

ISBN 978-602-0860-41-1



9 786020 860411



# PROSIDING

Bandarlampung, 20 Oktober 2020

## Seminar Nasional Mikoriza

Mikoriza Pupuk Hayati Potensial  
untuk Pertanian dan Kehutanan

Hosted by

**FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG  
BERSAMA  
ASOSIASI MIKORIZA INDONESIA**

Editor:

1. Dr. Maria Viva Rini
2. Anggun Dewi Puspitasari, S.P.
3. Ir. Lestari Wibowo, M.P.
4. Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S.

Sponsorship



## PANITIA SEMINAR

- Pengarah : Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
- Anggota Pengarah : 1. Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S.  
2. Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.  
3. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
- Penanggung Jawab : Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.
- Ketua : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.  
Sekretaris : Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D.  
Sekretariat : 1. Ali Rahmat, S.P., M.App.Sc.  
2. Auliana Afandi, S.Pd., M.Sc., Ph.D.
- Makalah dan Publikasi : 1. Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.  
2. Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S.  
3. Ir. Lestari Wibowo, M.P.  
4. Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Sc.  
5. Ida Ropaida IS, S.E., M.M.  
6. Erni Rahmawati, S.Pd., M.Si.  
7. Rosihin Anwar, S.Kom.
- Sie Acara : 1. Dr. Hendra Prasetia, S.Hut., M.Sc.  
2. Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si.  
3. Duryat, S.Hut., M.Si.  
4. Purba Sanjaya, S.P., M.Si.  
5. Inggar Damayanti, S.Hut., M.Si.  
6. Machya Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc.  
7. Hayane Adeline Warganegara, S.P., M.Si.  
8. Maria Sari, S.P.  
9. Bihikmi Semenguk, S.P.

# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL MIKORIZA 2020

“Mikoriza: Pupuk Hayati Potensial untuk Pertanian dan  
Kehutanan Indonesia”

Fakultas Pertanian Universitas Lampung  
Bandar Lampung, 20 Oktober 2020

KERJASAMA

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG  
Dan  
ASOSIASI MIKORIZA INDONESIA (AMI-RI) PUSAT

2020



**PROSIDING** Seminar Nasional Mikoriza: Pupuk Hayati Potensial Untuk  
Pertanian dan Kehutanan Indonesia  
**ISBN**

ISBN 978-602-0860-41-1



**TIM EDITOR**

Dr. Maria Viva Rini  
Ir. Lestari Wibowo, M.P.  
Ir. Yayuk Nurmiati, M.S.  
Anggun Dewi Puspitasari, S.P.

**PENERBIT**  
Universitas Lampung

Alamat Redaksi  
Gedung Dekanat Fakultas Pertanian Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandarlampung 35145  
Telp./Faks.: 0721-7691249  
e-mail: [semnas.mikoriza2020@fp.unila.ac.id](mailto:semnas.mikoriza2020@fp.unila.ac.id)

## **Kata Pengantar**

Puji syukur marilah kita panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah maka kita dapat menyelesaikan Prosiding Seminar Nasional Mikoriza 2020. Kegiatan Semnas Mikoriza telah dilaksanakan pada Selasa, 20 Oktober 2020. Kegiatan ini dilaksanakan secara daring melalui aplikasi zoom, yang difasilitasi oleh Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Semnas Mikoriza merupakan kegiatan rutin dua tahunan yang menjadi agenda Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI-RI). Pada tahun 2020, AMI cabang Lampung mendapatkan kepercayaan untuk melaksanakan kegiatan ini. Tema seminar kali ini adalah “Mikoriza Sebagai Pupuk Hayati Potensial Di Bidang Pertanian Dan Kehutanan”. Seminar diikuti oleh 100 orang peserta dengan 40 pemakalah. Namun, hanya ada 16 makalah yang bersedia diterbitkan di prosiding, sebagian lain diterbitkan di jurnal-jurnal yang bekerjasama dengan panitia.

Semnas Mikoriza 2020 merupakan kerjasama antara Fakultas Pertanian Unila dengan AMI-RI dan disponsori oleh PT. Myco Agro Lestari sebagai sponsor utama. Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Fakultas Pertanian Unila, AMI-RI, panitia dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Kami berharap kegiatan ini akan memberikan sumbangsing kepada perkembangan ilmu pengetahuan Indonesia.

Kami juga memohon maaf bila ada kekurangan dan kesalahan dalam prosiding ini. Panitia tetap menerima saran dan masukan membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, November 2020

Panitia

## DAFTAR ISI

- Seleksi Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Bibit Kelapa Sawit Di Haplohumods**  
David Irvanto, Maria Viva Rini, Radix Suharjo, Lestari Wibowo, dan Adhy Ardiyanto  
*Halaman 1-8*
- Ekspolorasi Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Tumbuhan Paku Terrestrial Dari Lahan Bekas Tambang Batubara di Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi**  
Tiara Putri Utami, Upik Yelianti, Muswita  
*Halaman 9-25*
- Efisiensi Penggunaan Pupuk Npk Dengan Aplikasi Fungi ikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tebu**  
Zahraeni Kumalawati, Kafrawi, Yunus Musa  
*Halaman 26-34*
- Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Pemupukan Fosfat terhadap Hasil Cabai Rawit**  
Lukiwati, D.R., Mansur, I., Ghaisani, A.R.  
*Halaman 35-43*
- Pengaruh Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) terhadap Pertumbuhan Bibit Jelutung Rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.)**  
Winda Septiyeni, Upik Yelianti, Pinta Murni  
*Halaman 44-51*
- Peningkatan Produktivitas Tanah Melalui *Paraserianthes falcataria* L. Yang diinokulasi *Rhizobium* sp. Dan Endomikoriza**  
Agus Widana, Nia Rossiana  
*Halaman 52-58*
- Efektifitas Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskular dan Rhizobakteri Pemacu Pertumbuhan terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi Gogo**  
Tiwit Widowati, Liseu Nurjanah, Nuriyanah, Sylvia J.R. Lekatompessy  
*Halaman 59-68*
- Persistensi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) di Lahan Reklamasi Tambang Timah di Bangka**  
Maliyana Ulfa, Imam Muslimin, Hanifah Khoirunnisa, Abdul Hakim Lukman, Purwanto, dan Kusdi Mulyadi  
*Halaman 69-80*
- Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Azotobacter pada Semai *Gmelina arborea* Roxb di Lahan Pasca Tambang Batubara**  
Guswarni Anwar, Dedriansyah, Hasanudin  
*Halaman 81-91*
- BIO-FITOREMEDIASI OIL SLUDGE 40% MENGGUNAKAN *Oil bacter* DAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) BERMIKORIZA**

Nia Rossiana, Joko Kusmoro, Yayat Dhahiyat  
*Halaman 92-100*

**Evaluasi Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rumput *Brachiaria decumbens***  
Panca Dewi Manu Hara Karti, Iwan Prihantoro, Agustinus Tri Aryanto  
*Halaman 101-106*

**Pengaruh Kapsul Mikoriza terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Tanaman Cabai Rawit, Cabai Keriting dan Tomat**  
Rahayu Ning Janati, Fatimah Nur Istiqomah, Atok Urasid  
*Halaman 107-116*

**Status Dan Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Kemiringan Lahan Agak Curam Di Perkebunan Malabar**  
Rahmat Saputra  
*Halaman 117-124*

**Pengaruh Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif pada Tanaman Singkong**  
Fatimah Nur Istiqomah, Rahayu Ning Janati, Atok Urasid  
*Halaman 125-130*

**The Potential Of Arbuscular Mycorrhizae In Rehabilitating The Degraded Mangrove Areas**  
Agusrianto Yusuf  
*Halaman 131-142*

**Perbaikan Sifat Fisika Ultisol Melalui Peran *Glomalin* Mikoriza dan Bahan Organik Pada Tanaman Jagung (*Zea mays*, L.)**  
Eti Farda Husin, Eddiwal  
*Halaman 143-147*

## **Seleksi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Bibit Kelapa Sawit di Tanah Haplohumods**

Oleh:

**David Irvanto<sup>1\*</sup>, Maria Viva Rini<sup>2</sup>, Radix Suharjo<sup>3</sup>, Lestari Wibowo<sup>3</sup>, dan Adhy Ardiyanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Riset PT. Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan Tengah

<sup>2</sup>Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung

<sup>3</sup>Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung

\*Penulis Korespondensi: david.irtanto@bumitama.com

### **ABSTRAK**

*Penanaman bibit kelapa sawit pada haplohumods memiliki faktor pembatas, yaitu kadar pasir yang tinggi dan rendahnya kandungan hara. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit pada tanah tersebut, yakni dengan pengaplikasian fungi mikoriza arbuskular (FMA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis FMA yang paling sesuai dari 4 genus beserta kombinasinya untuk bibit kelapa sawit pada haplohumods. Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2018 hingga Agustus 2019, di lapangan percobaan Departemen Riset PT Bumitama Gunajaya Agro dan Laboratorium Produksi Perkebunan, Universitas Lampung. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 9 perlakuan dengan 5 ulangan, sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan yaitu, kontrol (T<sub>0</sub>), Glomus sp. (T<sub>1</sub>), Gigaspora sp. (T<sub>2</sub>), Entrophospora sp. (T<sub>3</sub>), Acaulospora sp. (T<sub>4</sub>), Glomus sp. + Gigaspora sp. (T<sub>5</sub>), Glomus sp. + Entropospora sp.(T<sub>6</sub>), Gigaspora sp. + Entropospora sp.(T<sub>7</sub>), dan Glomus sp. + Gigaspora sp. + Entrophospora sp. + Acaulospora sp. (T<sub>8</sub>). FMA sesuai perlakuan diberikan dengan dosis 500 spora per bibit. Aplikasi FMA dilakukan saat bibit dipindah tanam dari pre nursery (umur 3,5 bulan) ke main nursery dengan menaburkan inokulum FMA pada lubang tanam. Di main nursery, bibit dipelihara selama 9 bulan. Data yang diperoleh diolah dengan analisa sidik ragam (uji Anova), kemudian dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis FMA yang efektif pada haplohumods adalah Acaulospora sp. dan Glomus sp. + Gigaspora sp., ditunjukkan dengan nilai bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dengan peningkatan bobot kering sebesar 38,0% dan 53,2% secara berturut-turut.*

**Kata Kunci:** bibit kelapa sawit, haplohumods, mikoriza

### **PENDAHULUAN**

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan primadona di Indonesia. Kelapa sawit menghasilkan minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) dan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang digunakan sebagai minyak makanan, minyak industri, dan bahan bakar nabati (*biodiesel*). Seiring dengan berjalannya waktu, luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia semakin meningkat. Menurut Dirjen perkebunan (2019), luas areal kelapa sawit mengalami peningkatan sebesar 3,46 juta ha dari 11.260.227 ha di tahun 2015 menjadi 14.724.420 ha pada tahun 2019.

Peningkatan luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia ternyata tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan yang optimal untuk tumbuh dan berkembangnya kelapa sawit. Oleh karena itu, pengembangan lahan untuk penanaman kelapa sawit mulai diarahkan pada lahan marginal. Salah satu jenis tanah yang digunakan untuk budi daya perkebunan kelapa sawit adalah haplohumods. Haplohumods adalah tanah dari ordo spodosol yang dapat ditemukan pada dataran alluvial dan koluvial yang merupakan peralihan antara dataran struktural atau tektonik dari batu pasir kuarsa dengan dataran berawa atau gambut. Di Indonesia, tanah ini terdapat di pulau Kalimantan, yaitu di provinsi Kalimantan Tengah (1,51 juta ha), Kalimantan Barat (0,42 juta ha), dan Kalimantan Timur (0,51 juta ha) (Subagjo *et al.*, 2004).

Haplohumods merupakan lahan marginal yang memiliki dua faktor pembatas, yaitu adanya lapisan spodik dan tekstur berpasir (Syarovy *et al.*, 2015). Sifat fisik penting pada spodosol adalah tekstur kasar (pasir atau pasir berlempung) yang berdampak pada rendahnya kemampuan tanah meretensi air (rawan kekeringan) dan rendahnya meretensi hara (mudah tercuci dan perkolasi). Sifat kimia tanah spodosol dicirikan oleh reaksi tanah masam, kandungan-kandungan basa dapat ditukar dan kejenuhan basa rendah. Hara P dan K serta cadangan mineral sangatlah rendah. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah rendah dan sangat tergantung pada kandungan bahan organik (Suharta dan Yatno, 2009).

Berdasarkan faktor pembatas yang dimiliki haplohumods, maka perlu dilakukan pengaplikasian mikroba bermanfaat untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada tanah tersebut. Rini *et al.* (2010) menyatakan bahwa kelapa sawit merupakan tanaman yang secara alami bersimbiosis dengan fungi mikoriza arbuskular (FMA). Manaroinsong dan Lolong (2015) memperoleh FMA genus *Glomus* sp. dari rhizosfir tanaman kelapa sawit sebanyak 259 spora per 100 g tanah Lempung berpasir di Kalimantan Tengah. Pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit berpengaruh nyata pada variabel tinggi tanaman, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, jumlah akar primer, volume akar, persen infeksi akar, dan jumlah spora (Rias *et al.*, 2014).

FMA merupakan simbiosis mutualisme antara fungi tertentu dengan 90% tanaman di dunia (Smith dan Read, 2008). Infeksi FMA pada tanaman diawali dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar, selanjutnya hifa menembus dinding epidermis akar tanaman (Fakuara, 1988). Hifa FMA yang tumbuh dalam jaringan korteks akar membentuk vesikel dan arbuskul. Hifa eksternal FMA yang berada di rhizosfer mampu meningkatkan absorpsi unsur hara N, P, K, Ca, serta nutrisi mikro yang dibutuhkan tanaman, mencegah infeksi patogen akar, membantu memacu peningkatan zat pengatur tumbuh, memperbaiki struktur dan agregat tanah, serta menambah daur mineral (Sastrahidayat, 2011).

Menurut Suhardi (1988), efektivitas FMA dipengaruhi oleh faktor abiotik berupa cahaya, suhu, kesuburan tanah, pH tanah, dan jenis tanah, serta faktor biotik berupa jenis tanaman, organisme tanah, dan jenis FMA. Dengan demikian, pengujian berbagai jenis FMA pada jenis tanah dan tanaman tertentu perlu dilakukan untuk mengetahui jenis FMA yang dapat meningkatkan pertumbuhan pada tanaman dan jenis tanah yang spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis FMA yang paling sesuai untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada tanah haplohumods.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di lapangan percobaan Departemen Riset PT Bumitama Gunajaya Agro dan Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung dari bulan Oktober 2018 sampai Agustus 2019. Rancangan perlakuan disusun dalam rancangan perlakuan tunggal tidak terstruktur dengan 9 perlakuan dan 5 ulangan, sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Perlakuan yang digunakan yaitu kontrol (T<sub>0</sub>), *Glomus* sp. (T<sub>1</sub>), *Gigaspora*

sp. (T<sub>2</sub>), *Entrophospora* sp. (T<sub>3</sub>), *Acaulospora* sp. (T<sub>4</sub>), *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. (T<sub>5</sub>), *Glomus* sp. + *Entrophospora* sp. (T<sub>6</sub>), *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. (T<sub>7</sub>), dan *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. + *Acaulospora* sp. (T<sub>8</sub>). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok. Pengelompokan berdasarkan keseragaman bibit di *main nursery*. Data yang diperoleh dari hasil penelitian diolah menggunakan analisis sidik ragam (Uji F/Anova), kemudian dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengahnya dengan uji beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

### **Penanaman Kecambah di Pre Nursery**

Pembibitan *pre nursery* (PN) dilakukan dengan menggunakan tanah haplohumods dari kebun Panaga Raya Estate di kebun PT Bumitama Gunajaya Agro. Sebelum digunakan, tanah diayak dengan saringan berukuran 1 cm, kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 22x14 cm lalu disiram pada pagi dan sore hari selama 1 minggu. Setelah itu, kecambah kelapa sawit dari jenis Tenera (No. Persilangan F160801946 dan F160802120 yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan) ditanam dengan satu kecambah per *polybag*. Kemudian bibit dipelihara selama 3,5 bulan dengan mengikuti standar pembibitan kelapa sawit.

