46% dari luas tanah di Provinsi Jambi yang merupakan jenis tanah dengan ordo ultisol.

Menurut Hardjwigono (2015) tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang berada di bawah lapisan tanah *top soil*, ultisol memiliki ciri pH dan P-tersedia yang rendah serta kandungan Fe dan Al yang tinggi, P yang tersedia didalam tanah ultisol ini dikarenakan adanya fiksasi tinggi oleh mineral Al dan Fe sehingga sulit diserap oleh tanaman. Jenis tanah pada lahan kering masam yang mempunyai tingkat kesuburan dan produktivitas lahan yang rendah perlu diperbaiki yaitu dengan cara melakukan pemberian pupuk dan bahan organik (Kristiono dan Subandi 2013).

Menurut Suntoro (2003) bahan organik tanah adalah salah satu bahan yang dapat membentuk agregat tanah, yang memiliki fungsi sebagai perekat antara partikel tanah yang kemudian bersatu menjadi agregat tanah sehingga peranan bahan organik sangat penting dalam pembentukan struktur tanah. Bahan organik yang dapat digunakan salah satunya adalah arang tempurung kelapa.

Arang tempurung kelapa di gunakan sebagai campuran media tanam untuk memperbaiki sifat fisik tanah. Menurut penelitian Soemeinaboedhy dan Tejowulan (2007), di dalam arang tempurung kelapa terdapat kandungan P dan K yang berfungsi sebagai penyedia unsur hara dan juga dapat berfungsi sebagai pembenah tanah (*soil amendment*), yang pengaruhnya sangat diperlukan untuk memperbaiki sifat fisik tanah yang di butuhkan dalam melakukan perbaikan pada media tanam yang memiliki unsur hara yang sedikit.

Arang tempurung kelapa mengandung unsur-unsur esensial seperti K, P, Na dan Mg, salah satu unsur yang paling banyak dalam arang tempurung kelapa adalah Kalium, yang dapat digunakan sebagai pengganti unsur kalium yang berasal dari pabrik karena itu, arang tempurung dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Peranan utama unsur kalium bagi tanaman adalah untuk membentuk protein dan karbohidrat serta memperkuat tubuh tanaman agar bunga dan buah tidak berguguran. Apabila terjadi kekurangan unsur kalium, maka daun tanaman akan memperlihatkan

wujud keriting dan mengerut, terutama pada daun yang tua, kemudian bercak kecoklatan, menguning dan akhirnya tanaman mati (Anonim, 1998 dalam Mashud, 2006). Menurut penelitian Winata (2014) pada media bekas tambang pasir dengan penambahan subsoil dan arang tempurung kelapa kombinasi 500g subsoil dan 20g arang tempurung kelapa memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan semai jabon (*Anthocephalus cadamba*).

Menurut Budi *et al.* (2015) penambahan arang tempurung kelapa mampu menyediakan unsur hara bagi FMA dan tanaman sehingga kombinasi keduanya dapat meningkatkan pertumbuhan semai yang lebih baik. Arang tempurung kelapa selain sebagai penyedia unsur hara dan memperbaiki sifat fisik tanah dapat meningkatkan perkembangan FMA sampai dosis 10%. Penggunaan arang mampu memperbaiki sirkulasi air dan udara di dalam tanah, meningkatkan pH tanah, memudahkan terjadinya pembentukan dan peningkatan jumlah spora dari ektomikoriza maupun endomikoriza sehingga dapat merangsang pertumbuhan akar serta memberikan habitat yang baik untuk pertumbuhan semai tanaman (Ogawa 1989 dalam Budi *et al.*, 2015).

Mikoriza merupakan mikroorganisme berupa jamur yang bersimbiosis dengan akar tanaman yang mampu membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit akar atau pun tanah, meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur-unsur hara penting yang terdapat dalam tanah, serta meningkatkan aerasi dalam tanah. Penggunaan FMA dapat membantu memperkecil keterbatasan akar pada penyerapan hara dan air di dalam tanah, dengan adanya hifa akan membantu penyerapan hara yang tidak tersedia bagi tanaman (Smith dan Read, 2008). Penambahan pupuk organik, mikoriza, 10 gram dan *Trichoderma* spp sampai umur 6 bulan di persemaian menunjukkan peningkatan kualitas pertumbuhan bibit malapari dan nyamplung di persemaian dengan peningkatan diameter dan rasio pucuk akar yang paling besar (Benyamin dan Aditya, 2017). Hasil penelitian Annadira *et al.* (2014) menyatakan bahwa pemberian mikoriza sebanyak 10 gram pada semai Jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb.) dengan media tanah dan pasir (3:1) memberikan hasil yang baik pada tinggi tanaman, diameter tanaman, berat kering akar, berat kering tajuk dan jumlah daun terhadap control. Menurut penelitian Tamin dan Puri (2019) pemberian mikoriza pada malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) dengan media tanam ultisol menunjukkan bahwa pemberian mikoriza sebanyak 5g/tanaman memberikan pertambahan diameter yang baik bagi tanamna.

II. METODE METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di hutan Laboratorium Hutan pendidikan dan Hutan Pembibitan, Laboratorium Silvikultur Jurusan Kehutanan, Laboratorium Dasar dan Terpadu Universitas Jambi, Desa Mendalo Indah Kecamatan Jambi Luar Kota Kabupaten Muaro Jambi. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari bulan Juni sampai Desember 2020.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih Malapari (*Pongamiapinnata* (L) Pierre) yang berasal dari Balai Penelitian, Pengembangan dan Invormasi Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pembenihan Tanaman Hutan, Tanah Ultisol, Arang Tempurung Kelapa, Inokulum FMA (*Gigaspora* sp, *Glomus manihotis*, *Glomus stunicatum* dan *Acaulospora* sp) yang berasal dari Laboratorium Bioteknologi Hutan Universitas Institut Pertanian Bogor. Bahan untuk mengamati persen akar terinfeksi yaitu larutan KOH 10%, larutan HCl 1N, *gliserol*, aquades dan *tryphan blue*.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, *polybag* ukuran 10cm x 15cm, timbangan digital, timbangan manual, kertas label, *oven*, jangka sorong, pengaris, plastik kaca, *object glass*, *cover glass*, paranet 50% (cahaya masuk 50%), plastik setek, *thermohygrometer*, kamera, cat warna putih, benang dan *autoclave*, mikroskop digital.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola factorial yang terdiri dari dua faktor dengan 3 kali ulangan. Adapun faktor pertama dalam perlakuan ini adalah dosis mikoriza (m) yang terdiri dari empat taraf yaitu:

m_0 = Tanpa FMA/ bibit (kontrol)

m_1 = 5 g/ bibit

m_2 = 10 g/ bibit

m_3 = 15 g/bibit

Sedangkan, untuk faktor kedua adalah media tanam yang terdiri dari tiga taraf yaitu:

a_0 = Tanpa arang tempurung kelapa

a_1 = Dengan arang tempurung kelapa 10% (v/v)

a_2 = Dengan arang tempurung kelapa 20% (v/v)

Tabel 1. Satuan percobaan dalam penelitian

Satuan percobaan	a_0	a_1	a_2
m_0	m_0a_0	m_0a_1	m_0a_2
m_1	m_1a_0	m_1a_1	m_1a_2
m_2	m_2a_0	m_2a_1	m_2a_2
m_3	m_3a_0	m_3a_1	m_3a_2

Dari kedua faktor terdapat 12 satuan percobaan yang diulang sebanyak 3 kali sehingga di dapatkan 36 satuan percobaan. Setiap perlakuan terdiri dari 5 bibit tanaman malapari yang di tanam, 3 di antaranya digunakan sebagai tanaman sampel sehingga total tanaman sampel adalah 108 bibit. Dari 3 tanaman sampel 2 diantaranya diambil sebagai sampel destruktif.