### **Penanaman dan Aplikasi FMA pada Bibit di Main Nursery**

Setelah bibit berumur 3,5 bulan di PN, bibit selanjutnya dipindah tanam ke *main nursery* (MN) menggunakan media tanam tanah haplohumods yang telah diayak menggunakan ayakan ukuran 1 cm. Tanah kemudian dimasukkan sebanyak 20 kg ke dalam *polybag* ukuran 50x20 cm. Selanjutnya *polybag* yang sudah diisi media disusun di lahan percobaan menurut tata letak rancangan acak kelompok. Aplikasi FMA pada bibit kelapa sawit dilaksanakan pada saat bibit dipindahkan dari PN ke MN. Inokulum mikoriza (sesuai perlakuan) hasil produksi Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung diaplikasikan dengan dosis 500 spora per bibit. Inokulum mikoriza sesuai perlakuan ditaburkan di dasar lubang tanam, kemudian bibit dari PN ditanam di lubang tersebut.

### **Pemeliharaan Tanaman**

Bibit yang sudah dipindah ke MN dipelihara selama 9 bulan. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan adalah penyiraman pada pagi dan sore hari, penyiangan gulma secara manual dengan bantuan cangkul dan kored, pengendalian hama menggunakan insektisida berbahan aktif sipermetrin. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk bayfolan (11.8.6) pada saat bibit berumur 2—11 minggu dengan dosis 2 g/l air. Kemudian dilanjutkan dengan pupuk NPKMg (12.12.17.2) pada saat bibit berumur 14, 19, 21, 23, 25 minggu dengan dosis 5g/bibit dengan cara dibenamkan dalam tanah. Dosis 7,5 g/bibit diberikan saat bibit berumur 27 dan 29 minggu, dosis 10g/bibit pada umur bibit 31, 33, 35, 37 minggu, dan dosis 15 g/bibit pada umur 39, 41, 43, dan 45 minggu. Pada akhir penelitian, dilakukan pengamatan terhadap variabel tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan persen infeksi akar.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit di haplohumods berpengaruh nyata terhadap peubah bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, diameter batang, dan infeksi akar. Akan tetapi, tidak berpengaruh nyata terhadap peubah tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering akar.

Pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit di haplohumods pada tahap *main nursery* berpengaruh nyata pada persen infeksi akar. Semua bibit kelapa sawit yang diinokulasikan FMA

memiliki infeksi akar berkisar antara 60,9—88,7% (tinggi sampai sangat tinggi). Persen infeksi akar tertinggi diperoleh pada perlakuan *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. (88,7%), dan *Acaulospora* sp. (84,3%). Persen infeksi akar terendah diperoleh pada bibit kelapa sawit tanpa diaplikasikan FMA yaitu sebesar 44,1 % (Tabel 1).

Tingginya infeksi FMA pada akar bibit kelapa sawit menunjukkan keberhasilan FMA dalam bersimbiosis dengan akar bibit kelapa sawit. FMA yang diaplikasikan akan membentuk jaringan hifa secara internal pada jaringan korteks dan sebagian hifanya memanjang dan menjulur keluar kemudian masuk ke dalam tanah untuk menyerap air dan unsur hara seperti fosfat, ammonium, kalium, dan nitrat (Lakitan, 2010). Semakin berkembangnya hifa eksternal, maka volume tanah yang dapat dijangkau dalam penyerapan unsur hara dan air akan semakin besar sehingga unsur hara dan air yang diserap oleh bibit kelapa sawit juga akan semakin banyak (Rini dan Efriyani, 2016).

Adanya infeksi akar pada bibit kelapa sawit yang tidak diaplikasikan FMA dikarenakan tanah haplohumods yang digunakan sebagai media tanam di *main nursery* tidak disterilkan sebelum digunakan. Oleh karena itu, spora *indigenous* pada tanah tersebut menginfeksi bibit kelapa sawit. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rini *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa bibit kelapa sawit yang tidak diinokulasi FMA memiliki persen infeksi terendah (51,4%) jika dibandingkan dengan perlakuan aplikasi FMA. Hal tersebut terjadi karena adanya spora *indigenous* pada media tanam yang digunakan tidak disterilkan. Setelah dilakukan pengamatan kandungan spora pada tanah, secara alami tanah haplohumods yang digunakan mengandung mikoriza *indigenous* sebanyak 29,05 spora per 50 gram tanah.

Mekanisme lain yang dapat menyebabkan tanaman bermikoriza mampu menyerap unsur hara lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza adalah berubah komposisi eksudat akar yang dikeluarkan oleh tanaman yang bermikoriza (Lu *et al.*, 2019). Eksudat akar yang dihasilkan oleh tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza mampu meningkatkan populasi mikroba yang bermanfaat bagi tanaman di daerah rizosfer (Vazquez *et al.*, 2000). Sebagian mikroba ada yang terlibat dalam ketersediaan unsur hara, penyerapan unsur hara seperti bakteri pelarut fosfat, bakteri penambat nitrogen, dan lain-lain.

Peningkatan serapan air dan unsur hara pada bibit kelapa sawit yang terinfeksi mikoriza arbuskular, akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan bibit yang diinokulasi FMA. Pada peubah diameter batang, FMA jenis *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp., *Glomus* sp. + *Entrophospora* sp., dan *Gigaspora* sp. memiliki diameter batang lebih besar dibandingkan kontrol sebesar 10,57 cm, 10,37cm, dan 10,36 cm. Sedangkan diameter terendah diperoleh pada perlakuan *Acaulospora* sp. sebesar (9,36 cm) (Tabel 1).

Pemberian FMA pada bibit kelapa sawit tidak berbeda nyata pada peubah tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering akar. Diduga bahwa pada penelitian ini, FMA yang diaplikasikan pada bibit kelapa sawit lebih berperan dalam meningkatkan bobot tajuk tanaman dibandingkan peubah jumlah daun, tinggi tanaman, dan bobot akar. Menurut Reksa (2007), jumlah daun pada bibit kelapa sawit lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetik, dimana bibit kelapa sawit dapat membentuk satu sampai dua helai daun setiap bulannya.

**Tabel 1.** Pengaruh aplikasi jenis Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, bobot kering akar, infeksi akar oleh FMA pada bibit sawit umur 9 bulan di MN yang ditanam menggunakan haplohumods

Perlakuan	Tinggi Tanaman	Diameter Batang	Jumlah Daun	Bobot Kering Akar	Infeksi Akar Oleh FMA
	-- cm --	-- cm --	-- helai --	--- g ---	--- % ---
(T <sub>0</sub> ) Kontrol	162,5 a	9,59 bc	24,2 a	121,9 a	44,1 d
(T <sub>1</sub> ) <i>Glomus</i> sp. (G)	165,5 a	9,60 bc	23,6 a	140,4 a	63,7 bc
(T <sub>2</sub> ) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	166,6 a	<b>10,36 a</b>	24,4 a	172,3 a	77,1 abc
(T <sub>3</sub> ) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	167,3 a	9,61 bc	24,2 a	122,5 a	82,3 ab
(T <sub>4</sub> ) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	174,7 a	9,36 c	23,8 a	166,4 a	<b>84,3 a</b>
(T <sub>5</sub> ) G + Gi	168,2 a	9,65 bc	24,4 a	160,3 a	60,9 cd
(T <sub>6</sub> ) G + E	176,0 a	<b>10,37 a</b>	24,2 a	144,9 a	77,6 ab
(T <sub>7</sub> ) Gi + E	174,3 a	<b>10,57 a</b>	24,2 a	174,7 a	<b>88,7 a</b>
(T <sub>8</sub> ) G + Gi+ E + A	72,8 a	10,02 ab	24,0 a	163,9 a	76,6 abc
<b>BNT 5%</b>	<b>13,9</b>	<b>0,65</b>	<b>1,5</b>	<b>59,8</b>	<b>20,53</b>

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf nyata 5%.

Pada Tabel 2, peubah bobot segar tajuk pada pengaplikasian FMA berbeda nyata dengan tanpa pengaplikasian FMA. Bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan *Gigaspora* sp. + *Entrophospora* sp. (2.586,9 g), *Gigaspora* sp.(2.503,9 g), dan *Acaulospora* sp. (2.418,5 g). Untuk bobot segar tajuk terendah diperoleh pada perlakuan tanpa pengaplikasian FMA, yaitu sebesar 1979,2 g. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rias *et al.* (2014) bahwa pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit memiliki nilai bobot segar tajuk lebih tinggi dibandingkan dengan bibit tanpa pengaplikasian FMA.

Pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit di tanah haplohumods menghasilkan bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan tanpa pengaplikasian FMA (Tabel 2), kecuali pada perlakuan *Glomus* sp.+*Entrophospora* sp. (485,3 g). Bobot kering tajuk tertinggi diperoleh pada bibit kelapa sawit yang diinokulasi dengan FMA jenis *Glomus* sp.+*Gigaspora* sp. dan *Acaulospora* sp. yaitu sebesar (715,8 g) dan (644,8 g). Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rini dan Efriyani (2016), bahwa pengaplikasian FMA pada bibit kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap peubah bobot kering brangkasannya jika dibandingkan dengan bibit yang tidak diaplikasikan FMA.

Cavagnaro *et al.* (2003) menyatakan bahwa efektivitas simbiosis FMA dengan tanaman dapat dilihat berdasarkan kemampuan FMA dalam meningkatkan bobot kering tanaman. Bobot kering tanaman merupakan salah satu indikator proses metabolisme tanaman (Taiz dan Zeiger, 2010). Unsur hara dan air yang diserap oleh FMA kemudian ditransfer pada tanaman melalui akar, yang selanjutnya digunakan oleh tanaman untuk membantu proses metabolisme. Produk dari proses metabolisme tanaman adalah bobot kering tanaman. Musfal (2010) menyatakan bahwa bobot kering tanaman mencerminkan banyaknya unsur hara yang diserap oleh tanaman. Semakin banyak unsur hara yang diserap tanaman, maka akan semakin besar bobot kering tanaman.

**Tabel 2.** Pengaruh aplikasi jenis Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap bobot segar dan kering tajuk bibit sawit umur 9 bulan di MN yang ditanam menggunakan haplohumods

Perlakuan	Bobot Segar Tajuk	Bobot Kering Tajuk	Selisih Bobot Kering Tajuk Dengan Kontrol	Peningkatan Pertumbuhan
	----- g -----	----- g -----	----- g -----	----- % -----
(T <sub>0</sub> ) Kontrol	1979,2 b	467,1 c		
(T <sub>1</sub> ) <i>Glomus</i> sp. (G)	2308,8 ab	529,5 bc	62,4	13,4
(T <sub>2</sub> ) <i>Gigaspora</i> sp. (Gi)	<b>2503,9 a</b>	587,6 abc	120,5	25,8
(T <sub>3</sub> ) <i>Entrophospora</i> sp. (E)	2258,1 ab	530,2 bc	63,1	13,5
(T <sub>4</sub> ) <i>Acaulospora</i> sp. (A)	<b>2418,5 a</b>	<b>644,8 ab</b>	<b>177,7</b>	<b>38,0</b>
(T <sub>5</sub> ) G + Gi	2347,6 ab	<b>715,8 a</b>	<b>248,7</b>	<b>53,2</b>
(T <sub>6</sub> ) G + E	2267,2 ab	485,3 c	18,2	3,9
(T <sub>7</sub> ) Gi + E	<b>2586,9 a</b>	588,5 abc	121,4	26,0
(T <sub>8</sub> ) G + Gi+ E + A	2392,7 ab	581,6 abc	114,5	24,5
BNT 5%	415,5	146,9		

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf nyata 5%.

Menurut Brundrett *et al.* (1996), keefektifan setiap jenis FMA bergantung pada jenis FMA yang diaplikasikan, jenis tanah, jenis tanaman, dan interaksi antar ketiga faktor tersebut. Pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa dari 9 perlakuan yang telah diberikan pada bibit kelapa sawit dengan media tanam haplohumods di *main nursery*, FMA jenis *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. memberikan pertumbuhan tertinggi pada bibit kelapa sawit jika dibandingkan dengan bibit yang tidak diberi FMA yaitu sebesar 38% dan 53%. Hal tersebut dibuktikan dengan tingginya bobot kering tajuk pada kedua perlakuan tersebut jika dibandingkan dengan tanpa pemberian FMA.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa FMA jenis *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp. merupakan FMA yang efektif dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada haplohumods yang ditunjukkan dengan nilai bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dengan peningkatan bobot kering sebesar 38,0% dan 53,2% secara berturut-turut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Bumitama Gunajaya Agro yang telah membiayai penelitian ini melalui kerjasama PT BGA dan FAPERTA UNILA serta Laboratorium Produksi Perkebunan Universitas Lampung yang telah menyediakan inokulum FMA dan membantu dalam analisa infeksi akar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brundrett, M.C., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N., 1996, *Working With Mycorrhizal in Forestry and Agricultural*. Piere Printers: Canberra, Australia.
- Direktoral Jendral Perkebunan, 2019; Luas Areal dan Produksi Kelapa Sawit (Minyak Sawit) Menurut Status Pengusahaan Tani (1980—2020). Statistik Perkebunan Indonesia 2018—2020 (Kelapa Sawit); Dhani Gartian, R. Lucky Lukmana Sukriya; Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan: Jakarta, Indonesia, pp. 27.
- Fakuara, Y.M., 1988. *Mikoriza, Teori dan Kegunannya Dalam Praktek*. Fahutan IPB: Bogor, Indonesia, 23 hlm.
- Lakitan B., 2010. *Penyerapan Unsur Hara. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Raja Grafindo Persada: Jakarta, Indonesia, pp. 75—76.
- Lu, L.U., Zou Y.N., and Wu Q.S., 2019. Mycorrhizas Mitigate Soil Replant Disease of Peach Through Regulating Root Exudates, Soil Microbial Population, and Soil Aggregate Stability. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*. 50 (7): pp. 909—921.
- Manaroinsong E. dan Lolong A.A., 2015. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Beberapa Tekstur Tanah di Lahan Kelapa Sawit di Kalimantan Tengah. *B. Palma* 16 (2): pp. 203—210.
- Reksa A., 2007. Perubahan Pola Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Pemberian ZPT Atonik pada Media Campuran Pasir dan Blotong Tebu di *Pre Nursery*. Skripsi. Medan: Indonesia, Universitas Sumatra Utara.
- Rias, R.R., Rini, M.V., dan Yelli, F. 2014. Seleksi lima fungi mikoriza arbuskular untuk pembibitan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada dua dosis pupuk NPK. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 15 (1): 24—32.
- Rini, V.M. Utoyo, B. dan Timotiwu B.P., 2010, Populasi dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Kebun Kelapa Sawit di Tanah Mineral dan Gambut. Dalam *Prosiding Seminar Keragaman Hayati Tanah*, Bandar Lampung, Indonesia, 29—30 Juni 2010; Rosma Hasibuan, F.X. Susilo, I Gede Wibawa, Agus Karyanto, Pitojo Budiono, Endah Setyaningrum, Bainah Sari Dewi, Yuyun Fitriana (Eds.) Universitas Lampung, Indonesia, pp. 208—218.
- Rini, V.M. dan Efriyani, U., 2016. Respon Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Terhadap Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular dan Cekaman. *Menara Perkebunan*, 84 (2): pp. 107—116.
- Rini, V.M., Pertiwi, O.K., dan Saputra, H., 2017. Seleksi Lima Isolat Fungi Mikoriza Arbuskular Untuk Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jaq.) di Pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5 (3): pp. 138—143.
- Sastrahidayat, I. R., 2011. *Pendahuluan. Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. Universitas Brawijaya Press: Malang, Indonesia, pp. 8—9.
- Smith, S.E. and Read, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London: England. 800 p.
- Subagjo, H., Suharta N., dan Siswanto A.B., 2004. *Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. Dalam Sumberdaya Lahan dan Pengelolaannnya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat; Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Suhardi, 1998. *Ekologi Dari VAM. Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)*. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi Universitas Gadjah Mada: Jogjakarta, Indonesia, pp. 26—41.
- Suharta N. dan Yatno E., 2009. Karakteristik Spodosol, Kendala dan Potensi Penggunaannya. *Jurnal Sumberdaya lahan*. 3 (1): pp. 1—14.

- Syarovy M. Ginting, E.N., Wiratmoko D., dan Santoso, H., 2015. Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit di Tanah Spodosol. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2 (39): pp. 340—347.
- Vazquez, M.M., Cesar, S., Azcon, R., and Barea, J.M., 2000. Interactions Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Other Microbial Inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their Effects on Microbial Population and Enzyme Activities in the Rhizosphere of Maize Plants. *Appl. Soil Ecol.* 15: pp. 261—272.

## **Ekspolorasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Tumbuhan Paku Terrestrial dari Lahan Bekas Tambang Batubara di Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi**

Oleh:

**Tiara Putri Utami<sup>1</sup>, Upik Yelianti<sup>2\*</sup>, Muswita<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Pendidikan Biologi Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Jl. Raya Jambi-Muaro Bulian km 15 Mendalo Indah 36361

\*email: upikyelianti@ymail.com

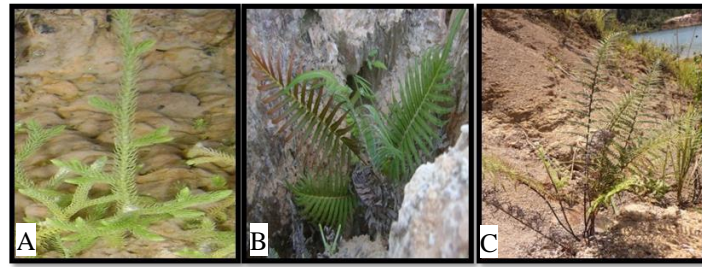
### **ABSTRAK**

*Keragaman tumbuhan paku dapat dijadikan sumber informasi terkait gambaran lahan yang mengalami kerusakan. Hal ini dapat dijumpai pada suatu kawasan pertambangan batubara yang berkembang cukup pesat di Desa Jebak, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Kemampuan hidup dari tumbuhan paku tersebut didukung oleh mikroorganisme yang dikenal dengan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui genus FMA, tipe kolonisasi dan perbedaan dari masing-masing tipe yang didapatkan pada jaringan akar dan rizosfer tumbuhan paku terrestrial dari lahan bekas tambang batubara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genus FMA yang terdapat di dalam jaringan akar dan rizosfer *Lycopodium sp.*, *Pteris sp.*, dan *Botrychium sp.* berjumlah 3 genus yaitu *Acaulospora*, *Glomus*, dan *Gigaspora*. Sedangkan untuk tipe kolonisasi FMA yang terdapat di dalam jaringan akar adalah tipe arum dan tipe paris. Perbedaan tipe kolonisasi FMA berdasarkan kelompok akar dapat ditemukan pada paku *Lycopodium sp.*, terlihat bahwa antara akar muda dan remaja memiliki tipe arum dengan hifa intersel diantara set-set korteks sedangkan pada akar tua membentuk hifa koil dalam jaringan korteksnya sehingga memiliki tipe paris.*

**Kata Kunci:** mikoriza, tambang, tumbuhan paku.

### **PENDAHULUAN**

Desa Jebak merupakan salah satu daerah di Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi yang memiliki kekayaan alam serta sumber daya yang berlimpah. Hal ini dapat mendukung berkembangnya sektor perekonomian seperti industri pertambangan batubara yang dapat menjadi sumber energi seiring dengan semakin terbatasnya cadangan minyak dan gas alam. Umumnya lahan tambang batubara menyebabkan lapisan atas (*top soil*) menjadi hilang sehingga tanah mengalami kerusakan yang cukup berat, keadaan ini menyebabkan tanah menjadi miskin akan kandungan unsur hara yang berakibat tidak baik bagi kehidupan tumbuhan.



**Gambar 1.** Tumbuhan paku yang hidup pada beberapa titik lokasi pasca tambang batubara (A) *Lycopodium* sp., (B) *Pteris* sp. dan (C) *Botrychium* sp.

Berdasarkan hasil observasi terdapat beberapa jenis tumbuhan paku yang hidup pada beberapa titik lokasi pasca tambang batubara (Gambar 1). Keragaman tumbuhan paku yang mampu hidup pada lahan sekitar bekas tambang merupakan sebagian informasi penting yang perlu diketahui sehingga dapat memberikan gambaran komunitas lahan yang telah mengalami kerusakan.

Kemampuan tumbuhan paku untuk dapat hidup di lahan tambang dapat diindikasikan adanya makhluk hidup lain yang juga ikut berperan penting di dalamnya yaitu mikoriza. Mikoriza merupakan fungi yang mampu bersimbiotik mutualisme dengan akar tumbuhan yang disebut inang. Hubungan simbiosis antara fungi dengan inangnya meliputi pemberian unsur hara dan mineral tanah sehingga tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, sedangkan fungi memperoleh fotosintat berupa karbohidrat dari inangnya. Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan simbiosis akar yang bersimbiosis dengan mayoritas tumbuhan tingkat tinggi dan umumnya ditemukan pada ekosistem terestrial.

Kolonisasi FMA dapat dijumpai pada akar tumbuhan yang hidup di lahan bekas tambang batubara. Hal ini menunjukkan bahwa FMA dapat membantu penyerapan unsur hara dan air. Kolonisasi FMA ditandai dengan struktur *vesikula*, *arbuskula*, *hifa interseluler* maupun *intraseluler* pada akar tumbuhan yang diamati secara mikroskopis. Hasil pengamatan terhadap akar tumbuhan nantinya dapat ditentukan persentase maupun tipe kolonisasi FMA. Persentase kolonisasi dapat dikategorikan mulai dari yang tidak terkolonisasi hingga yang memiliki nilai kolonisasi tertinggi. Sedangkan untuk tipe kolonisasi terbagi atas dua kelompok yaitu tipe arum dan tipe paris. Perbedaan tipe arum dan tipe paris nantinya akan ditentukan oleh dominansi hifa interseluler dan arbuskula yang terbentuk.

Keberadaan FMA pada rizosfer maupun akar dapat diidentifikasi dari tumbuhan yang berasal dari lokasi bekas tambang. Hal ini dapat dipertegas oleh penelitian yang dilakukan oleh Suharno dkk. (2016) bahwa dari tiga jenis tumbuhan paku yang ada pada lahan tambang menunjukkan adanya infeksi dari FMA, salah satu tumbuhan paku yang terinfeksi dan berasosiasi dengan FMA yaitu *Pteris radicans*. Pendeteksian adanya FMA pada lahan marginal merupakan salah satu pendukung dalam upaya reklamasi. Selain itu, Mustakim (2017) menyatakan bahwa identifikasi yang dilakukan terhadap rizosfer tumbuhan yang berasal dari lahan bekas tambang batubara, hanya ditemukan beberapa genus FMA yaitu *Glomus* dan *Acaulosporae*. Hal ini dapat terjadi karena kecocokan faktor lingkungan lahan bekas tambang seperti suhu dan pH dengan karakteristik dari masing-masing genus.

Selain di dalam jaringan akar, FMA juga terdapat di rizosfer tempat hidup tumbuhan. Belum ada informasi yang mengkaji keberadaan FMA pada rizosfer tumbuhan paku yang hidup pada lahan bekas tambang batubara di Desa Jebak. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Ekspolorasi Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Tumbuhan Paku Terestrial Dari Lahan Bekas Tambang Batubara di Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi”.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Nan Riang yang terletak di Desa Jebak, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu rizosfer dan akar dari tumbuhan paku (*Lycopodium* sp., *Pteris* sp., dan *Botrychium* sp.) yang terdapat di lahan bekas tambang batubara, larutan KOH 10%, larutan HCL 2%, sukrosa 60%, pereaksi *Melzer's*, PVLG, larutan *laktogliserin*, *trypan blue*. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *sieving* bertingkat (20 mesh, 60 mesh, 200 mesh, 300 mesh, dan 400 mesh), mikroskop, *sentrifuge* dan gelas ukur.

Titik sampel ditentukan dengan mempertimbangkan keberadaan tumbuhan paku yang lebih mendominasi di sekitar lahan bekas galian tambang batubara dan titik pengambilan sampel ditentukan menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Sumber data diperoleh dari hasil ekstraksi spora dan pewarnaan akar *Lycopodium* sp., *Pteris* sp., dan *Botrychium* sp. yang berasal dari lahan bekas tambang batubara di Desa Jebak. Ekstraksi spora bertujuan untuk memperoleh data spora yang terdapat pada rizosfer tumbuhan paku sedangkan pewarnaan akar bertujuan untuk memperoleh data kolonisasi FMA.

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dan metode dokumentasi.

### Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan akan dianalisis dengan cara berikut:

#### 1. Kepadatan Spora FMA

Perhitungan spora dilakukan untuk mengetahui kepadatan dan frekuensi spora. Kepadatan dan frekuensi spora setiap 100 g tanah dihitung dengan rumus berikut (Natalia, 2016):

$$\text{Kepadatan spora} = \frac{\text{Jumlah spora}}{100 \text{ g}}$$

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah sampel ditemukan spora}}{\text{Total sampel}} \times 100\%$$

#### 2. Kolonisasi Akar Mikoriza

Perhitungan kolonisasi akar FMA menggunakan rumus Vierheilig *et al.* 1998 (Nusantara & Irdika, 2012):

$$\% \text{ Akar terkolonisasi} = \frac{\sum \text{bidang pandang bermikoriza}}{\sum \text{bidang pandang yang diamati}} \times 100\%$$

Kategori aras kolonisasi FMA dapat ditentukan berdasarkan Tabel 1:

O'Connor <i>et al.</i> . (2001)	
Persentase kolonisasi	Kategori
0	Tidak dikolonisasi
< 10	Rendah
10-30	Sedang
> 30	Tinggi



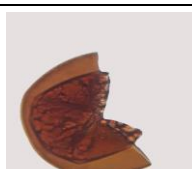


## HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahan bekas tambang batubara pada objek penelitian ini tidak memiliki lapisan topsoil tanah, sehingga lahan ini berubah menjadi lahan marginal. Kondisi lahan bekas tambang ini didominasi oleh tanah pasir dan tanah liat serta ditumbuhi beberapa tumbuhan yang dapat beradaptasi dengan lingkungannya. Tumbuhan yang dapat ditemukan pada bagian tebing dan dataran pinggir danau bekas galian tambang diantaranya adalah tumbuhan perintis seperti tumbuhan paku dan lumut.




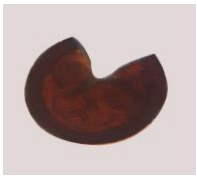
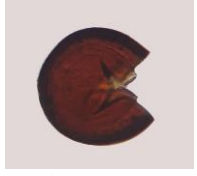


### a. Karakteristik dan Tipe Spora FMA Pada Rizosfer *Lycopodium* sp.

Hasil pengamatan terhadap tipe spora yang ada pada rizosfer *Lycopodium* sp. berdasarkan ciri morfologi dan reaksinya terhadap *Melzer's* dapat dilihat pada Tabel 2.








**Tabel 2.** Tipe Spora yang Terdapat di Rizosfer *Lycopodium* sp.

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
1.	 <i>Acaulospora</i> sp. 1	Spora bulat, berwarna coklat kekuningan, dinding spora tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 200 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
2.	 <i>Acaulospora</i> sp. 2	Spora bulat, berwarna coklat kemerahan, memiliki dinding spora yang tebal dengan permukaan seperti kulit jeruk dan berjumlah 2 lapis. Lolos pada saringan 200 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
3.	 <i>Acaulospora</i> sp. 3	Spora bulat, berwarna merah bata, memiliki dinding spora yang tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 300 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
4.	 <i>Acaulospora</i> sp. 4	Spora bulat, berwarna coklat kemerahan, memiliki dinding spora yang tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 200 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
5.	 <i>Glomus</i> sp. 1	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis dan permukaan halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

Lanjutan Tabel 2

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
6.	 <i>Glomus sp. 2</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis, permukaan halus, terdapat <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
7.	 <i>Glomus sp. 3</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis dan permukaan berbintik. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
8.	 <i>Glomus sp. 4</i>	Spora berbentuk lonjong, berwarna kuning kecokelatan dan berukuran cukup besar, dinding spora tipis dengan permukaan berbintik. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
9.	 <i>Glomus sp. 5</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
10.	 <i>Glomus sp. 6</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 4 lapis, permukaan halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
11.	 <i>Glomus sp. 7</i>	Spora berbentuk lonjong, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dan permukaan berbintik. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
12.	 <i>Glomus sp. 8</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal berjumlah 4 lapis dengan permukaan sedikit berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

Lanjutan Tabel 2

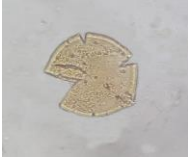



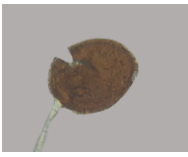


No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
13.	 <i>Glomus</i> sp. 9	Spora berbentuk bulat lonjong, berwarna coklat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis, permukaan halus dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's
14.	 <i>Glomus</i> sp. 10	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat gelap, dinding sel tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's
15.	 <i>Glomus</i> sp. 11	Spora bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding sel tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's
16.	 <i>Glomus</i> sp. 12	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
17.	 <i>Glomus</i> sp. 13	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat gelap, dinding spora tebal, permukaan halus dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
18.	 <i>Gigaspora</i> sp. 1	Spora berbentuk bulat, berwarna hialin, memiliki dua lapis dinding, serta <i>auxiliary cells</i> dengan permukaan bergerigi. Lolos pada saringan 300 mesh.	Bereaksi dengan Melzer's secara menyeluruh
19.	 <i>Gigaspora</i> sp. 2	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, memiliki dua lapis dinding, serta <i>auxiliary cells</i> dengan permukaan bergerigi. Lolos pada saringan 200 mesh.	Bereaksi dengan Melzer's secara menyeluruh

Berdasarkan data pada tersebut menunjukkan bahwa terdapat 19 tipe spora yang terdiri atas 3 genus, yaitu *Acaulospora*, *Glomus* dan *Gigaspora*. Masing-masing genus memiliki karakteristik yang berbeda-beda mulai dari bentuk, warna, permukaan dan dinding spora. Genus FMA yang banyak paling banyak ditemukan adalah *Glomus* yang berjumlah 13 tipe, diikuti oleh *Acaulospora* berjumlah 4 tipe dan *Gigaspora* berjumlah 2 tipe.





**b. Karakteristik dan Tipe Spora FMA Pada Rizosfer *Pteris* sp.**

Hasil pengamatan terhadap tipe spora yang ada pada rizosfer *Pteris* sp. berdasarkan ciri morfologi dan reaksinya terhadap Melzer's dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Tipe Spora yang Terdapat di Rizosfer *Pteris* sp.

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
1.	 <i>Glomus</i> sp. 1	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
2.	 <i>Glomus</i> sp. 2	Spora berbentuk bulat lonjong, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis, permukaan halus dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
3.	 <i>Glomus</i> sp. 3	Spora berbentuk bulat, berwarna hialin dengan bagian tengah berwarna coklat, dinding spora tipis, permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
4.	 <i>Glomus</i> sp. 4	Spora berbentuk bulat lonjong, berwarna coklat kemerahan, memiliki dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan berbintik dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
5.	 <i>Glomus</i> sp. 5	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat, dinding spora tipis dengan permukaan berbintik dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
6.	 <i>Glomus</i> sp. 6	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat gelap, dinding spora tipis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
7.	 <i>Glomus</i> sp. 7	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

Lanjutan Tabel 3


No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
8.	 <i>Glomus</i> sp. 8	Spora berbentuk bulat lonjong, berwarna kuning, dinding spora tipis dengan permukaan halus. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
9.	 <i>Glomus</i> sp. 9	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan spora yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
10.	 <i>Glomus</i> sp. 10	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
11.	 <i>Gigaspora</i> sp. 1	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kehitaman, memiliki dua lapis dinding, serta <i>auxiliary cells</i> dengan permukaan bergerigi. Lolos pada saringan 300 mesh.	Bereaksi dengan Melzer's secara menyeluruh.