Model umum rancangan percobaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + m_i + a_j + (mn)_{ij} + e_{ijk}$$

Dimana,

Y_{ijk} = Nilai pengamatan faktor media tanam taraf ke- i , faktor pemberian arang tempurung kelapa taraf ke- j dan pada kelompok ke- k

μ = Nilai rata-rata umum (rata-rata populasi)

m_i = Pengaruh faktor dosis inokulai FMA taraf ke- i

a_j = Pengaruh faktor pemberian arang tempurung kelapa taraf ke- j

mp_{ij} = Pengaruh interaksi antara faktor dosis inokulai FMA taraf ke- i dan faktor pemberian arang tempurung kelapa taraf ke- j

e_{ijk} = Pengaruh galat pada faktor dosis inokulai FMA taraf ke- i dan faktor pemberian arang tempurung kelapa taraf ke- j

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Semai

Semai yang digunakan berasal dari perbanyakan generatif. Benih (*Pongamia pinnata* (L) Pierre yang berasal dari Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pembenihan Tanaman Bogor. Benih yang digunakan adalah benih yang sudah dipilih, memiliki ukuran yang relatif sama,

dan memiliki warna cokelat. Untuk media yang digunakan dalam pengecambahan ini adalah media pasir yang sudah dilakukan sterilisasi dan dimasukkan ke dalam bedeng tabur. Benih yang sudah sesuai dengan kriteria di semai ke dalam bedeng tabur dan dilakukan penyiraman dua kali dalam 1 hari yaitu pada pagi dan sore hari hingga bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) memiliki kriteria untuk dipindahkan kedalam *polybag* sebanyak 180 semai. Semai yang di pilih yaitu dengan ukuran yang cukup seragam dengan tinggi 11-13 cm dan memiliki 4 daun.

Persiapan Areal Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Pembibitan Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Tempat penelitian terlebih dahulu dibersihkan dari gulma-gulma dan sampah agar memudahkan pelaksanaan penelitian. Di buat naungan menggunakan paranet dengan intensitas cahaya masuk 50% untuk mengurangi cahaya yang masuk dan pada bagian atap tetap dilapisi plastik kaca bening agar pada saat hujan air tidak mengenai tanaman (Pratiwi, 2018). Selanjutnya pada lantai diberi plastik.

Persiapan Media Tanam

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah ultisol dan arang tempurung kelapa yang telah di haluskan dan di ayak dengan ukuran lubang ayakan 0,42 mm. Tanah ultisol yang diambil pada bagian subsoil dari kedalaman 15 cm sampai 55 cm yang berasal dari hutan kampus Universitas Jambi. Tanah di ayak terlebih dahulu selanjutnya tanah dan arang tempurung dilakukan sterilisasi menggunakan *autoclave* dengan suhu 121⁰C dan tekanan 0,1 mpa selama 5 menit. Setelah selesai disterilisasi campurkan arang tempurung kelapa dan tanah ultisol sampai merata dengan perlakuan arang tempurung kelapa yaitu 10% dan 20%, lalu di dimasukkan ke dalam *polybag* yang berukuran 14 cm x 22 cm.

Pengamatan Jumlah Spora Mikoriza

Pengamatan spora awal untuk mengetahui jumlah spora yang ada didalam media *Zeolit*. Pengamatan jumlah spora dilakukan pada setiap perlakuan dosis mikoriza. (Lampiran 4).

Penyapihan Semai

Semai yang dipindahkan yaitu semai yang telah memilimki tinggi 11-13 cm. Penyapihan semai dilakukan pada sore hari untuk mengurangi laju transpirasi dan stress pada semai. Penyapihan semai dilakukan dengan memindah langsung dari bak kecambah ke *polybag* tanam yang telah berisi media.

Pemberian Perlakuan FMA

Pemberian inokulasi inokulum FMA dilakukan bersamaan dengan pemindahan semai ke *polybag* dengan dosis sesuai perlakuan. Pada saat menanam semai malapari, akar harus berada di dekat inokulum FMA yang diinokulasi agar akar semai langsung berinteraksi dengan FMA yang diberikan.

Pemeliharaan Bibit

Pemeliharaan bibit meliputi penyiraman, penyiangan gulma dan pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan pada sore hari dengan kapasitas lapang media. Penyiraman menggunakan air tanah yang sudah diendapkan. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di dalam *polybag* maupun di sekitar *polybag*. Pada pengendalian hama dan penyakit membersihkan daun-daun yang terserang oleh ulat-ulat atau binatang lainnya.

Variabel Pengamatan

Pertambahan Tinggi Bibit (cm)

Pengukuran tinggi bibit dilakukan mulai dari 2 cm dari leher akar sampai titik tumbuh. Pengukuran tinggi dengan mengukur pada batang bibit (2 cm dari leher akar) hingga titik tumbuh tertinggi sehingga batas pengukuran tidak berubah. Pengukuran tinggi bibit dimulai satu hari setelah pemberian FMA dan dilakukan pengukuran setiap 2 minggu sekali sampai akhir penelitian yaitu pada minggu keenam belas setelah tanam (MST) untuk mendapatkan data pertambahan tinggi. Data pertambahan tinggi didapatkan dari selisih tinggi diakhir pengukuran dengan tinggi diawal pengukuran.

Pertambahan Diameter Batang (cm)

Pengukuran diameter batang malapari diukur pada batang utama (2 cm dari leher akar). Pengukuran pertama diberi tanda agar pada pengukuran diameter berikutnya dilakukan pada tempat yang sama. Pengukuran diameter menggunakan jangka sorong dengan satuan mm dan akan dikonversi ke satuan cm. Pengukuran diameter batang dimulai satu hari setelah pemberian FMA dan dilakukan pengukuran setiap 2 minggu sekali sampai akhir penelitian yaitu pada minggu keenam belas setelah tanam (MST) untuk mendapatkan data pertambahan diameter. Data pertambahan diameter didapatkan dari selisih tinggi diakhir pengukuran dengan tinggi diawal pengukuran.

Pertambahan Jumlah Daun (helai)

Daun yang dihitung adalah daun yang telah membuka sempurna. Pengamatan pertambahan jumlah daun pertama dilakukan satu hari setelah pemberian inokulum FMA dengan cara menandai daun terakhir menggunakan cat putih. Pengamatan selanjutnya dilakukan dua minggu sekali sampai dengan minggu keenam belas untuk mendapatkan data pertambahan jumlah daun. Data pertambahan jumlah daun diperoleh dari selisih jumlah daun diakhir penghitungan dengan diawal penghitungan.