Berdasarkan data pada Tabel 3 diketahui bahwa tipe spora dapat ditentukan berdasarkan ciri morfologi dan reaksinya dengan Melzer's. Hasil ekstraksi spora dari rizosfer *Pteris* sp. menunjukkan adanya 11 tipe spora yang terdiri atas 2 genus, yaitu *Glomus* dan *Gigaspora*. Genus FMA yang banyak paling banyak ditemukan adalah *Glomus* yang berjumlah 10 tipe sedangkan *Gigaspora* hanya 1 tipe. Beberapa tipe spora FMA yang ditemukan pada *Pteris* sp. juga memiliki perbedaan dengan tipe spora FMA yang ditemukan pada rizosfer *Lycopodium* sp.



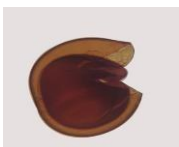




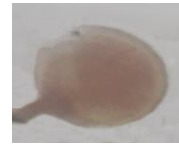
### c. Karakteristik dan Tipe Spora FMA Pada Rizosfer *Botrychium* sp.

Hasil pengamatan terhadap tipe spora yang ada pada rizosfer *Botrychium* sp. berdasarkan ciri morfologi dan reaksinya terhadap Melzer's dapat dilihat pada Tabel 4.



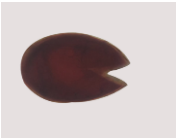





**Tabel 4.** Tipe Spora yang Terdapat di Rizosfer *Botrychium* sp.

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
1.	 <i>Acaulospora</i> sp.1	Spora bulat, berwarna merah bata, memiliki dinding spora yang tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 300 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.








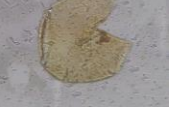
Lanjutan Tabel 4

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
2.	 <i>Acaulospora</i> sp. 2	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 200 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
3.	 <i>Acaulospora</i> sp. 3	Spora berbentuk lonjong, berwarna cokelat, dinding spora tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 200 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
4.	 <i>Acaulospora</i> sp. 4	Spora berbentuk bulat lonjong, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 300 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
5.	 <i>Acaulospora</i> sp. 5	Spora berbentuk bulat, berwarna kemerahan, dinding spora sangat tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 200 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
6.	 <i>Acaulospora</i> sp. 6	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kekuningan, memiliki dinding spora yang tebal berjumlah 3 lapis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Lolos pada saringan 300 mesh.	Lapisan luar tidak bereaksi sedangkan lapisan dalam bereaksi.
7.	 <i>Glomus</i> sp. 1	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kuning, dinding spora tipis dan permukaan halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
8.	 <i>Glomus</i> sp. 2	Spora berbentuk lonjong, berwarna cokelat, dinding spora tipis dan permukaan halus. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
9.	 <i>Glomus</i> sp. 3	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis dengan permukaan yang halus dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

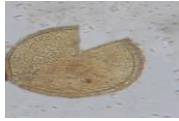
Lanjutan Tabel 4

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
10.	 <i>Glomus sp. 4</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
11.	 <i>Glomus sp. 5</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
12.	 <i>Glomus sp. 6</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
13.	 <i>Glomus sp. 7</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat, dinding spora tipis dengan permukaan berbintik. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
14.	 <i>Glomus sp. 8</i>	Spora berbentuk bulat lonjong, berwarna coklat kekuningan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
15.	 <i>Glomus sp. 9</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kekuningan, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
16.	 <i>Glomus sp. 10</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna putih kekuningan, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
17.	 <i>Glomus sp. 11</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

Lanjutan Tabel 5

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
18.	 <i>Glomus</i> sp. 12	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat gelap, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
19.	 <i>Glomus</i> sp. 13	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis dengan permukaan yang berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
20.	 <i>Glomus</i> sp. 14	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis dengan permukaan yang halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
21.	 <i>Glomus</i> sp. 15	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, dinding spora tipis dengan permukaan yang berbintik dan memiliki <i>subtending hyphae</i> . Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
22.	 <i>Glomus</i> sp. 16	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan, permukaan halus. Lolos pada saringan 200 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
23.	 <i>Glomus</i> sp. 17	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kemerahan, dinding spora tebal berjumlah 3 lapis permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
24.	 <i>Glomus</i> sp. 18	Spora berbentuk bulat, berwarna putih dengan bagian tengah berwarna coklat, dinding spora tipis, permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.
25.	 <i>Glomus</i> sp. 19	Spora berbentuk bulat, berwarna hialin, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis, permukaan halus. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

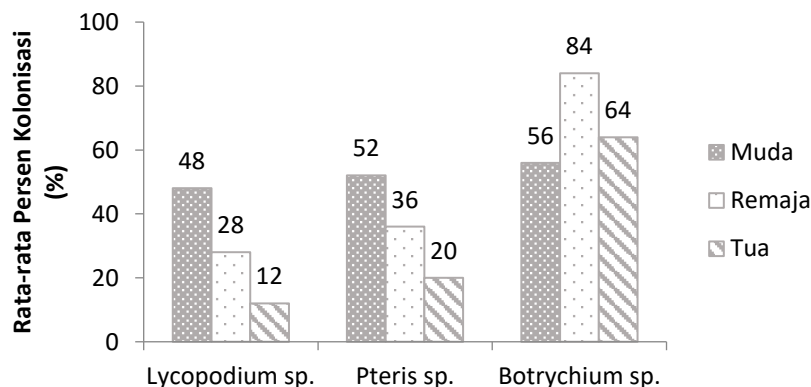
Lanjutan Tabel 4

No.	Tipe Spora	Ciri-ciri Morfologi	Reaksi dengan Melzer's
26.	 <i>Glomus sp. 20</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, dinding spora tebal berjumlah 2 lapis, permukaan berbintik. Lolos pada saringan 300 mesh.	Tidak bereaksi dengan Melzer's.

Berdasarkan data pada Tabel 4 diketahui bahwa tipe spora yang didapat dari hasil ekstraksi spora rizosfer *Botrychium sp.* menunjukkan adanya 26 tipe spora yang terdiri atas 2 genus, yaitu *Acaulospora* dan *Glomus*. Genus FMA yang banyak paling banyak ditemukan adalah *Glomus* yang berjumlah 20 tipe dan diikuti oleh *Acaulospora* yang berjumlah 6 tipe. Beberapa tipe spora FMA yang ditemukan pada *Botrychium sp.* juga memiliki perbedaan dengan tipe spora FMA yang ditemukan pada rizosfer *Lycopodium sp.* maupun *Pteris sp.*.

#### d. Kolonisasi akar FMA pada Akar Tumbuhan Paku

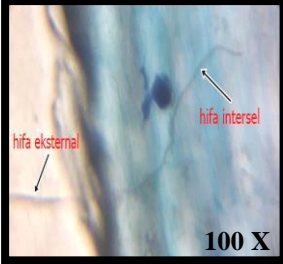
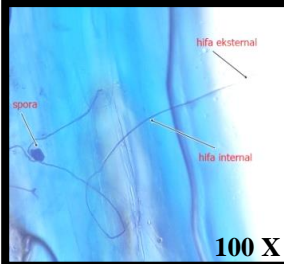
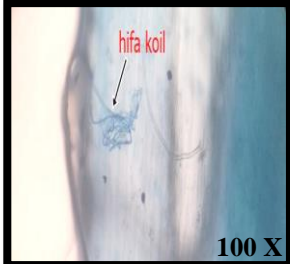
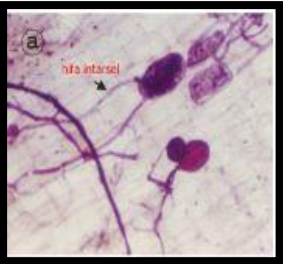


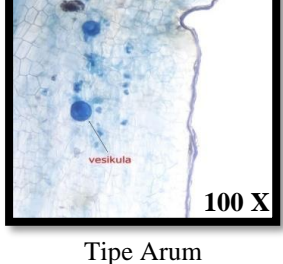
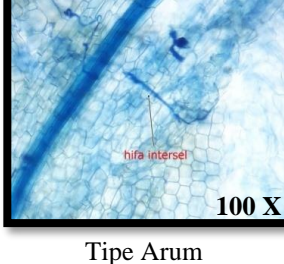
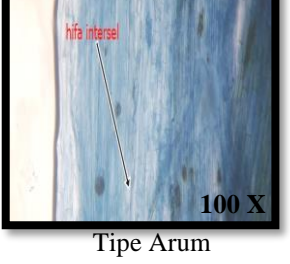
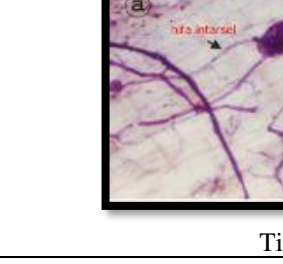


Secara umum tumbuhan paku yang berada pada lahan bekas tambang batubara memiliki nilai persentase kolonisasi dari kategori sedang-tinggi. Kolonisasi akar FMA tertinggi dimiliki oleh *Botrychium sp.* Hal ini dapat dilihat dari ketiga kelompok akar yakni muda, remaja dan tua menunjukkan kategori kolonisasi yang tinggi karena memiliki nilai persentase kolonisasi > 30 % (Gambar 2).



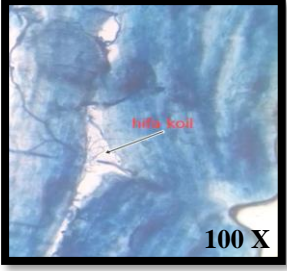

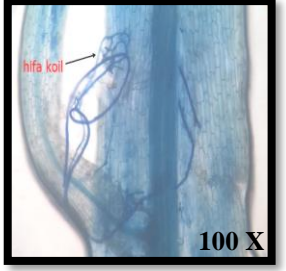
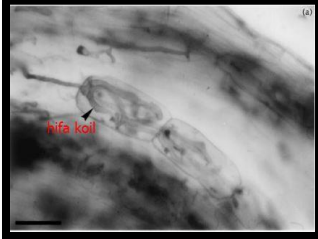
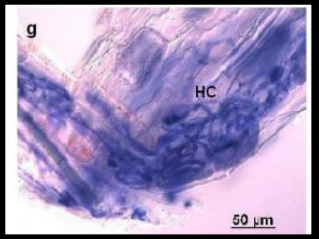
**Gambar 2.** Grafik Rata-rata Persentase Kolonisasi FMA dari Masing-Masing Akar Tumbuhan Paku

Kolonisasi FMA pada akar muda, remaja maupun tua dapat ditandai dengan adanya struktur yang terbentuk seperti hifa internal/intersel dan hifa eksternal, hifa koil, vesikula maupun arbuskula. Berdasarkan struktur yang terbentuk maka dapat ditentukan pula tipe kolonisasi FMA (Tabel 5).

**Tabel 5.** Kolonisasi FMA pada Akar Tumbuhan Paku

No.	Tumbuhan Paku (Jenis Akar)		
1.	Hasil Pengamatan Akar <i>Lycopodium</i> sp.		
	Akar Muda	Akar Remaja	Akar Tua
			
	Tipe Arum	Tipe Arum	Tipe Paris
	Literatur		
			
Tipe Arum (Harikumar dan Potty, 2009:57)	Tipe Arum	Tipe Paris	
2.	Hasil Pengamatan Akar <i>Pteris</i> sp.		
	Akar Muda	Akar Remaja	Akar Tua
			
	Tipe Arum	Tipe Arum	Tipe Arum
	Literatur		
			
Tipe Arum (Harikumar dan Potty, 2009:57)	Tipe Arum	Tipe Arum	

Lanjutan tabel 5

3.	Hasil Pengamatan Akar <i>Botrychium</i> sp		
	Akar Muda	Akar Remaja	Akar Tua
			
	Tipe Paris	Tipe Paris	Tipe Paris
	Literatur		
			
	Tipe Paris (Cavagnaro, 2001:108)	Tipe Paris (Rodríguez-Rodríguez, dkk., 2013:57)	

Berdasarkan Tabel 5 masing-masing tumbuhan paku memiliki tipe kolonisasi FMA yang berbeda-beda mulai dari akar muda hingga tua. Terdapat 2 tipe yaitu arum dan paris.

### Pembahasan

Tumbuhan paku yang dijadikan objek penelitian diambil dari 2 jalur yang berbeda, yaitu jalur dataran pinggir danau (A) dan titik tebing bekas galian tambang batubara (B). Tidak semua jenis tumbuhan paku ditemukan pada satu jalur. Seperti halnya *Pteris* sp. yang hanya ditemukan pada jalur B dan terdapat di dua titik saja. Keberadaan *Pteris* sp. di jalur B ini dapat dipengaruhi oleh faktor abiotik (iklim dan tanah) serta biotik (mikoriza).

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari ekstraksi spora diketahui bahwa ketiga jenis tumbuhan paku mengandung mikoriza dengan jumlah spora yang berbeda-beda. Jumlah spora yang terdapat pada rizosfer tumbuhan paku di jalur B lebih banyak dibandingkan dengan jumlah spora di jalur A. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi tanah pada jalur B yang secara fisik memiliki warna lebih terang. Dijelaskan oleh Maharani dkk. (2010) bahwa warna tersebut dapat menjadi indikator bahwa kandungan bahan organik yang dimiliki oleh tanah rendah/kurang. Kondisi ini dapat disebabkan oleh kegiatan tambang batubara yang telah dilakukan.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jenis tumbuhan paku yang memiliki kepadatan spora tertinggi adalah *Lycopodium* sp. yang terdapat di jalur B dengan 71 spora/100 g tanah. Hal ini dapat disebabkan karena *Lycopodium* sp. merupakan salah satu tumbuhan paku yang membutuhkan FMA dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Ditegaskan oleh Tjitrosoepomo (2004) bahwa untuk pembentukan protalium, marga *Lycopodium* ini harus bersimbiosis dengan FMA yang berperan dalam meningkatkan penyerapan hara dan air. Identifikasi FMA dilakukan dengan mendeskripsikan ciri morfologi yang dimiliki dan reaksinya dengan Melzer's. Berdasarkan identitas morfologi, mikoriza dapat diidentifikasi sampai ke tingkat genus. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara umum terdapat 3

genus FMA yang dimiliki oleh tumbuhan paku terestrial yang berasal dari lahan bekas tambang batubara Desa Jebak yaitu *Acaulospora*, *Glomus* dan *Gigaspora*. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mustakim (2017) pada tumbuhan yang terdapat di lahan bekas tambang batubara Desa Jebak, ditemukan genus *Glomus* dan *Acaulospora* saja, maka pada penelitian ini ditemukan genus lain yaitu *Gigaspora*. Hal ini memberikan informasi baru bahwa terdapat keragaman genus FMA yang bersimbiosis dengan tumbuhan yang hidup di lahan bekas tambang batubara.

Meskipun beberapa tumbuhan paku memiliki genus FMA yang hampir sama, namun jumlah spora dan karakter spesifiknya tentu memiliki perbedaan. Karakter yang tampak seperti warna dan bentuk dari spora yang ditemukan pada rizosfer jalur B lebih bervariasi dibandingkan dengan jalur A. Pada jalur A juga tidak ditemukan adanya *Gigaspora*, hal ini dapat disebabkan oleh kecocokan spora FMA terhadap inangnya dan kemampuan adaptasi yang dimiliki oleh *Gigaspora*.

Berdasarkan hasil penelitian, genus FMA yang lebih dominan ditemukan adalah *Glomus*. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilaporkan oleh Kartika (2012) bahwa hasil identifikasi FMA dari tanah bekas tambang batubara di Desa Lubuk Madrasah didominasi oleh *Glomus*. Keberadaan genus FMA ini dapat dipengaruhi oleh jenis tanah dan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan.

Spora FMA *Glomus* yang ditemukan umumnya memiliki ciri morfologi dengan bentuk bulat ataupun lonjong, berwarna putih, hialin, kuning dan juga cokelat dengan dinding spora yang tipis hingga tebal berlapis-lapis. Permukaan spora ada yang halus bahkan berbintik. *Glomus* yang ditemukan dari masing-masing jenis tumbuhan paku umumnya memiliki beberapa kesamaan, namun dapat ditemukan pula perbedaannya dari keberadaan dudukan hifa (*subtending hyphae*) yang dimiliki setiap spesies. Selain *Glomus*, terdapat pula genus *Acaulospora* dan *Gigaspora*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Acaulospora* hanya ditemukan pada *Lycopodium* sp. dan *Botrychium* sp.. *Acaulospora* memiliki bentuk bulat, berwarna cokelat kekuningan-kemerahan, dinding spora tipis dengan permukaan seperti kulit jeruk. Selanjutnya genus *Gigaspora*, spora pada genus ini memiliki bentuk bulat, berwarna hialin dan juga kuning, dengan dua lapis dinding spora, serta *auxiliary cells* dengan permukaan bergerigi. Hal ini sesuai dengan hasil temuan Sari dan Ermavitalini (2014) bahwa *Gigaspora* memiliki ciri morfologi berupa dinding spora dengan warna spora kuning kecoklatan, serta *auxiliary cells* dengan permukaan bergerigi.

FMA memiliki beberapa struktur untuk dapat bertahan hidup di dalam akar tumbuhan dan di dalam tanah. Struktur tersebut diantaranya hifa, vesikula dan arbuskula. Penelitian ini membuktikan bahwa struktur FMA yang terdapat pada beberapa tumbuhan paku yang berasal dari lahan bekas tambang batubara terdiri atas hifa internal maupun eksternal dan vesikula. Berdasarkan pengamatan dalam penelitian ini, vesikula yang terbentuk umumnya terletak di dalam lapisan korteks dan tidak semua jenis FMA pada akar tumbuhan paku membentuk vesikula. Sedangkan struktur FMA berupa arbuskula tidak dijumpai. Hal ini dapat terjadi karena arbuskula bersifat labil di dalam akar yang terinfeksi FMA. Dijelaskan oleh Husin *et al.*, (2012) bahwa sifat kelabilan itu ditentukan oleh metabolisme tanaman, bahan makanan, intensitas radiasi matahari, umur tanaman, morfologi akar dan faktor lain yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa masing-masing jenis tumbuhan paku memiliki persentase kolonisasi dengan kategori sedang sampai tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga jenis tumbuhan paku terinfeksi dengan baik oleh mikoriza. Rataan kolonisasi FMA tertinggi dimiliki oleh *Botrychium* sp., yakni 56% pada akar muda, 84% pada akar remaja, dan 64% pada akar tua, sehingga dapat dikategorikan tinggi sesuai dengan kategori aras kolonisasi akar FMA menurut O'Connor *et al.* (2001). Tidak terdapat korelasi antara

tumbuhan paku yang memiliki persentase kolonisasi tinggi dengan jumlah kepadatan spora FMA. Hal ini dapat disebabkan oleh kecocokan antara FMA dengan tumbuhan paku. Dijelaskan pula oleh Husin *et al.* (2012) menyatakan bahwa tingkat kolonisasi FMA pada akar tanaman dapat ditentukan oleh intensitas radiasi matahari karena radiasi tersebut dapat berpengaruh terhadap jumlah fotosintat yang terdistribusi ke akar tanaman.

Struktur FMA berupa hifa internal dan arbuskula dapat digunakan dalam menentukan tipe kolonisasi FMA. Namun, peneliti menentukan tipe kolonisasi FMA berdasarkan hifa internal yang terdapat di dalam jaringan maupun di antara sel-sel korteks, karena struktur arbuskula tidak ditemukan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa tipe kolonisasi FMA yang dimiliki oleh ketiga jenis tumbuhan paku yang berasal dari lahan bekas tambang batubara berbeda-beda. *Lycopodium* sp. dan *Botrychium* sp. memiliki tipe paris dengan ciri terbentuknya hifa koil (gulungan) di dalam jaringan korteks sedangkan *Pteris* sp. memiliki tipe arum dengan hifa interselulernya terbentuk di antara sel-sel korteks.

Tipe kolonisasi FMA pada tumbuhan paku terestrial yang berasal dari lahan bekas tambang batubara dapat pula dibedakan berdasarkan kelompok akar muda, remaja dan tua. Hal ini dapat ditemukan pada paku *Lycopodium* sp., terlihat bahwa antara akar muda dan remaja memiliki tipe arum dengan hifa intersel diantara sel-sel korteks sedangkan pada akar tua membentuk hifa koil dalam jaringan korteksnya sehingga memiliki tipe paris. Untuk *Pteris* sp. dan *Botrychium* sp. tidak terdapat perbedaan tipe kolonisasi FMA baik pada akar muda, remaja dan tua.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian ini maka dapat diketahui bahwa genus FMA yang terdapat di dalam jaringan akar dan rizosfer tumbuhan paku terestrial dari lahan bekas tambang batubara di Desa Jebak berjumlah 3 genus yaitu *Acaulospora*, *Glomus* dan *Gigaspora*. Kemudian untuk tipe kolonisasi FMA yang terdapat di dalam jaringan akar dan rizosfer tumbuhan paku terestrial dari lahan bekas tambang batubara di Desa Jebak adalah tipe arum dan paris. Sedangkan untuk perbedaan tipe kolonisasi FMA dapat terlihat pada akar muda dan remaja dengan hifa intersel diantara sel-sel korteks sedangkan pada akar tua membentuk hifa koil dalam jaringan korteksnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Husin, E. F., Syarif, A., & Kasli. (2012). *Mikoriza*. Padang: Andalas University Press.
- Kartika, E. (2012). Isolasi, Identifikasi Dan Pemurnian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Dari Tanah Bekas Tambang Batu Bara (Isolation, Identification and Purification of Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF) from Coal Post Mining Soil). *Bioplantae*, 1(4).
- Maharani, R., Susilo, A., dan Fernandes, A. (2010). Pembena Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2).
- Mustakim, A. (2017). *Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Pupuk Hijau Azolla pinnata Terhadap Pertumbuhan Bibit Duku Kumpeh (Lansium domesticum Corr.) Untuk Reklamasi Lahan Sebagai Bahan Pengayaan Materi Ajar Fisiologi Tumbuhan*. Universitas Jambi.
- Natalia, N. (2016). *Eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Di Hutan Pendidikan Mangrove UNILA Desa Margasari Kabupaten Lampung Timur*.
- Nusantara, A. D., & Irdika, M. (2012). *Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula*. Bogor: Seameo Biotrop.
- Sari, R. R., & Ermavitalini, D. (2014). Identifikasi Mikoriza dari Lahan Desa Cabbiya, Pulau

- Poteran, Sumenep Madura. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 3(2), E67–E70.
- Suharno, Kasiamdari, R.S., Soetarto, E.S., dan Sancayaningsih, R.P. (2016). *Presence of arbuscular mycorrhizal fungi on fern from tailing deposition area of gold mine in Timika, Indonesia*.
- Tjitrosoepomo, G. (2004). *Taksonomi Tumbuhan*. Yogyakarta: UGM press.

## **Efisiensi Penggunaan Pupuk Npk dengan Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu**

**Zahraeni Kumalawati<sup>1\*</sup> Kafrawi<sup>1</sup> Yunus Musa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Email : [zahraeni.km@gmail.com](mailto:zahraeni.km@gmail.com) Email : [kafrawidjamin@gmail.com](mailto:kafrawidjamin@gmail.com)

Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan  
Jl Poros Makassar Pare-pare Km 83 Mandalle Kabupaten Pangkep, SULSEL, 90655

<sup>2</sup>Email : [yunusmusa@yahoo.com](mailto:yunusmusa@yahoo.com)

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin,  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea Makassar, SULSEL 90245

### **ABSTRAK**

*Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tebu pada level dosis pupuk N,P, K yang lebih rendah sehingga dapat menunjang efisiensi penggunaan pupuk an-organik. Penelitian dilaksanakan di kebun bibit Pabrik Gula Takalar, Sulawesi Selatan dari bulan Januari hingga November 2016. Penelitian disusun dalam pola rancangan petak terbagi. Sebagai petak utama adalah persen dosis pupuk NPK dari dosis acuan, terdiri atas tiga taraf yaitu dosis pupuk 25%, 50%, dan 75%. Anak-anak petak adalah macam inokulum mikoriza, terdiri atas empat macam yaitu kontrol/tanpa mikoriza, jenis mikoriza *Glomus sp.*, jenis mikoriza *Acaulospora sp.* dan campuran jenis mikoriza *Glomus sp.* dan *Acaulospora sp.* Hasil penelitian menunjukkan penyebaran hifa fungi mikoriza dalam perakaran tanaman tidak terpengaruh oleh level dosis pupuk. Aplikasi jenis fungi mikoriza pada berbagai dosis pupuk memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar hara N, P, dan K daun, bobot batang tebu, dan bobot gula. Terdapat dua macam isolat cendawan mikoriza yang memberikan pengaruh terbaik terhadap hasil gula, yaitu *Glomus sp.* pada dosis pupuk 50% dan kombinasi cendawan *Glomus sp.* dan *Acaulospora sp.* pada dosis pupuk 75%.*

**Kata kunci :** *efisiensi pupuk; mikoriza arbuskula; tebu*

### **ABSTRACT**

*The objective of this study was to study the effect of arbuscularmycorrhizal fungi on growth and production of sugarcane at lower level of N, P and K fertilizers to support the efficient use of an-organic fertilizer. The research was conducted in nursery of Takalar Sugar Plant, South Sulawesi from January to November 2014. The research was arranged in a Split Plot Design pattern. The percentage of NPK fertilizer dosage of the reference dose was set as the main plot consisting of three levels of fertilizer dosages of 25%, 50%, and 75%. The sub plot was mycorrhizal inoculant types, consisting of four types namely controls / without mycorrhiza, *Glomus sp.*, the type of mycorrhiza *Acaulospora sp.* and mixtures of mycorrhizal species of *Glomus sp.* and *Acaulospora sp.* The results showed that the spread of mycorrhizal fungal hyphae in plant roots was not affected by the fertilizer dose level. The application of the mycorrhizal fungus species at various doses of fertilizer gave a significantly different effect on the increase of plant height, N, P, and K nutrient content, sugarcane stems, and sugar weight.*

*There are two kinds of mycorrhizal fungi isolates which gave the best effect to the sugar product, *Glomus* sp. at a dose of 50% fertilizer and a combination of fungus *Glomus* sp. and *Acaulospora* sp. at a 75% fertilizer dose.*

**Keywords :** *Fertilizer efficiency, arbuskular mycorrhizae, Sugarcane*

## PENDAHULUAN

Upaya meningkatkan produksi gula dalam negeri telah menjadi perhatian pemerintah selama lebih dari sepuluh tahun melalui program swasembada gula, namun hingga saat ini belum mencapai nilai produksi yang telah ditargetkan (Hariadi, 2015). Tahun 2016 kebutuhan gula nasional mencapai 6,2 juta ton sementara produksi hanya sebesar 2,2 juta ton. Untuk memenuhi kebutuhan gula tersebut, Indonesia telah mengimpor gula yang nilainya meningkat sebesar 142% dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir sedangkan produksi nasional hanya meningkat sebesar 7,7%. Produktivitas gula secara nasional pada tahun 2016 menurun sebesar 9,15%, yakni dari 5,51 ton.ha<sup>-1</sup> di tahun sebelumnya menjadi 5 ton.ha<sup>-1</sup>. Sedangkan produktivitas gula pada wilayah PTPN XIV (Sulsel) hanya mencapai sekitar 3 ton.ha<sup>-1</sup> (Dirjenbun, 2016).

Produksi tanaman tebu ditentukan oleh faktor-faktor produksi, utamanya lahan dan iklim. Faktor iklim dengan musim kemarau yang cenderung lebih panjang mengakibatkan kekeringan lahan yang semakin meluas pada pertanaman tebu. Sifat fisik dan morfologi tanah yang buruk serta kesuburan tanah yang rendah merupakan faktor pembatas yang berakibat pada penurunan hasil dan rendemen tebu. Salah satu inovasi teknologi untuk mengatasi keterbatasan hara pada pertanaman tebu, mempertahankan daya dukung, serta aman bagi lingkungan sehingga produksi berkelanjutan dapat dicapai adalah melalui pemanfaatan mikoriza. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan salah satu jenis fungi yang dapat ditemukan pada hampir semua lahan pertanian termasuk pada pertanaman tebu. Cameron (2010) melaporkan bahwa tanaman yang diberi inokulan FMA mempunyai produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh tanpa inokulan FMA. Hasil penelitian Sasli (2013) juga membuktikan bahwa pupuk hayati mikoriza arbuskula mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai, serta mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat.

Berdasarkan penelitian eksplorasi fungi mikoriza FMA spesifik lokasi pada tebu yang dilakukan di PG Takalar diketahui mikoriza jenis *Glomus* sp. yang memiliki kelimpahan paling tinggi dibandingkan mikoriza jenis lainnya (Kumalawati, 2014), demikian pula di beberapa wilayah daerah Yogyakarta (Wardhika, 2015), namun belum diketahui pengaruh penggunaan isolat FMA tersebut terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tebu. Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan maka tujuan penelitian adalah untuk memperoleh informasi pengaruh pemanfaatan beberapa macam inokulan FMA terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tebu pada level dosis pupuk N,P, K yang lebih rendah dari dosis acuan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di areal kebun bibit Pabrik Gula Takalar, dan laboratorium Mikrobiologi Balai Penelitian Kehutanan Makassar, dari bulan Januari hingga November 2016. Bahan yang dipergunakan meliputi inokulum isolat fungi mikoriza arbuskula yang berasal dari rhizosfer tanaman tebu yang tumbuh di lahan produksi Pabrik Gula Takalar, bibit tebu varietas PS 862, pupuk Urea, ZA, TSP, KCl, pot plastik, media tanah, pasir, pupuk kandang, bayclean, aquades, gliserol, alkohol, serta bahan-bahan kimia untuk analisa kimia tanah dan jaringan

tanaman. Alat yang digunakan adalah alat-alat budidaya serta alat laboratorium untuk pengamatan infeksi fungi dalam akar tanaman, analisis tanah dan analisis hara tanaman.

Penelitian disusun dalam pola rancangan petak terbagi (RPT). Sebagai petak utama adalah persen dosis pupuk NPK dari dosis acuan, terdiri atas tiga taraf yaitu dosis pupuk 25%, 50%, 75%. Anak-anak petak adalah macam inokulan mikoriza, terdiri atas empat macam yaitu kontrol/tanpa mikoriza, jenis mikoriza *Glomus* sp., jenis mikoriza *Acaulospora* sp. dan campuran jenis mikoriza *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. Untuk pengamatan infeksi mikoriza pada perakaran dilakukan penanaman tanaman tebu di media pot. Dosis pupuk acuan 100% adalah 800 kg.ha<sup>-1</sup> ZA, TSP 200 kg.ha<sup>-1</sup>, dan 150 kg.ha<sup>-1</sup> KCl. Namun untuk pupuk TSP, sebagai dosis acuan digunakan setengah dari dosis standar yaitu 100 kg.ha<sup>-1</sup>. Pemupukan pertama dilakukan pada saat tanam dan pemupukan kedua diberikan pada saat tanaman tebu berumur satu bulan setelah tanam. Pemupukan pertama terdiri atas pupuk ZA dan TSP masing-masing dengan dosis 300 kg.ha<sup>-1</sup> dan 100 kg.ha<sup>-1</sup>. Pemupukan kedua terdiri atas pupuk ZA dan KCl masing-masing dengan dosis 500 kg.ha<sup>-1</sup> dan 150 kg.ha<sup>-1</sup>.

Peubah yang diamati terdiri atas komponen pertumbuhan dan komponen produksi tanaman. Komponen pertumbuhan meliputi tinggi tanaman pada umur 9 BST, jumlah ruas batang dan diameter batang umur 6 BST, kadar hara N, P, dan K daun pada umur 5 BST. Komponen produksi meliputi bobot pucuk, bobot batang, berat nira, nilai nira, rendemen, dan berat gula. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan uji F, apabila terdapat pengaruh yang nyata dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) untuk melihat perbedaan antar perlakuan pada taraf  $\alpha$  0,05.