Berat Kering Akar (gram)

Pengukuran berat kering akar dilakukan pada akhir penelitian pada bibit sampel destruktif, dengan cara mengambil semua akar bibit dan dibersihkan dari bagian-bagian yang bukan akar. Akar dimasukkan ke dalam amplop kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 75⁰C selama 24 jam kemudian dilakukan penimbangan sampel menggunakan timbangan digital didapatlah b1. Akar bibit tersebut dioven kembali pada suhu 75⁰C selama 4 jam dan ditimbang sampai didapatkan nilai b2. Nilai dari b2 sama dengan nilai b1 sehingga sudah didapatkan berat yang konstan.

Berat Kering Tajuk (gram)

Pengukuran berat kering tajuk dilakukan pada akhir penelitian dengan cara memotong bagian mulai dari leher akar hingga ujung tajuk sampel destruktif yang terdiri dari batang, daun dan tangkai daun. Bagian-bagian bibit tersebut dimasukkan ke dalam amplop dan dioven dengan suhu 75⁰C selama 24 jam kemudian dilakukan penimbangan sampel menggunakan timbangan digital didapatlah b1. Pengovenan dilakukan kembali dengan suhu 75⁰C selama 4 jam kemudian ditimbang didapatkan nilai b2. Nilai dari b2 sama dengan nilai b1 sehingga sudah didapatkan berat yang konstan.

Persentase Akar Bermikoriza (%)

Pengamatan persentase akar bermikoriza di lakukan dengan mikroskop digital dengan perbesaran 100 kali.

Untuk menghitung presentase akar bermikoriza dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persen akar terkolonisasi} = \frac{\text{jumlah akar terkolonisasi}}{\text{jumlah contoh akar}} \times 100\%$$

Tabel 2. Kriteria klonisasi akar bermikoriza

Kelas	Kriteria
1	0-5% (sangat rendah)
2	6-26% (rendah)
3	26-50% (sedang)
4	51-75% (tinggi)
5	76-100% (sangat tinggi)

Sumber : Rajapakse dan Miller (1992)

Rasio Pucuk Akar (RPA)

Rasio pucuk akar dihitung dengan cara membandingkan berat kering tajuk dan berat kering akar.

$$\text{Rasio Pucuk Akar} = \frac{\text{Berat kering tajuk (g)}}{\text{Berat kering akar (g)}}$$

Data Penunjang

Data penunjang yang diperlukan dalam penelitian ini adalah analisis media tanam tanah ultisol pada awal penelitian, pengukuran suhu dan kelembapan. Analisis media tanam tanah ultisol meliputi N total, P-tersedia, K-tersedia, C-organik tanah dan pH tanah. Suhu dan kelembapan diukur dengan cara menggantungkan *thermohyrometer* pada paranet penelitian. Pengamatan dilakukan 2 minggu sekali setiap pukul 08.00, 13.00 dan 16.00 WIB.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari percobaan dianalisis secara statistik dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA) dengan taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Sidik Ragam

Hasil sidik ragam Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan pemberian arang tempurung kelapa dalam meningkatkan pertumbuhan bibit malapari pada tanah ultisol disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil sidik ragam untuk seluruh variabel penelitian

NO	Variabel Interaksi	F-hitung	F-tabel	
			5%	1%
1	Pertambahan Tinggi (cm)	0,43 tn	2,51	3,67
2	Pertambahan Diameter (cm)	0,93 tn	2,51	3,67
3	Pertambahan Jumlah Daun (helaii)	0,69 tn	2,51	3,67
4	BKT (Berat Kering Tajuk) (gr)	1,17 tn	2,51	3,67
5	BKA (Berat Kering Akar) (gr)	1,03 tn	2,51	3,67
6	Persentase akar bermikoriza (%)	0,25 tn	2,51	3,67

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata

Dari Tabel 3 diketahui bahwa inokulasi FMA dan pemberian arang tempurung kelapa dalam meningkatkan pertumbuhan bibit malapari pada tanah ultisol tidak berpengaruh nyata pada variabel pertambahan tinggi, pertambahan diameter batang, pertambahan jumlah daun, berat kering tajuk, berat kering akar dan persen akar bermikoriza.

Hasil Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Hasil *Duncan multiple range test* (DMRT) taraf α 5% Inokulasi FMA dan Pemberian Arang Tempurung Kelapa dalam Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Malapari pada Tanah Ultisol disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Duncan multiple range test* (DMRT) faktor A FMA taraf 5%

Variabel						
Perlakuan	T(cm)	D(cm)	JD(helai)	BKT(g)	BKA(g)	% Infeksi akar
m0 (0g)	16,29 a	1,05 a	4,15 a	2,31 a	1,23 a	20,00 b
m1 (5g)	18,80 a	1,03 a	4,52 a	2,44 a	1,07 a	61,11 b*
m2 (10g)	19,18 a	0,97 a	4,41 a	2,37 a	1,04 a	68,89 a*
m3 (15g)	17,32 a	1,04 a	4,44 a	2,30 a	1,14 a	65,56 b*

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka-angka yang diikuti * berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Hasil uji DMRT diketahui bahwa terdapat respons yang berbeda nyata pada variabel perlakuan persen akar bermikoriza m2 dan m3, tetapi tidak ada respons yang berbeda nyata terhadap pemberian perlakuan terhadap seluruh variabel pengamatan yaitu pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter tanaman, pertambahan jumlah daun, berat kering akar dan berat kering tajuk.

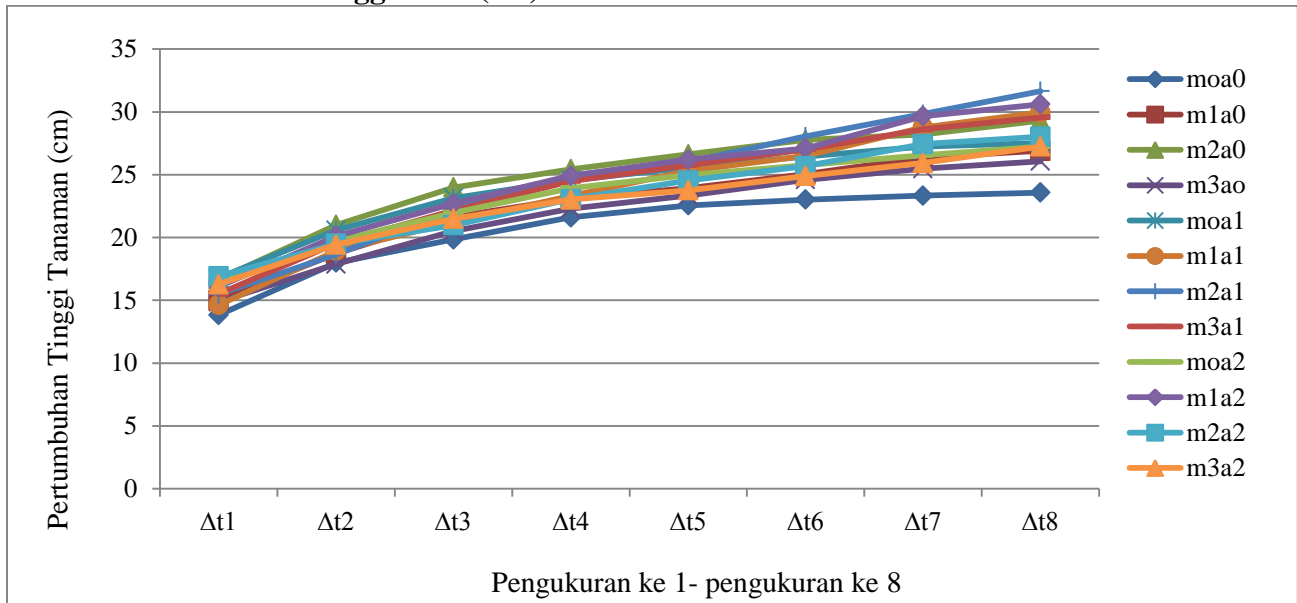
Tabel 5. Hasil *Duncan multiple range test* (DMRT) faktor B Arang tempurung kelapa taraf 5%

Variabel						
Perlakuan	T (cm)	D (cm)	JD (helai)	BKT (g)	BKA (g)	% Infeksi akar
a0 (0%)	16,13 b	0,97 a	4,08 a	2,35 a	1,25 a	57,50 a
a1 (10%)	19,72 ba	1,08 a	4,50 a	2,37 a	1,13 a	51,67 a
a2 (20%)	17,83 a	1,02 a	4,56 a	2,35 a	0,98 a	52,50 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka-angka yang diikuti * berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Hasil uji DMRT diketahui bahwa terdapat respon yang berbeda nyata pada variabel perlakuan a1 (arang 10%) pada tinggi tanaman, tetapi tidak terdapat respon yang berbeda nyata terhadap pemberian perlakuan yang lainnya yaitu pertambahan diameter tanaman, pertambahan jumlah daun tanaman, berat kering akar tanaman, berat kering tajuk tanaman dan persen akar bermikoriza.

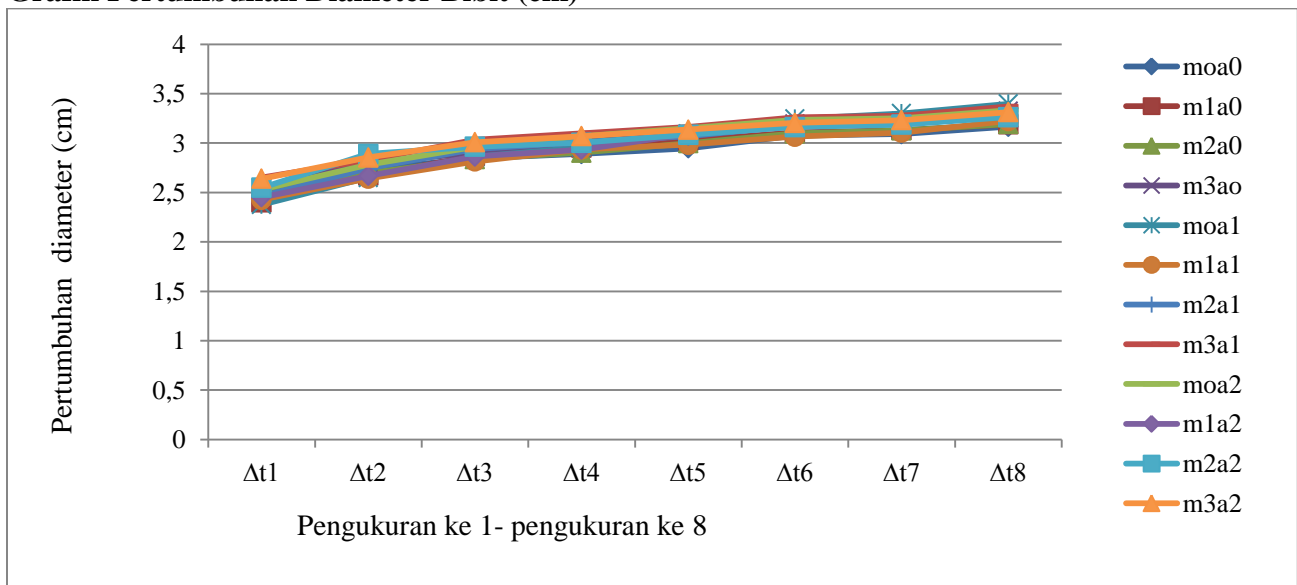
Grafik Pertumbuhan Tinggi Bibit (cm)



Gambar 1. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman malapari selama penelitian

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa grafik pertumbuhan rata-rata tinggi (cm) bibit malapari mengalami peningkatan setiap pengukuran selama 8 kali pengukuran setelah tanam (MST). Pada grafik tersebut pertumbuhan tanaman terjadi pada setiap pengukuran yaitu dari pengukuran pertama minggu ke 1 sampai minggu ke 16 MST pengukuran dilakukan dua minggu satu kali pengukuran, dengan pertumbuhan tertinggi pada perlakuan mikoriza 10g dan arang 10% (m2a1).

Grafik Pertumbuhan Diameter Bibit (cm)

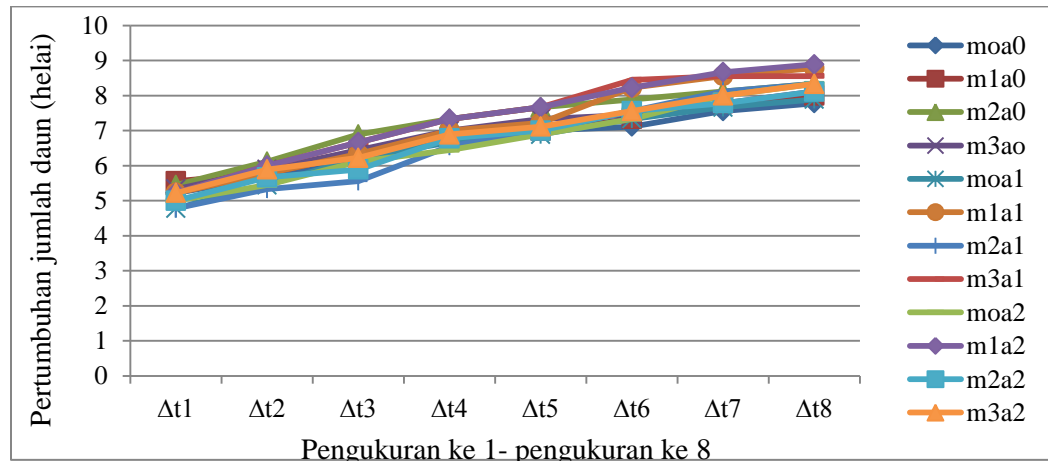


Gambar 2. Grafik pertumbuhan diameter tanaman malapari selama penelitian

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa grafik pertumbuhan rata-rata diameter (cm) bibit malapari mengalami peningkatan setiap pengukuran selama 8 kali pengukuran setelah tanam (MST). Pada grafik tersebut pertumbuhan tanaman terjadi pada setiap pengukuran yaitu dari pengukuran pertama minggu ke 1 sampai minggu ke 16 MST pengukuran dilakukan dua minggu satu kali pengukuran, dengan pertumbuhan tertinggi pada perlakuan m0a1 dengan pemberian arang tempurung 10% tanpa

mikoriza dibandingkan dengan pemberian perlakuan lainnya dari minggu ke- 2 MST sampai pada minggu ke 16 MST.