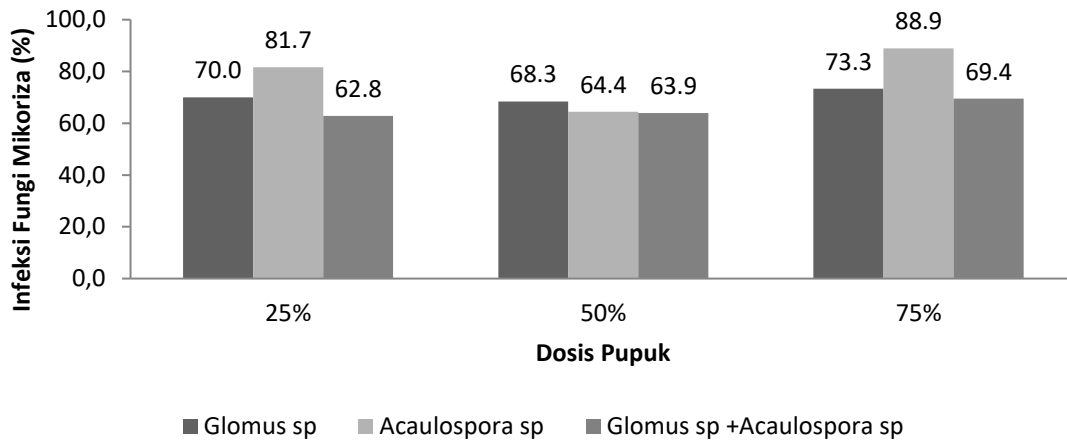
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum Lahan Penelitian

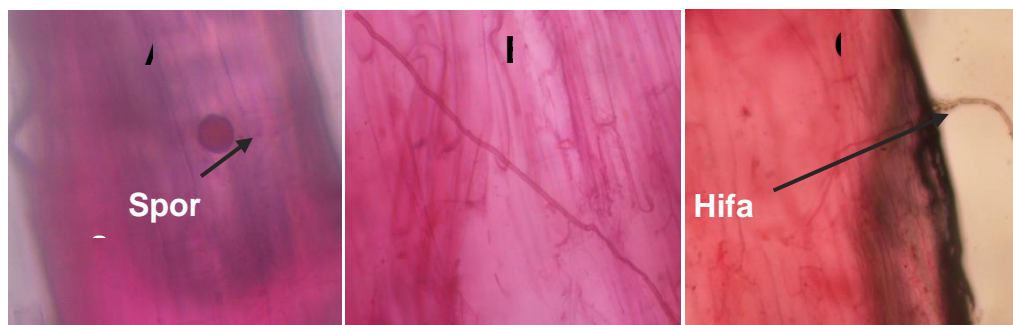
Hasil analisa sifat kimia tanah pada lahan yang digunakan sebelum penelitian menunjukkan bahwa tanah bereaksi agak masam (pH 6,22), kesuburan tanah termasuk rendah (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10,96 ppm, C dan N organik masing-masing 1,57% dan 0,17%). kapasitas tukar kation tanah termasuk sedang (KTK 23,55 cmol (+) ka<sup>-1</sup>). Kelas tekstur tanah tergolong lempung berliat, dengan komposisi persen liat, debu dan pasir masing-masing 32%, 38% dan 30%.

### Persentase Infeksi Fungi Mikoriza

Hasil penelitian menunjukkan penyebaran hifa fungi mikoriza dalam perakaran tanaman tidak terpengaruh oleh tingkat pemupukan. Persentase infeksi fungi mikoriza pada akar tanaman tebu yang paling tinggi ditunjukkan oleh fungi mikoriza *Acaulospora* sp. pada dosis pupuk 75% dan 25% (Gambar 1). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sulistyono *et al.* (1999) yang menemukan infeksi mikoriza *Acaulospora* sp. pada bibit kelapa sawit paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa mikoriza namun tidak berbeda nyata dengan jenis *Glomus manihotis*.



**Gambar 1.** Pengaruh dosis pupuk dan jenis FMA terhadap persentase infeksi fungi mikoriza pada akar tanaman tebu

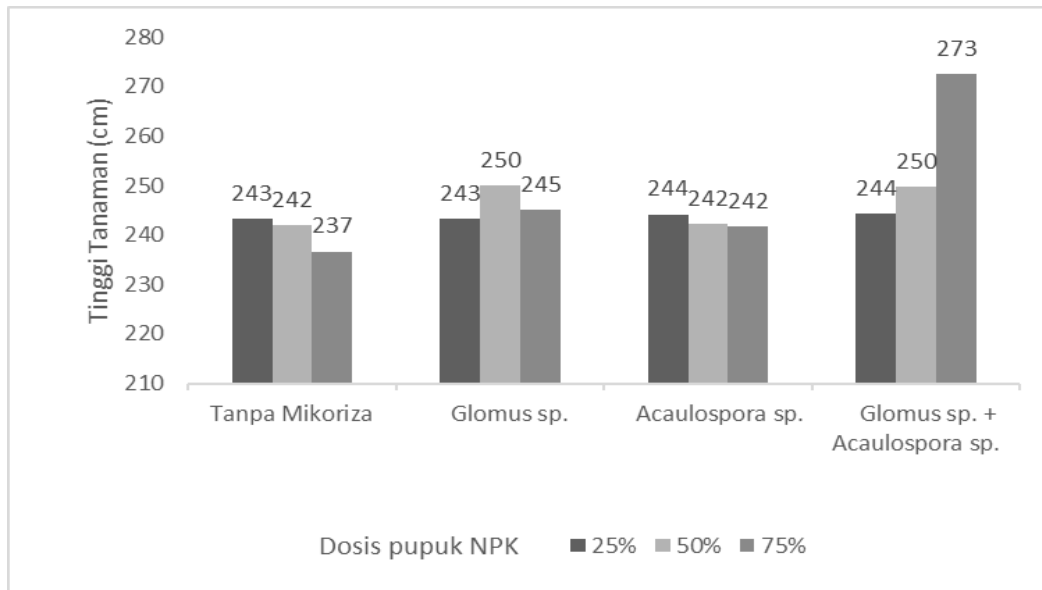


**Gambar 2.** Infeksi mikoriza dalam jaringan akar tebu : Spora mikoriza dalam korteks akar (A); Jalinan hifa mikoriza dalam korteks akar (B); Hifa eksternal (C).

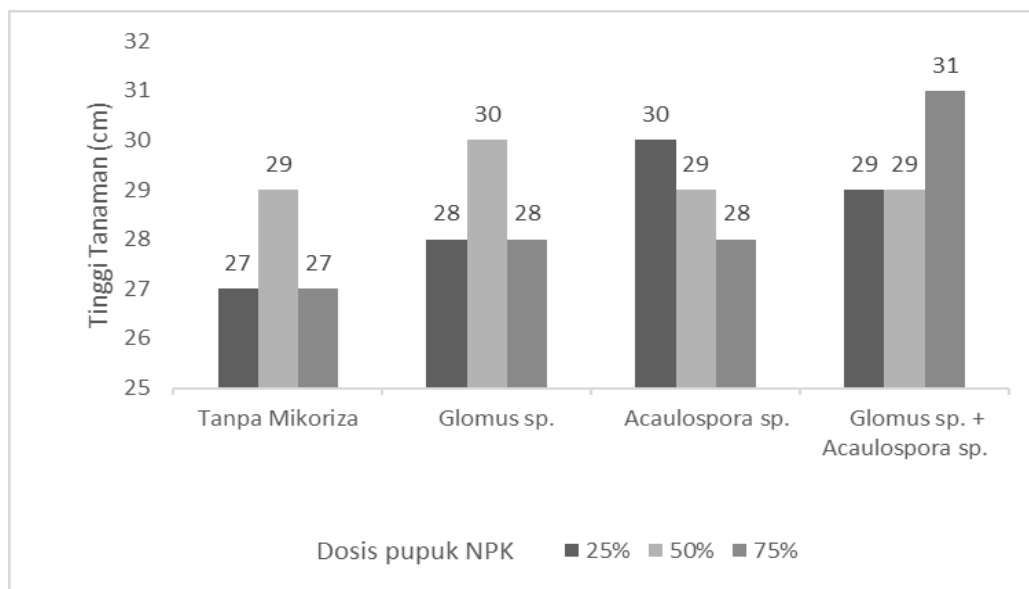
Adanya jalinan hifa eksternal, interseluler dan ekstraseluler dalam jaringan akar tebu membentuk suatu struktur khas mikoriza (Gambar 2). Seperti yang diungkapkan oleh Brundrett *et al.* (1996) bahwa hifa, spora dan vesikel mikoriza yang terdapat didalam akar, menunjukkan adanya tingkat simbiosis yang tinggi antara fungi mikoriza dan akar dimana memungkinkan terjadinya beberapa siklus hidup mikoriza dalam akar tebu.

### **Pertumbuhan Tebu Fase Vegetatif**

Aplikasi FMA pada dosis pupuk yang rendah (25% dan 50%) tidak berpengaruh pada peningkatan tinggi tanaman dan diameter batang (Gambar 2 dan 3). Namun pada dosis 75% tinggi tanaman tebu fase vegetatif maksimum dengan pemberian kombinasi fungi mikoriza *Glomus sp.* dan *Acaulospora sp.* paling tinggi (241,67 cm) dan berbeda nyata dengan perlakuan macam inokulan mikoriza lainnya. Pengaruh ketiga dosis pupuk dengan aplikasi jenis FMA tidak memberikan perbedaan pada diameter batang namun nilai tertinggi (30,67 mm) nampak pada perlakuan fungi mikoriza *Glomus sp.* dan *Acaulospora sp.* pada dosis pupuk 75%. Hal ini serupa dengan hasil penelitian Prihartono *et al.* (2016) bahwa pemberian mikoriza tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat basah dan berat kering brangkasan. Demikian pula dengan hasil yang ditemukan oleh Leovini *et al.* (2014) dimana interaksi perlakuan fungi mikoriza, jenis pupuk fosfat dan kompos tidak berpengaruh terhadap luas daun dan volume akar tebu.



**Gambar 3.** Tinggi Tanaman Tebu pada Perlakuan Dosis Pupuk dan Jenis Mikoriza



**Gambar 4.** Diameter Batang Tanaman Tebu pada Perlakuan Dosis Pupuk dan Jenis Mikoriza

**Kadar Hara N, P, dan K Daun pada 5 BST**

Pemberian fungi mikoriza berpengaruh nyata terhadap kadar hara N, P, dan K daun pada semua level dosis pupuk dan berbeda nyata dengan kontrol (tanpa mikoriza) (Tabel 1). Kadar hara N dan P tertinggi pada perlakuan campuran fungi mikoriza *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. pada dosis pupuk 50%, sedangkan kadar K daun tertinggi pada dosis pupuk 25% dengan perlakuan jenis mikoriza yang sama. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sulistyono *et al.* (1999) yang menemukan perlakuan fungi mikoriza arbuskula berpengaruh terhadap kadar P dalam jaringan bibit kelapa sawit. Perlakuan campuran fungi mikoriza *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. paling tinggi dibandingkan dengan jenis mikoriza lainnya namun tidak berbeda dengan jenis *Acaulospora* sp.

Berkembangnya hifa fungi mikoriza pada akar tanaman akan membantu perluasan bidang penyerapan hara sehingga serapan hara tanaman meningkat (Syamsiyah, 2014).

Aplikasi fungi mikoriza pada tanaman turfgrass juga mampu meningkatkan kandungan N tajuk sebesar 226.2% dibandingkan dengan kontrol (Guntoro, 2006).

**Tabel 1.** Kadar hara N, P, dan K daun tebu Umur 3 Bulan Setelah Tanam pada Perlakuan Dosis Pupuk dan Jenis Mikoriza

Perlakuan	Kadar Hara (%)		
	N	P	K
Dosis Pupuk 25%			
Tanpa Mikoriza	0.533a	0.093a	0.457a
<i>Glomus</i> sp.	0.590b	0.094a	0.593b
<i>Acaulospora</i> sp.	0.637c	0.100b	0.567b
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	0.613bc	0.103b	0.847c
Dosis Pupuk 50%			
Tanpa Mikoriza	0.577a	0.079a	0.410a
<i>Glomus</i> sp.	0.570a	0.107c	0.547c
<i>Acaulospora</i> sp.	0.560a	0.089b	0.480b
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	0.670b	0.119d	0.753d
Dosis Pupuk 75%			
Tanpa Mikoriza	0.540a	0.070a	0.557a
<i>Glomus</i> sp.	0.527a	0.074a	0.577ab
<i>Acaulospora</i> sp.	0.630b	0.070a	0.603b
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	0.543a	0.099b	0.607b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom dan faktor yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha = 5\%$

### **Bobot Brangkasan Tanaman**

Bobot pucuk tidak berbeda pada perlakuan FMA dan dosis pupuk namun berbeda nyata pada bobot batang tebu (Tabel 2). Pemberian jenis fungi mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh terhadap bobot batang tebu paling tinggi (5,2 kg) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya pada dosis pupuk 50%, sedangkan pada dosis pupuk 75%, bobot batang tertinggi (5,7 kg) pada perlakuan kombinasi jenis fungi *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.

**Tabel 2.** Pengaruh dosis pupuk dan jenis FMA terhadap bobot pucuk dan batang tanaman tebu umur 9 bulan setelah tanam

Perlakuan	Bobot Pucuk (kg)	Bobot Batang (kg)
Dosis Pupuk 25%		
Tanpa Mikoriza	1.10	3.77
<i>Glomus</i> sp.	1.27	4.00
<i>Acaulospora</i> sp.	1.37	4.10
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	1.23	3.83
Dosis Pupuk 50%		
Tanpa Mikoriza	1.20	4.13a
<i>Glomus</i> sp.	1.27	5.20b
<i>Acaulospora</i> sp.	1.30	4.17a
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	1.37	4.13a
Dosis Pupuk 75%		
Tanpa Mikoriza	1.17	3.70a
<i>Glomus</i> sp.	1.27	4.17b
<i>Acaulospora</i> sp.	1.20	3.73a
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	1.40	5.70c

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom dan faktor yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha = 5\%$

### Produksi Tanaman

Berat nira dan rendemen tebu tidak berbeda pada perlakuan dosis pupuk dan jenis FMA, namun hasil pengamatan menunjukkan berat nira paling tinggi pada perlakuan kombinasi jenis fungi *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. (2,73 kg) pada dosis pupuk 75% sedangkan pada dosis pupuk 50% perlakuan mikoriza tersebut menghasilkan rendemen paling tinggi (8,68%) (Tabel 3).

Interaksi perlakuan dosis pupuk dan jenis inokulan fungi mikoriza tidak berpengaruh terhadap bobot gula pada dosis pupuk 25%, namun berpengaruh pada dosis pupuk 50% dan 75%. Pada dosis pupuk 50% bobot gula tertinggi pada perlakuan FMA jenis *Glomus* sp. (0,41 kg) sedangkan pada dosis pupuk 75% jenis mikoriza *Acaulospora* sp. berpengaruh terbaik terhadap hasil gula tebu (0,46 kg).

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan mikoriza indigenous spesifik mampu meningkatkan produksi tanaman tebu serta efisien dalam penggunaan pupuk. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sasli dan Ruliansyah (2012) pada produksi jagung yang meningkat setelah aplikasi mikoriza indigenous spesifik asal gambut. Demikian pula pada tanaman turfgrass, aplikasi fungi mikoriza mampu meningkatkan efisiensi pemupukan N sebesar 193.4% pada dosis pupuk 25 % dosis rekomendasi (Guntoro, 2006).

**Tabel 3.** Pengaruh dosis pupuk dan jenis FMA terhadap berat nira, rendemen dan bobot gula umur 9 bulan setelah tanam

Perlakuan	Berat Nira (kg)	Rendemen (%)	Bobot Gula (kg)
Dosis Pupuk 25%			
Tanpa Mikoriza	2.13	7.067	0.266
<i>Glomus</i> sp.	2.23	7.320	0.293
<i>Acaulospora</i> sp.	2.30	7.567	0.310
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	2.20	7.920	0.301
Dosis Pupuk 50%			
Tanpa Mikoriza	1.97	7.773	0.322a
<i>Glomus</i> sp.	3.13	7.940	0.413b
<i>Acaulospora</i> sp.	2.02	7.800	0.326a
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	2.50	8.680	0.357b
Dosis Pupuk 75%			
Tanpa Mikoriza	1.87	7.753	0.286a
<i>Glomus</i> sp.	2.17	7.983	0.333ab
<i>Acaulospora</i> sp.	2.37	7.847	0.294a
<i>Glomus</i> sp. dan <i>Acaulospora</i> sp.	2.73	8.017	0.462b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom dan faktor yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha = 5\%$

Aplikasi jenis inokulan mikoriza pada persen dosis pupuk yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pengamatan bobot batang tebu dan bobot gula dibandingkan perlakuan tanpa mikoriza. Hal ini disebabkan karena sebagai fungi obligat biotroph, mikoriza tidak dapat terlepas dari keharusannya membentuk hubungan simbiosis dengan tanaman inang (Giovanetti *et al.*, 2010). Namun perbedaan jenis mikoriza juga menentukan pula simbiosis yang terjadi berdasarkan kompatibilitas dari jenis mikoriza dengan tanaman. Pemberian mikoriza *Acaulospora* sp. memperlihatkan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhan tanaman selasih (tinggi tanaman, jumlah daun, umur keluar bunga pertama, dan jumlah bunga) dibandingkan dengan jenis mikoriza *Glomus* sp. (Mayerni dan Hervani, 2008). Sasli dan Ruliansyah (2012) juga telah membuktikan bahwa pemanfaatan mikoriza indigenous asal spesifik gambut mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung di lahan gambut.