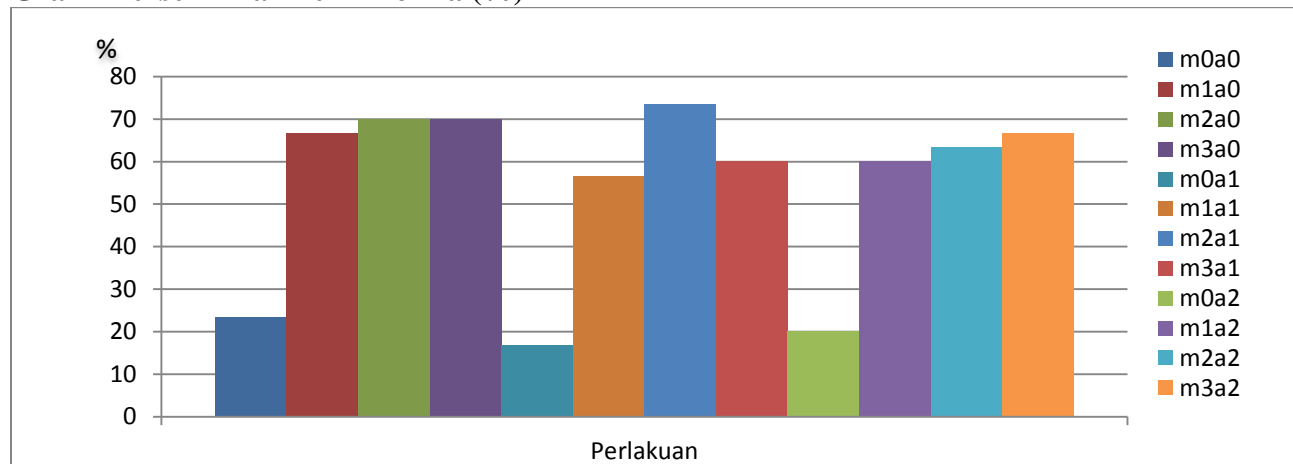
Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun



Gambar 3. Grafik pertumbuhan jumlah daun tanaman malapari selama penelitian

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa grafik pertumbuhan jumlah daun meningkat sejalan dengan bertambahnya umur bibit. pertumbuhan tanaman terjadi pada setiap pengukuran yaitu dari pengukuran pertama minggu ke 1-16 MST dengan pertumbuhan tertinggi pada perlakuan mikoriza 5g dan arang tempurung 20% (m1a2).

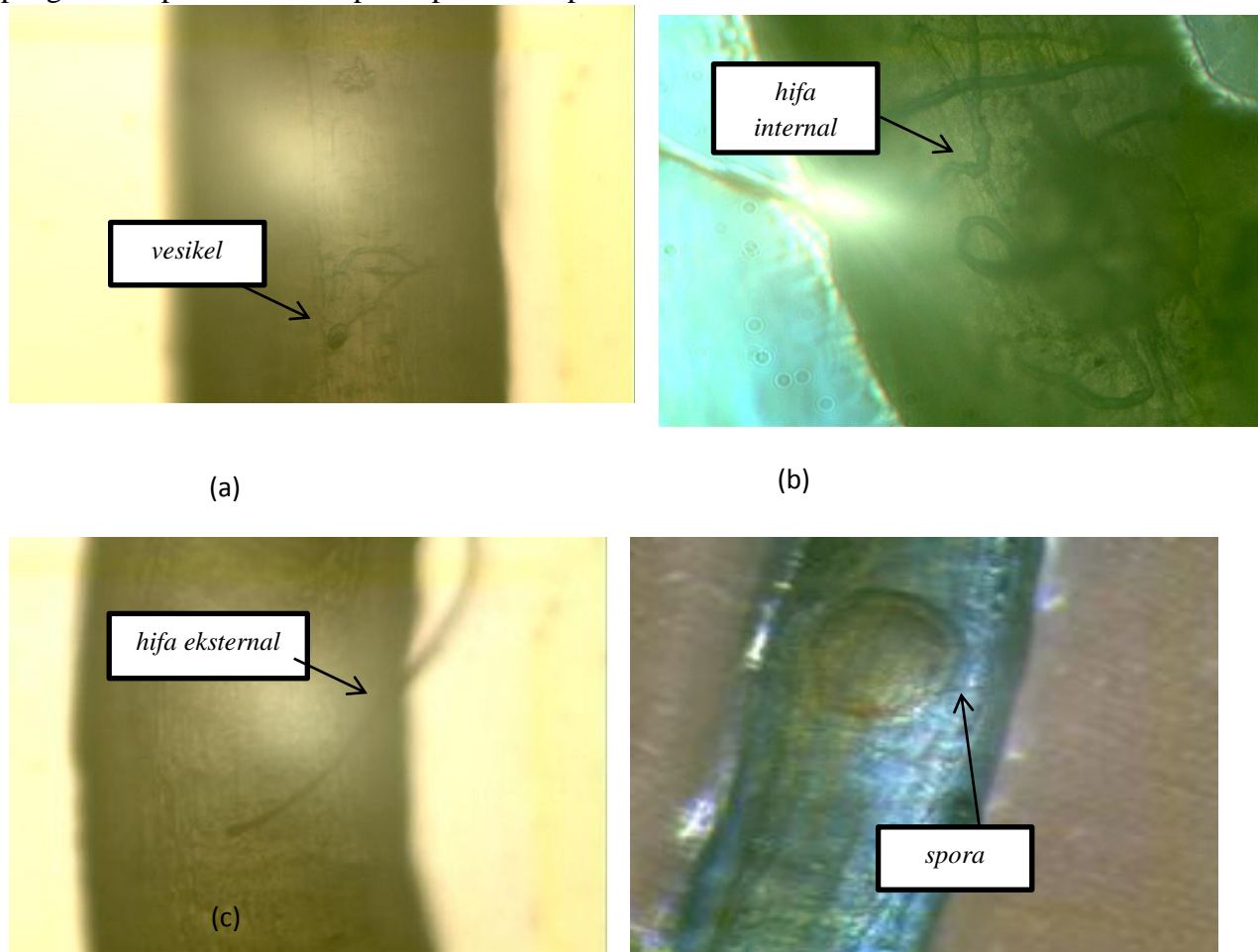
Grafik Persen Akar Bermikoriza (%)



Gambar 4. Persen akar bermikoriza

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa persentase kolonisasi akar bermikoriza dengan rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan mikoriza 10g dan arang tempurung kelapa 10% (m2a1) dengan persentase akar bermikoriza mencapai 73% dan persentase akar bermikoriza dengan rata-rata terendah yaitu pada perlakuan (m0a1) dengan persentase mencapai 16,67%. Pada perlakuan tanpa mikoriza terjadi infeksi pada akar tanaman yang tidak menggunakan perlakuan FMA, hal ini di duga karena saat penyiraman menggunakan air sumur tanpa di endapkan terlebih dahulu sehingga FMA yang terdapat di dalam air menginfeksi akar bibit tanaman malapari. Menurut penelitian Indrawati dan Fakhruddin (2016), air mengandung banyak mikroorganisme yang berasal dari tanah dan dari organisme yang terdapat di danau-danau dan sungai-sungai.

Persentase akar terinfeksi dapat ditunjukkan dari adanya ornamen-ornamen yang di tandai oleh adanya infeksi FMA yaitu *hifa*, *vesikula*, *arbuskula*, dan *spora* pada akar. Vesikel adalah suatu struktur berbentuk bulat atau lonjong mengandung kandung cairan lemak, yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan (Jayanegara, 2011). Hifa merupakan salah satu struktur dari FMA berbentuk benang-benang halus yang berfungsi sebagai tempat penyerapan unsur hara dari luar (Pratiwi, 2014). Bila pada jaringan korteks akar terdapat salah satu dari ornamen-ornamen tersebut maka dapat dikatakan bahwa akar bibit terinfeksi oleh FMA. Ornamen yang ditemukan dalam pengamatan pada akar malapari dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Ornamen-ornamen indikator persen akar terinfeksi yang ditemukan dalam jaringan akar bibit (a) *Vesikel*; (b) *Hifa internal* ; (c) *Hifa eksternal* ; (d) *spora* (Dokumentasi : Nurpajriana 2021)

Rasio Pucuk Akar

Rasio pucuk akar sangat penting dalam pertumbuhan bibit tanaman yang mencerminkan kemampuan dalam menyerap unsur hara. Menurut Duryea dan Brown (1984), menyatakan bahwa nilai rasio pucuk akar terbaik bagi pertumbuhan tanaman adalah 1–3. Rasio pucuk akar bibit malapari pada penelitian ini memiliki nilai rata-rata sebesar 2,26 dan tergolong dalam rasio pucuk akar terbaik, yang mengindikasikan keseimbangan pertumbuhan antara tajuk dan akar bibit malapari yang baik. Sejalan dengan penelitian Permatasari dan Kusmana (2011), yang menyatakan bahwa pertumbuhan pada bagaian tajuk yang baik di dukung pula oleh perakaran yang baik.

Pembahasan

Hasil dari analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara mikoriza dan arang tempurung kelapa terhadap pertumbuhan bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) pada setiap variabel pengamatan. Pengaruh dari inokulasi mikoriza hanya berbeda nyata pada variabel pengamatan persentase akar bermikoriza pada perlakuan FMA, sedangkan pada variabel pengamatan pertumbuhan tinggi, diameter, jumlah daun, berat kering tajuk dan berat kering akar bibit malapari tidak berbeda nyata.

Dari hasil uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) perlakuan mikoriza hanya berpengaruh nyata pada variabel pengamatan persentase akar bermikoriza yaitu pada dosis 10g,15g dengan rata-rata tertinggi mencapai 68,89 pada pemberian dosis mikoriza 10g dan pada pemberian arang tempurung kelapa hanya berpengaruh nyata pada perlakuan arang dengan dosis 10% pada variabel pengamatan tinggi bibit.

Walaupun pertumbuhan tanaman malapari tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata pada setiap variabel pengamatan bukan berarti tidak terjadi pertumbuhan akan tetapi pertumbuhan relatif sama pada setiap perlakuan sehingga dari hasil analisis statistik tidak terlihat adanya perbedaan respons yang nyata. Hal ini diduga karena jenis FMA yang digunakan dalam penelitian ini kurang memberikan respon terhadap bibit malapari, meskipun FMA dapat berkembang dengan baik pada akar tanaman yang ditambahkan dengan Arang Tempurung Kelapa, ditunjukkan dengan persentase akar bermikoriza yang tinggi yaitu mencapai 73% (Lampiran 13), namun tidak memberikan peranan dalam meningkatkan pertumbuhan bibit malapari. Hal ini sejalan dengan penelitian Budi *et al.* (2014) pemberian kombinasi arang tempurung kelapa dan FMA pada bibit Balsa (*Ochroma bicolor* Rowlee) tidak memberikan pengaruh nyata pada setiap perlakuan pada penelitian yang dilakukan selama 6 bulan. Smith dan Read (2008) juga menyatakan bahwa persen infeksi akar bergantung pada tanaman inang dan spesies mikoriza, dan juga sering dihubungkan dengan adaptasi tanaman dan pertumbuhan akar.

Menurut penelitian Budi *et al.* (2014) kolonisasi yang terjadi pada setiap jenis FMA disebabkan adanya perbedaan kemampuan dari setiap FMA dalam bersimbiosis dengan akar semai. Ada kemungkinan setiap FMA mempunyai preferensi yang berbeda terhadap eksudat yang dikeluarkan semai, sehingga kolonisasi dari masing-masing FMA juga berbeda (Rainiyati *et al.*, 2009).

Arang tempurung kelapa dapat meningkatkan perkembangan FMA dengan baik pada dosis 10%. Hal ini sejalan dengan penelitian Ogawa 1989 dalam Budi *et al.* (2015) bahwa arang tempurung kelapa dapat meningkatkan perkembangan FMA sampai dosis 10%. Penambahan arang tempurung kelapa pada tanah sampai dosis tertentu dapat meningkatkan kolonisasi FMA karena arang menyediakan habitat yang sesuai untuk perkembangan hifa melalui adanya pori mikro dalam tanah yang melindungi bakteri dan fungi dari predator yang berukuran lebih besar (Warnock *et al.* 2007). Adanya FMA dapat memperbaiki sifat fisik tanah melalui perbaikan sirkulasi air, dan udara di dalam tanah, sehingga bibit malapari memiliki pertumbuhan tinggi, diameter, dan jumlah daun yang baik.

Pemberian arang tempurung kelpa 10% dapat meningkatkan unsur hara dalam tanah yang dibutuhkan oleh bibit dan mikoriza. Sejalan dengan penelitian Budi *et al.* (2015) penambahan arang tempurung kelapa dengan dosis 10% mampu menyediakan unsur hara bagi FMA dan tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan semai yang lebih baik. Hal ini diduga karena arang mempunyai kandungan posfor yang sangat tinggi yang membantu pertumbuhan mikoriza sehingga tanaman inang dapat tumbuh dengan cepat (Budi *et al.*, 2015).

Berdasarkan pernyataan Masriatini (2019) Arang tempurung kelapa memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi dan memiliki pori-pori yang banyak sehingga kemampuan dalam

menyerap air sangat baik. Pemberian arang tempurung kelapa pada perlakuan m2a1 (FMA 10g dan arang tempurung kelapa 10%), perlakuan m0a1 (FMA 0g dan arang tempurung kelapa 10%) mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter pada bibit tanaman malapari, namun pertumbuhan bibit tanaman malapari mengalami penurunan ketika dosis arang tempurung kelapa ditambahkan menjadi 20%, ini diduga pemberian arang yang terlalu banyak akan membuat media tanam memiliki permaabilitas dan porositas yang besar sehingga media tanam tidak dapat mengikat air saat penyiraman yang membuat media tanam tidak dapat menyimpan air sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik. Menurut penelitian Artiani dan Handayasari (2018), terjadi permaabilitas dan porositas yang tinggi saat penambahan arang tempurung kelapa sebanyak 20% pada tanah lempung sehingga air yang diserap dengan cepat tidak dapat tertahan didalam tanah.