## KESIMPULAN

Penyebaran hifa fungi mikoriza dalam perakaran tanaman tidak terpengaruh oleh level dosis pupuk. Aplikasi jenis fungi mikoriza pada berbagai dosis pupuk memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman, kadar hara N, P, dan K daun, bobot batang tebu, dan bobot gula. Terdapat dua macam isolat fungi mikoriza yang memberikan pengaruh terbaik terhadap hasil gula, yaitu *Glomus* sp. pada dosis pupuk 50% dan kombinasi fungi *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. pada dosis pupuk 75%.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Kepala Bagian Risbang Pabrik Gula Takalar atas dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brundrett M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, dan N. Malajczuk. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR Monograph 32. Canberra, Australia.
- [Dirjenbun]. 2016. Statistik Tebu 2016-2017.
- Cameron, D.D. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungi as (agro) ecosystem engineers. *Journal of Plant Soil*.333:1-5.
- Giovannetti, M., L. Avio, C. Sbrana. 2010. Fungal spore germination and pre-symbiotic mycelial. p. 3-32. *In* Koltai H dan Y. Kapulnik (Eds.). *Arbuscular Mycorrhizas : Physiology and Function*. Springer Dordrecht Heidelberg. New York.
- Guntoro, D., M.A. Chozin, B. Tjahjono, dan I. Mansur. 2006. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula dan bakteri *Azospirillum* sp. untuk meningkatkan efisiensi pemupukan pada *Turfgrass*. *Bul. Agron* 34: 62-70.
- Hariadi B. 2015. Revitalisasi pabrik gula milik negara dalam jeratan *decoupling*. *Jurnal Akuntansi Multiparadigma* 6:175-340.
- Kumalawati, Z., Y. Musa, N. Amin, L. Asrul, I. Ridwan. 2014. Exploration of arbuscular mycorrhizal fungi from sugarcane rhizosphere in south sulawesi. *International Journal Of Scientific & Technology Research* 3:201-203.
- Leovini, H., D. Kastono, dan J. Widada. 2014. Pengaruh pemberian jamur mikoriza arbuskular, jenis pupuk fosfat dan takaran kompos terhadap pertumbuhan bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada media pasir pantai. *Jurnal Vegetalika* 3:102-115.
- Mayerni R. dan D. Hervani. 2008. Pengaruh Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap Pertumbuhan Tanaman Selasih (*Ocimum sanctum* L.). *J. Akta Agrosia* 11:7-12.
- Prihartono, A., A. Sudirman, dan A. Azis. 2016. Respons Pertumbuhan Vegetatif Beberapa Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) terhadap Pemberian Mikoriza Arbuskular *Jurnal Agro Industri Perkebunan* 4:12-20.
- Sasli, I. dan Ruliansyah, A. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskula Spesifik Lokasi untuk Pemupukan pada Tanaman Jagung di Lahan Gambut. *Jurnal Agrovigor* 5:65-74.
- Sasli, I. 2013. Respon Tanaman Kedelai Terhadap Pupuk Hayati Mikoriza Arbuskula Hasil Rekayasa Spesifik Gambut. *Jurnal Agrovigor* 6:73-80.
- Sulistiyono, E., M.H.B. Djoefri, dan I. Heningtyas. 1999. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan berbagai taraf pupuk P terhadap kadar P daun dan kualitas bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di pembibitan pendahuluan. *Bul. Agron*. 27:7-11.
- Syamsiyah, J., B.H. Sunarminto, E. Hanudin, J. Widada. 2014. Pengaruh Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula Terhadap Glomalin, Pertumbuhan dan Hasil Padi *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 11:39-46.
- Wardhika C.W., B. Hadisutrisno, dan J. Widada. 2015. Potensi Jamur Mikoriza Arbuskular Unggul dalam Peningkatan Pertumbuhan dan Kesehatan Bibit Tebu (*Saccharum officinarum* L.) *Ilmu Pertanian* 18:84-91.

## **Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Pemupukan Fosfat terhadap Hasil Cabai Rawit**

Oleh:

**Lukiwati, D.R.<sup>1\*</sup>, Mansur, I.<sup>2</sup>, Ghaisani, A.R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Peternakan dan Pertanian Undip, Kampus Undip Tembalang Semarang

<sup>2</sup>SEAMEO Biotrop, Jl.Raya Tajur Bogor

\* E-mail: drlukiwati\_07@yahoo.com

### **ABSTRAK**

*Fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan pupuk fosfat berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, meskipun tiap spesies FMA dan berbagai jenis pupuk tersebut tidak selalu sama pengaruhnya. Penelitian tentang pengaruh inokulasi FMA dan pemupukan fosfat terhadap hasil cabai rawit telah dilaksanakan di rumah kaca SEAMEO Biotrop Bogor, dengan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial 4x4 dan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah inokulasi FMA masing-masing T0 (tanpa inokulasi FMA), T1 *Glomus aggregatum*), T2 (*Acaulospora* sp), dan T3 (*G. aggregatum*+*Acaulospora* sp). Faktor kedua yaitu pemupukan fosfat masing-masing P0 (tanpa pupuk P), P1 (TSP), P2 (batuan fosfat), dan P3 (guano). Parameter yang diamati adalah hasil cabai rawit, bobot kering akar dan persentase kolonisasi akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan spesies FMA setara dalam menghasilkan bobot cabai rawit dan bobot kering akar. Namun tidak terhadap persentase kolonisasi akar. Kemampuan pupuk TSP nyata lebih tinggi dalam menghasilkan cabai rawit dibandingkan dengan batuan fosfat (BP), namun setara dengan guano. Berbagai sumber pupuk P setara kemampuannya dalam menghasilkan bobot kering akar dan persentase kolonisasi akar. Disimpulkan bahwa inokulasi spesies tunggal FMA maupun ganda setara kemampuannya dalam meningkatkan hasil cabai rawit.*

**Keywords:** *Capsicum frutescens* L., *fungi mikoriza arbuscular*, fosfat

### **PENDAHULUAN**

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) varietas Dewata dapat beradaptasi dengan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi berkisar 10-1300 m di atas permukaan laut dan dapat dipanen pada umur 65 hari setelah tanam (HST) (Kementerian Pertanian, 2005). Produktivitas cabai rawit pada tahun 2016 masih rendah, hanya sekitar 6,45 ton/ha (BPS dan Ditjen. Hortikultura, 2016). Padahal dalam kurun waktu satu tahun, angka konsumsi cabai rawit meningkat dari 326 ton menjadi 390 ton pada tahun 2017 (Buletin Konsumsi Pangan, 2018), sehingga perlu diupayakan peningkatan produksinya dengan pemupukan fosfat dan selama ini bergantung pada fosfat anorganik (TSP). Unsur hara P sangat dibutuhkan pada fase vegetatif dan generatif tanaman, berperan penting dalam memacu pertumbuhan akar serta pembentukan sistem perakaran (Emongor dan Mabe, 2012). Juga berperan dalam pembentukan primordial bunga, pemasakan buah dan biji cabai (Sari *et al.*, 2017; Wahyuningratri *et al.*, 2017) dan meningkatkan bobot kering akar cabai (Jamilah *et al.*, 2016). Pupuk TSP bersifat larut dalam air (Ghosal dan Chakraborty, 2012), namun karena harganya mahal dan tidak ramah lingkungan maka perlu alternatif lain dengan menggunakan fosfat alam yaitu batuan fosfat (BP) maupun guano.

Batuan fosfat berasal dari hasil proses geokimia secara alami (Balittanah, 2011) dengan kadar kadar  $P_2O_5$  sebesar 18-25% (Wahyuningsih, 2012), dan salah satu tambangnya ada di Kabupaten Pati. Guano berasal dari kotoran kelelawar atau burung laut yang tersedimentasi pada dinding gua. Kotoran ini diuraikan kembali oleh kumbang dan mikroba sehingga terbentuk guano organik. Guano mengandung 0,5-2% N, 8-15%  $P_2O_5$  dan 1,5-2,5 %  $K_2O$  (Pahmiansyah *et al.*, 2013). Pupuk BP dan guano sebagai sumber fosfat alam bersifat lambat tersedia (*slow release*) (Kasno *et al.*, 2009, Tufaila dan Alam, 2013). Oleh karena itu perlu adanya asupan teknologi ramah lingkungan dan salah satunya adalah dengan inokulasi fungi mikoriza arbuscular yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur-unsur hara terutama P (Lukiwati, 2011).

Inokulasi *Acaulospora laevis* pada tanaman cabai dapat meningkatkan produksi buah, bobot kering tajuk dan akar dibandingkan dengan tidak diinokulasi FMA. Tingkat kolonisasi *Acaulospora sp* terhadap tanaman cabai rawit yaitu sebesar 78 % (Thilagar dan Bagyaraj, 2015). Aplikasi batuan fosfat dan FMA dapat meningkatkan persentase kolonisasi FMA pada tanaman cabai (Aissa *et al.*, 2016). Kolonisasi akar oleh FMA juga bergantung pada tanaman inang dan spesies inokulum yang diberikan. Apabila ada kesesuaian antara tanaman inang dan spesies FMA maka tingkat kolonisasi akar (*root colonization*) akan tinggi (Kim *et al.*, 2017). Kolonisasi FMA pada akar tanaman akan membentuk hifa eksternal dan meningkatkan kapasitas jelajah akar serta absorpsi unsur hara terutama P, sehingga pertumbuhan tanaman meningkat (Sinclair *et al.*, 2014). Inokulasi beberapa spesies FMA menghasilkan tingkat kolonisasi lebih tinggi dibanding inokulasi spora tunggal (Yelianti *et al.*, 2009). Inokulasi tunggal *Glomus sp* maupun campuran *Glomus sp* dengan *Acaulospora sp* pada tanaman cabai rawit dapat meningkatkan persentase kolonisasi akar nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa inokulasi FMA (Roque *et al.*, 2016). Kategori tingkat kolonisasi FMA pada akar tanaman tercantum pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kategori tingkat kolonisasi FMA (O' Connor *et al.*, 2001)

Persentase Kolonisasi	Kategori
0	Tidak terjadi kolonisasi
<10	Rendah
10-30	Sedang
30	Tinggi

Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam artikel ini akan dibahas hasil penelitian mengenai pengaruh pemupukan dengan sumber fosfat yang berbeda dan inokulasi beberapa spesies FMA, terhadap hasil cabai rawit, berat kering akar dan persentase kolonisasi akar.

## MATERIALS AND METHODS

Penelitian ini telah dilaksanakan selama 5 bulan pada tahun 2018 di Laboratorium dan Rumah Kaca Silvikultur dan Mikoriza SEAMEO BIOTROP Bogor.

### Materi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih cabai rawit varietas dewata F1, inoculum FMA (*Glomus aggregatum* dan *Acaulospora sp*), pupuk urea (46% N ), KCl (50%  $K_2O$ ), TSP (46%  $P_2O_5$ ), batuan fosfat (25%  $P_2O_5$ ) dan guano (9%  $P_2O_5$ ).

## Metode

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial 4x4 dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah spesies inokulum FMA 56 spora/pot yaitu M<sub>0</sub> (tanpa mikoriza), M<sub>1</sub> (*G. aggregatum* 20 g/pot), M<sub>2</sub> (*Acaulospora sp.* 20 g/pot) dan M<sub>3</sub> (*G. aggregatum* 10 g/pot + *Acaulospora sp.* 10 g/pot). Faktor kedua adalah jenis pupuk fosfat yaitu P<sub>0</sub> (tanpa pupuk fosfat), P<sub>1</sub>(TSP), P<sub>2</sub> (batuan fosfat) dan P<sub>3</sub>(guano). Total unit percobaan sebanyak 48 unit. Rekomendasi pemupukan tanaman cabai rawit adalah 115 kg N/ha (Fahrurrozi *et al.*, 2009), 125 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha dan 100 kg K<sub>2</sub>O/ha (Agustin *et al.*, 2010).

## Pelaksanaan

Media tanam berupa campuran tanah, sekam bakar dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1 disiapkan sebanyak 336 kg, kemudian disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 2 jam. Kemudian media tanam tersebut dimasukkan ke dalam 48 pot masing-masing sebanyak 7 kg. Ukuran pot masing-masing dengan diameter 40 cm dan tinggi 35 cm. Sterilisasi media tanam dan analisis kimianya dilakukan sebelum penelitian dimulai dan hasilnya tercantum pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil analisis unsur hara media tanam

Hasil Analisis Unsur Hara Media Tanam	Nilai	Kategori*)
N	0,14 %	Rendah
P	0,21%	Sangat rendah
K	0,73%	Sangat rendah
C-Organik	2,89%	Rendah
pH	6,85	Netral

Keterangan: \*) Balai Penelitian Tanah, 2009.

Penyemaian benih cabai rawit varietas Dewata F1 dilakukan pada *tray* yang berisikan media tanam steril. Selanjutnya bibit cabai yang telah memiliki 4-6 helai daun pada umur 4 minggu setelah semai dipindahkan ke pot yang sudah disiapkan, masing-masing ditanam 1 bibit cabai rawit.