Penambahan arang tempurung kelapa yang berlebihan pada media tanam akan menyebabkan kelebihan kandungan P yang dapat menghambat penyerapan unsur hara tanaman sehingga tanaman mengalami kekurangan unsur hara yang membuat pertumbuhan tinggi, diameter dan jumlah daun jadi melambat. Sejalan dengan penelitian Miller *et al.* (2002) menyatakan bahwa kandungan P yang sangat tinggi dapat mengubah keseimbangan nutrisi (seperti pergeseran rasio N/P).

Penelitian yang hanya dilakukan dengan waktu 16 minggu (4 bulan) di duga belum cukup untuk melihat pengaruh yang nyata terhadap pemberian perlakuan FMA dan arang tempurung kelapa terhadap pertumbuhan bibit malapari. Menurut Dendang dan Hani (2018) pertumbuhan bibit malapari pada umur 6 bulan tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap pemberian perlakuan media tanam (Tanah dan Pupuk organik), (Tanah, Pupuk organik dan Mikoriza), (Tanah, Pupuk organik dan *Trichoderma* spp.) dan (Tanah, Pupuk organik, Mikoriza dan *Trichoderma* spp.). Setelah pada umur 12 bulan bibit malapari menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan pada parameter tinggi dan berat kering daun. Sejalan dengan penelitian Budi *et al.* (2013) Penambahan kombinasi arang tempurung kelapa dan FMA dengan faktor tunggal dari arang tempurung pada semai sengon (*Falcataria moluccana* (Miq)) tidak memberikan pengaruh nyata pada klonisasi FMA, tinggi, dan diameter dengan waktu penelitian 6 bulan.

Djam'an (2009) menyatakan malapari tumbuh baik pada lingkungan suhu maksimim 27-38⁰C, sedangkan untuk perkembangan FMA suhu yang baik sekitar 22-29⁰C. Pada penelitian ini suhu rata-rata selama pengamatan 30,32⁰C dengan suhu minimal 29,76⁰C dan suhu maksimal 30,7⁰C yang termasuk dalam suhu yang baik untuk pertumbuhan malapari sehingga bibit malapari pada penelitian ini tumbuh dengan baik. Hasil pengukuran kelembaban yang di dapatkan selama penelitian ini yaitu rata-rata kelembaban mencapai 71,38 dengan kelembaban minimal 68 dan kelembaban maksimal 74,33, kondisi lingkungan tersebut sesuai untuk tanaman malapari terlihat dari kondisi bibit yang tumbuh dengan baik.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tidak terdapat interaksi pada inokulasi mikoriza arbuskula dan pemberian arang tempurung kelapaterhadap dalam meningkatkan pertumbuhan bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).
2. Penambahan FMA dengan dosis 10g, memberikan pertumbuhan terbaik pada bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).
3. Penambahan arang tempurung kelapa 10% memberikan pertumbuhan terbaik pada bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).

Saran

Penambahan FMA dengan dosis 10g dan arang tempurung kelapa 10% merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit Malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).

DAFTAR PUSTAKA

- Alimah D. 2010. Budidaya dan Potensi Malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) sebagai Tanaman Penghasil Bahan Bakar Nabati. Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan. Bogor.
- Alibasyah MS. 2016. Perubahan Sifat Fisika dan Kimia Ultisol Akibat Pemberian Pupuk Kompos dan Kapur Dolomit Pada Lahan Berteras. *Jurnal Floratek*. 11 (1) : 75-87.
- Annadira, Yusran, dan Irmasari. 2014. Pengaruh Beberapa Inokulum Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Semai Jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb.)
- Artiani G, P dan Handayasari. 2018. Penggunaan Serbuk Tempurung Kelapa di Tinjau Terhadap Nilai Permeabilitas Tanah Sebagai Inti Bendung (Studi Kasus Bendungan Gondang Karanganyar, Jawa Barat)
- Badan Pertanahan Nasional. 2007. Data dan Jenis Tanah di Provinsi Jambi. Data Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura. Pemerintah Provinsi Jambi. Dinas Pertanian Tanaman Pangan. Jambi.
- Benyamin D Dan Aditya H. 2017. Peningkatan Kualitas Bibit Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.) dan Malapari (*Pongamia Pinnata* L.) dengan Aplikasi Mikoriza dan *Trichoderma* Spp.
- Budi SW, Purwanti SI, dan Turjaman M. 2015. Fungi Mikoriza Arbuskula dan Arang Tempurung Kelapa Mempercepat Pertumbuhan Awal Bibit *Calliandra calothyrsus* Messin di Media Tanah Marginal.
- Budi1 SW, Purwanti1 SI, dan Turjaman M. 2015. Fungi Mikoriza Arbuskula dan Arang Tempurung Kelapa Mempercepat Pertumbuhan Awal Bibit *Calliandra Calothyrsus* Meissn di Media Tanah Marginal. Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam.
- Budi S.W, Kemala I.F, Turjaman M. 2014. Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Arang Tempurung Kelapa untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai *Gmelina arborea* Roxb. dan *Ochroma bicolor* Rowlee. di Persemaian
- Budi S.W, Kemala I.F, Turjaman M. 2013. Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Arang Tempurung Kelapa untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai *Falcataria moluccana* (Miq) Barneby & JW Grimes dan *Samanea saman* (Jacq) Merr.
- Corriyanti, Soedarsono J, Radjagukguk B, dan Widyastuti RM. 2007. Perkembangan Mikoriza Arbuskula dan Pertumbuhan Bibit Jati (*Tectona grandis* Linn.F.) yang di Inokulasi Spora Fungi Mikoriza Arbuskula Aal Tanah Hutan Tanaman Jati.

- Dendang B dan A Hani. 2018. Peningkatan Kualitas Bibit Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) dan Malapari (*Pongamia pinnata* L.) dengan Aplikasi Mikoriza dan *Trichoderma* spp. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Agroforestry. 12(1):75-84.
- D'jam'an, DF.2009. Penyebaran dan Pembibitan Tanaman Kranji (*Pongamia pinnata* Merrill) di Indonesia. *Majalah kehutanan Indonesia*. Edisi viii. Pusat Informasi Kehutanan. Jakarta.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan. 2010. Laporan Tahunan Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Jambi. Jambi.
- Duryea ML and brown N. 1984. Seedling physiology and Reforestation Succenss Proceeding Of The Physiology Working Group Technical Session. DR.W. Juck Publisher. Boston.
- Dwivedi G, Jain S, Sharma PL. 2011. *Pongamia as a Source of Biodiesel in India*. Smart Grid and Renewable Energy 2:184-189.
- Febritasari F, Arpiwi NL dan WahyuniI. 2016. Karakteristik dan analisis hubungan kekerabatan malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) sebagai tanaman penghasil minyak di dua akasesi. *Jurnal metamorfosa* 3(2):74-81.
- Hasyiati R, Wulandari N dan Haidilianda. 2018. Keabekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Beberapa Jenis Pohon Di Pegunungan Dedap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. ISBN: 978-602-60401-9-0.
- Hardjowigeno. 2015. Ilmu Tanah. Akademia Prwssindo. Jakarta.
- Hermawan R. Kajian Ekologi Tumbuhan Langkah Rotan Beulah *Caratolobus glaucescens* Blume di Cagar Alam Sukawayananajawa Barat.
- Husna. Tuheteru F. D, Arif A, dan Sintalia P. 2019. Pemanfatan Fungi Mikoriza Arbuskula Untuk Mendukung Pertumbuhan Jenis Terancam Puhah Angsana Pada Media Tailing Emas.
- Indrawati,I. Fakhrudin,S.D. 2016. Isolasi Dan Identifikasi Jamur Patogen Pada Air Sumur Dan Air Sungai Di Pemukiman Warga Desa Karangwangi, Cianjur, Jawa Barat.
- Jayanegara C. M. 2011. Pengaruh pemberian mikoriza vesicular arbuskular (MAV) dan berbagai pupuk kompos terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sorgum (*shorgum bicolor*. (L.) moench). *Skripsi*. Jurusan agronomi fakultas pertanian universitas pembangunan nasional “veteran” ypyakarta
- Kartika E. 2006. Tanggap Pertumbuhan, Serapan Hara dan Karakter Morfofisiologi terhadap Cekaman Kekeringan pada Bibit Kelapa Sawit yang Bersimbiosis dengan CMA. Disertasi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 188p.
- Kristiono A dan Subandi. 2013. Evluasi Efektifita Pupuk Organic Untuk Tanaman Kedelai Di Lahan Kering Masam.*seminar hasil pnelitian*. Tanaman aneka kacang dan umbi 2013. Balitkabi, Malang. Hal. 49-58.

- Marjenah. 2007. Pertumbuhan tanaman Jati (*Tectona grandis* L.F) pada Beberapa Sistem Lahan di Kalimantan. *Rimba Kalimantan*. 12(1): 43-50.
- Matana YR dan Mashud N. 2006. Pemanfaatan Arang Tempurung dan Debu Sabut Kelapa Sebagai Pupuk Organik. *Buletin palma*.
- Maharani F. 2014. Pertumbuhan Semai Gmelina (*Gmelina Arborearoxb.*) Pada Media Bekas Tambang Pasir Dengan Pemberiansub Soil Dan Arang Tempurung Kelapa. Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor Bogor.
- Masriatini R. Penggunaan Arang Kelapa yang di Aktifkan Untuk Menyerap Zat Warna Limbah Cair Kain Indusri Tradisional. 2019
- Muthu C, AyyanarM, Raja N, dan Ignacimuthu, S. (2006). Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram district of Tamil Nadu, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(43)1-10. doi: 10.1186/1746-4269-2-43.
- Notohadiprawito T. 2006. Asas dan Tujuan Analisis Tanah, Air, dan Jaringan Tanaman dalam Pertanian. Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Pertanian, dan Perkebunan”, Bogor 17-18 Juli 2007. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Bogor.
- Pratiwi, R D. 2018. Pengaruh intensitas cahaya dan interval waktu pemberian air terhadap pertumbuhan bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).*skripsi*. Fakultas Kehutanan Universitas Jambi.Jambi.
- Prasetyo BH, dan Suriadikarta DA. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan. Bogor.
- Pulungan IA. 2016. Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Terhadap Pertumbuhan Bibit Jabon Merah (*Anthocephalusmacrophyllus* (Roxb.)Havil.).
- Putri KP dan Putra PG. 2013. Hubungan karakter fisik pohon dan produksi polongmalapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) : Studi kasus di Alas Purwo-Jawa Timur. Balai Penelitian Tanaman Hutan.Bogor.
- Permatasari I dan Kusmana C. 2011. Respon Pertumbuhan Semai Tancang (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.)Lamk.) Terhadap Tingkat Penggenangan di Kawasan Mangrove Jalan Tol Sedyatmo, Jakarta Utara
- Prabaningrum D. 2017. Populasi dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Tiga Klon Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Di Kabupaten Tulang Bawang Barat.
- Pratiwi, R D. 2018. Pengaruh intensitas cahaya dan interval waktu pemberian air terhadap pertumbuhan bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L) Pierre).*skripsi*. Fakultas Kehutanan Universitas Jambi.Jambi.

- Pratiwi BY. 2014. Pengaruh dosis pupuk P dan inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap pertumbuhan bibit gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.). *Skripsi*. Fakultas Kehutanan. Universitas Jambi.
- Rajapakse S, Miller Jr JC. 1992. Methods for studying vesicular–arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. *Methods Microbiol.* 24:302–316.
- Rainiyati, Choizin M, Sudarsono, Mansur I. 2009. Pengujian efektivitas beberapa isolate cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap bibit pisang (musa aab raja angka) asal kultur jaringan. *Hayati* 15:63-69.
- Saputri TE. 2013. Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula dan Arang Tempurung Kelapa Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Gmelina Dan Balsa. Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor Bogor.
- Sangwan S, Rao DV, dan Sharma RA. (2010). A review on *Pongamia pinnata* (L.) Pierre: A great versatile Leguminous plant. *Nature and Science*, 8(11), 130-139.
- Setiadi Y. 2007. Bekerja dengan Mikoriza untuk Daerah Tropik. Makalah Workshop Mikoriza, Kongres Nasional Mikoriza Indonesia II “Percepatan Sosialisasi Teknologi Mikoriza untuk Mendukung Revitalisasi Kehutanan.
- Sitompul dan Guritno, B. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjadara Universitas Press. Yogyakarta
- Smith SE, Read DJ. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, 3rd Ed. London: Academic.
- Soemeinaboedhy IN, Tejoulan RS. 2007. Pemanfaatan berbagai macam arang sebagai sumber unsur P dan K serta sebagai pembenah tanah. *jurnal agroteksos*. 17(2):115-121
- Soemeinaboedhy IN, Tejoulan RS. 2007. Pemanfaatan berbagai macam arang sebagai sumber unsur P dan K serta sebagai pembenah tanah. *jurnal agroteksos*. 17(2):115-121
- Souza T. 2005. *Hand Book Of Arbuskular Mychorizal Fungi*. Vederal University of Paraiba, Brazil.
- Suprianto E (1998) Evaluasi beberapa varietas dan galur padi pada kondisi kekeringan. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suntoro WA. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Pengelolaannya. Sebelas maret university Press.
- Suhartanah. 2007. Manfaat Tempurung Kelapa Sebagai Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Limbah Industri Petis Tambak Di Lorok Semarang. *Momentum* 10-15.
- Tamin RP dan Puri SR. 2019. Efektifitas Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Bibit Malapari (*Pongamia pinnata* (L.) Pierre) Pada Tanah Ultisol.

Tamin RP dan Puri SR. 2010. Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula Dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Pertumbuhan Bibit Aren Pada Tanah Ultisol.

Warnock DD, Lehmann J, Kuyper TW, Rillig MC, 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil concepts and mechanisms.

Winata B. 2014. Petumbuhan Semaik Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Pada Media Bekas Tambang Pasir Dengan Penambahan Subsoil dan Arang Tempurung Kempurung. Dapartemen Silviculture Departemn Silviculture Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.