Inokulasi FMA (54 spora/tanaman) mengacu pada Lukiwati (2011) dan pemupukan fosfat TSP (5,44 g/pot), BP (10 g/pot), guano (27,8 g/pot) serta pemupukan urea 115 kg N/ha (5 g/pot), KCl 100 kg K<sub>2</sub>O/ha (6 g/pot) dilakukan dengan cara dibenamkan ke dalam tanah. Pemupukan urea 50% dosis serta KCl dan fosfat masing-masing 100% dosis dilakukan pada saat pindah tanam cabai ke pot dan sisa urea 50% dosis saat 4 minggu setelah tanam (MST) (Subhan dan Sutrisno, 2012), Pemasangan ajir bambu dilakukan saat umur cabai 6 MST. Panen cabai rawit pada umur 65-75 hari dan dilakukan sebanyak 5 (lima) kali dengan interval waktu 3-5 hari sekali dengan ciri tingkat kematangan buah mencapai 80-90% saat buah berwarna oranye hingga kemerahan. Panen cabai rawit masing-masing dilakukan dengan cara dipetik beserta tangkainya (Sujitno dan Dianawati, 2015). Bobot cabai segar per tanaman (g/tanaman) dihitung dengan cara menimbang cabai segar tiap kali panen sampai dengan panen terakhir. Selanjutnya dilakukan pemotongan akar untuk mendapatkan data berat kering (g/tanaman) dengan pengeringan dalam oven selama 72 jam pada suhu 70°C. Persentase kolonisasi akar dianalisis dengan teknik pewarnaan akar metode Kormanik dan McGraw (1982) dan dilanjutkan dengan pengamatan akar menggunakan mikroskop binokuler. Nilai persentase diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Akar terkoloni} = \frac{\Sigma \text{ Bidang pandang terinfeksi}}{\Sigma \text{ Bidang pandang akar yang diamati}} \times 100 \%$$

Semua data dianalisis ragam dan dilanjutkan uji jarak berganda *Duncan* (DMRT) dengan taraf kepercayaan  $\alpha = 5\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Cabai Rawit

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa inokulasi FMA dan jenis pupuk fosfat masing-masing berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ), namun tidak terdapat interaksi secara nyata terhadap hasil cabai rawit. Hasil cabai rawit dengan inokulasi spesies FMA dan jenis pupuk fosfat fosfat tercantum pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)

Perlakuan	Hasil Cabai Rawit ----- (g/tanaman) -----
<b>Spesies Mikoriza</b>	
M0. Tanpa Mikoriza	90,75±16,4 <sup>b</sup>
M1. <i>G. aggregatum</i>	115,11±2,9 <sup>a</sup>
M2. <i>Acaulospora</i> sp.	115,57±5,0 <sup>a</sup>
M3. <i>G. aggregatum</i> + <i>Acaulospora</i> sp.	118,40±7,7 <sup>a</sup>
<b>Jenis Pupuk Fosfat</b>	
P0. Tanpa Pupuk P	97,17±12,3 <sup>b</sup>
P1. TSP	126,29±5,7 <sup>a</sup>
P2. BP	104,59±13,8 <sup>b</sup>
P3. Guano	111,78±1,5 <sup>ab</sup>

Keterangan : superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ )

Hasil cabai rawit dengan inokulasi spesies tunggal *G. aggregatum* maupun *Acaulospora* spserta ganda lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa inokulasi FMA. Mena *et al.* (2006) juga melaporkan bahwa inokulasi *Glomus aggregatum* dapat meningkatkan hasil cabai. Aguin *et al.* (2004) menyatakan bahwa *Glomus aggregatum* mampu meningkatkan absorpsi unsur hara terutama P untuk pembentukan buah. Demikian juga inokulasi *Acaulospora* sp tunggal dapat meningkatkan produksi cabai. Hasil penelitian yang sama ditunjukkan oleh Thilagar dan Bagyaraj (2015) bahwa inokulasi *Acaulospora laevis* dapat meningkatkan produksi buah cabai dibandingkan dengan tanpa FMA. Inokulasi FMA pada tanaman cabai rawit dapat meningkatkan kemampuan akar untuk menyerap hara terutama P, sehingga aktivitas fotosintesis berlangsung optimal dan fotosintat yang dihasilkan dapat ditranslokasikan untuk pembentukan buah. Menurut Syafrudin *et al.* (2017), FMA dapat meningkatkan kemampuan akar tanaman untuk menyerap unsur hara P melalui hifa eksternalnya yang berperan langsung dalam pembentukan buah. Mekanisme penyerapan P dimulai dari penyerapan P tanah oleh hifa eksternal, diteruskan ke hifa internal dalam bentuk polifosfat, dalam arbuskel P diubah menjadi P anorganik untuk ditransfer ke tanaman inang (Smith and Read, 2008). Data Tabel 2 menunjukkan bahwa dengan inokulasi tunggal maupun campuran menghasilkan bobot cabai rawit lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa inokulasi FMA dan tanaman tersebut sesuai sebagai inang FMA (Roque *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2017).

Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa bobot cabai dengan pemupukan TSP (P1) nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan BP (P2) 104,59 g/tanaman dan tanpa pemupukan P (P0) 97,17g/ tanaman. Pupuk TSP larut dalam air, sehingga mudah diabsorpsi oleh akar tanaman dan di translokasikan ke bagian tanaman untuk pembentukan buah, sedangkan BP tidak larut dalam air dan bersifat lambat tersedia bagi tanaman. Peranan penting fosfat dalam fase

generatif adalah pembentukan primordial bunga serta pemasakan buah dan biji (Sari dkk., 2017). Pemupukan guano (P3) menghasilkan bobot cabai rawit berbeda tidak nyata dibandingkan dengan TSP (P1). Hasil cabai per tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan fosfor di dalam tanah. Guano termasuk sumber pupuk P lambat tersedia namun juga mengandung nitrogen, sehingga dapat membantu pertumbuhan vegetatif dan selanjutnya akan berpengaruh pada fase generatif yaitu pembentukan buah. Menurut Pahmiansyah *et al.* (2013) guano mengandung beberapa unsur makro yaitu 0,5-2% N, 8-15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan 1,5-2,5 % K<sub>2</sub>O. Tersedianya unsur hara N, P, dan K dalam pupuk guano dapat memacu pertumbuhan tanaman dan produksi cabai (Putra *et al.*, 2015).

### **Bobot Kering Akar**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa inokulasi FMA dan pemupukan P berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar tanaman cabai rawit ( $P < 0,05$ ), namun tidak terdapat interaksi secara nyata. Bobot kering akar tanaman cabai rawit dengan inokulasi FMA dan jenis pupuk fosfat tercantum pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Bobot kering akar tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)

<b>Perlakuan</b>	<b>Berat Kering Akar (g/tanaman)</b>
<b>Spesies FMA</b>	
M0. Tanpa FMA	1,58±0,14 <sup>b</sup>
M1. <i>G. Aggregatum</i>	2,01±0,21 <sup>a</sup>
M2. <i>Acaulospora</i> sp.	2,05±0,15 <sup>a</sup>
M3. <i>G. aggregatum</i> + <i>Acaulospora</i> sp.	1,89±0,15 <sup>a</sup>
<b>Jenis Pupuk Fosfat</b>	
P0. Tanpa Pupuk P	1,59±0,14 <sup>b</sup>
P1. TSP	2,11±0,10 <sup>a</sup>
P2. BP	2,06±0,25 <sup>a</sup>
P3. Guano	1,78±0,09 <sup>ab</sup>

Keterangan : superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ )

Bobot kering akar cabai rawit pada perlakuan *G. aggregatum* (M1), *Acaulospora* sp (M2) dan *G. aggregatum* + *Acaulospora* sp (M3) masing-masing 2,05; 2,01 dan 1,89 g/tanaman nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan tanpa inokulasi (M0). Inokulasi tunggal *G. aggregatum* maupun *Acaulospora* sp. serta ganda *G. aggregatum* + *Acaulospora* sp. Masing-masing tidak nyata dalam menghasilkan bobot kering akar. Hal ini menunjukkan bahwa *G. aggregatum* maupun *Acaulospora* sp. termasuk spesies FMA yang sesuai dan dapat mengkoloni tanaman cabai rawit sehingga berat kering akar meningkat (Kim *et al.*, 2017). Menurut Thilagar dan Bagyaraj (2015), inokulasi *Acaulospora laevis* pada tanaman cabai merah dapat meningkatkan produksi buah, berat kering akar dibanding tanaman cabai yang tidak diinokulasi. Roque *et al.* (2016) menyatakan bahwa inokulasi *Glomus spp* tunggal maupun ganda *Glomus spp.* dan *Acaulospora spp.* dapat meningkatkan bobot kering akar cabai merah dibandingkan dengan kontrol. Inokulasi FMA menyebabkan ketersediaan dan kelarutan unsur P meningkat, sehingga dapat diabsorpsi dan digunakan oleh tanaman untuk pembentukan akar. Menurut Suryani *et al.* (2017), simbiosis FMA dengan akar dapat meningkatkan kemampuan jelajah akar oleh hifa eksternal dan penyerapan unsur hara P, sehingga dapat meningkatkan volume batang dan akar tanaman. Unsur hara P berperan penting dalam fase vegetatif tanaman antara lain untuk memacu pertumbuhan akar, pembentukan sistem perakaran, pemanjangan dan pembelahan sel (Emongor dan Mabe, 2012).

Hasil uji jarak berganda Duncan menunjukkan bahwa bobot kering akar pada perlakuan pemupukan TSP (P1) dan BP (P2) masing-masing 2,11 g dan 2,06 g/tanaman nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan tanpa pemupukan P (P0). Bobot kering akar pada pemupukan guano (P3) setara hasilnya dibandingkan dengan TSP (P1) maupun BP (P2). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P dari beberapa jenis namun pada dosis yang sama mempunyai kemampuan tidak berbeda dalam meningkatkan bobot kering akar. Hasil penelitian serupa disampaikan oleh Lukiwati (2011) bahwa TSP maupun batuan fosfat dengan dosis 150 kg  $P_2O_5$ /ha dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan tanpa pupuk P. Bobot kering akar merupakan tolak ukur pertumbuhan akar, maka tercukupinya unsur hara P dapat memacu perkembangan akar demikian pula berat keringnya. Peran unsur hara P antara lain memacu pertumbuhan tunas dan akar. Bobot kering akar pada pemupukan guano setara hasilnya dibandingkan dengan pemupukan TSP dan BP. Hal ini menunjukkan bahwa pemupukan P dari berbagai sumber mampu meningkatkan bobot kering akar tanaman cabai rawit pada dosis yang sama (Jamilah *et al.*, 2016).

### **Persentase Kolonisasi Akar**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa inokulasi FMA berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap persentase kolonisasi akar. Sedangkan jenis pupuk fosfat dan interaksinya dengan inokulasi FMA berpengaruh tidak nyata terhadap persentase kolonisasi akar.

Tabel 4 menunjukkan bahwa tanpa inokulasi maka tidak terjadi kolonisasi akar oleh FMA. Hasil ini menunjukkan bahwa media tanam yang sudah disterilisasi dengan pemanasan, tidak terdapat lagi fungi FMA indigenous yang mampu mengkoloni akar tanaman cabai. Keberhasilan inokulasi FMA bergantung pada efektivitas FMA indigenous maupun potensi inokulum (Lukiwati, 2011). Persentase kolonisasi akar pada perlakuan inokulasi FMA *G. aggregatum* (M1), dan *G. aggregatum* + *Acaulospora* sp. (M3) masing-masing sebesar 84,17% dan 79,17% nyata lebih tinggi ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan inokulasi *Acaulospora* sp. (M2). Persentase kolonisasi FMA pada tanaman cabai rawit sangat tinggi berkisar 65-85%. Menurut O'Connor *et al.* (2001), kolonisasi FMA termasuk kategorikan tinggi apabila mencapai 30%. Persentase kolonisasi akar dengan inokulasi ganda *G. aggregatum* + *Acaulospora* sp. (M3) hasilnya setara dengan *G. aggregatum* tetapi nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *Acaulospora* sp. Hasil penelitian Roque *et al.* (2016) menunjukkan hasil yang sama bahwa inokulasi tunggal *Glomus* sp. maupun campuran *Glomus* sp. dengan *Acaulospora* sp. pada tanaman cabai rawit dapat meningkatkan persentase kolonisasi akar. Menurut Boonlue *et al.* (2011) *Glomus* merupakan jenis FMA yang dominan dan mengkoloni akar tanaman cabai dengan optimal karena tingkat kolonisasi *Glomus* sebesar 80 %. Tingkat kolonisasi *Acaulospora* sp. terhadap tanaman cabai rawit yaitu mencapai 78 % (Thilagar dan Bagyaraj, 2015).

**Tabel 5.** Persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman cabai rawit

<b>Perlakuan</b>	<b>Persentase Kolonisasi FMA</b> ------(%)-----
<b>Spesies Mikoriza</b>	
M0. Tanpa Mikoriza	0±0,00 <sup>c</sup>
M1. <i>G. aggregatum</i>	84,17±4,17 <sup>a</sup>
M2. <i>Acaulospora</i> sp.	66,67±4,91 <sup>b</sup>
M3. <i>G. aggregatum</i> + <i>Acaulospora</i> sp.	79,17±3,44 <sup>a</sup>
<b>Jenis Pupuk Fosfat</b>	
P0. Tanpa Pupuk P	53,33±17,79
P1. TSP	57,5±19,50
P2. BP	62,50±21,14

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemupukan fosfat berpengaruh tidak nyata terhadap persentase kolonisasi akar. Aissa *et al.* (2016) menyatakan bahwa tinggi rendahnya kolonisasi FMA pada akar tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan P dalam tanah, apabila ketersediaan P dalam tanah tinggi maka persentase kolonisasi akar oleh FMA menurun, sedangkan apabila ketersediaan P dalam tanah rendah maka kolonisasi akar akan meningkat. Dosis pemupukan P semua sama dan hanya berbeda pada sumber pupuknya yaitu P-anorganik dan P-organik. Menurut O'Connor *et al.* (2001), kolonisasi FMA termasuk kategori tinggi apabila mencapai 30%.

## KESIMPULAN

Inokulasi FMA tunggal maupun ganda (*G. aggregatum*, *Acaulospora* sp. dan *G. aggregatum*+*Acaulospora* sp.) dapat meningkatkan hasil cabai rawit, bobot kering akar dan persentase kolonisasi akar dibandingkan dengan tanpa inokulasi. Pemupukan TSP dapat meningkatkan hasil cabai rawit setara dengan guano dan lebih tinggi dibandingkan dengan BP maupun tanpa pemupukan P. Berbagai sumber pupuk P (TSP, guano, BP) setara kemampuannya dalam meningkatkan bobot kering akar cabai rawit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktur SEAMEO BIOTROP Bogor atas fasilitas laboratorium dan rumah kaca Silvikultur dan Mikoriza, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan diselesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aguin, O., P. Mansilla, A. Vilarino dan M. J. Sainz. 2004. Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. *J of American Society for Enology and Viticulture* 55 (1): 108-111.
- Agustin, W., S. Ilyas., S. W. Budi., I. Anas dan F. C. Suwarno. 2010. Inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pemupukan P untuk meningkatkan hasil dan mutu benih cabai (*Capsicum annuum* L.). *J. Agron. Indonesia* 38 (3): 218-224.
- Aissa, E., A. Mougou dan K. K. Khalfallah. 2016. Influence of mycorrhizal inoculation and source of phosphorus on growth and nutrient uptake of pepper (*Capsicum annuum* L.) in calcareous soil. *J of New Sciences* 28 (5): 1589-1595.
- Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura. 2016. Produksi, Luas Panen, dan Produktivitas Sayuran di Indonesia. Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Balai Penelitian Tanah. 2011. Fosfat alam sumber pupuk P yang murah. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 33 (1): 10-13.
- Boonlue, S., W. Surat., C. Pukahuta., P. Suwanarit., A. Suwanarit dan T. Morinaga. 2011. Diversity and efficiency of arbuscular mycorrhiza fungi in soils from organic chili (*Capsicum frutescens*) farms. *J of Mycoscience* 53: 10-16.

- Buletin Konsumsi Pangan. 2018. Konsumsi Pangan. Edisi volume 9 nomor 1. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Emongor, V. E. dan O. Mabe. 2012. Effects of phosphorus on growth, yield and yield components of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Proceeding of 28<sup>th</sup> International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People: International Symposium on Quality-Chain Management of Fresh Vegetables from Work to Farm. Lisbon, Portugal. August 22, 2010. p: 327-334.
- Fahrurrozi, I. Tarmizi dan B. Hermawan. 2009. Evaluasi berbagai dosis nitrogen untuk teknik produksi tanaman cabai rawit yang menggunakan mulsa. J. Bionatura 11 (2): 147-154.
- Ghosal, P. K. dan T. Chakraborty. 2012. Comparative solubility study of four phosphatic fertilizers in different solvents and the effect of soil. J of Resources and Environment 2 (4): 175-179.
- Jamilah, M., Purnomowati dan U. Dwiputranto. 2016. Pertumbuhan cabai merah (*Capsicum annuum* L.) pada tanah masam yang diinokulasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) campuran dan pupuk fosfat. J. Biosfera 33 (1): 37-45.
- Kasno, A., S. Rochayati dan B. H. Prasetyo. 2009. Fosfat Alam: Pemanfaatan Pupuk Fosfat Alam sebagai Sumber Pupuk P. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Kementerian Pertanian. 2005. Deskripsi Cabai Hibrida Varietas Dewata. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Kim, J. S., J. K. Eo., E. H. Lee, H. Park dan A. H. Eom. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and soil conditions on crop plant growth. J of Mycobiol 45 (1): 20-24.
- Kormanik, P. P., A. C. Mc.Graw. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhiza in plant roots, Methods and Principles of Mycorrhiza Research, N. C. Shenk. APS Press. Minneapolis
- Lukiwati, D.R. 2011. Penerapan Bioteknologi Mikoriza untuk Peningkatkan Produksi dan Kualitas Hijauan Pakan. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. 75 hlm.
- Mena, H., J. O. Omar., D. Luc., M. Gerardo., G. Jaquelina., D. T. Fred dan O. Victor. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L cv San Luis) plants exposed to drought. J of Mycorrhiza 16: 261-267.
- O'Connor, P. J., S. E. Smith dan F. A. Smith. 2001. Arbuscular mycorrhizal associations in the Southern Simpson desert. Aust J Bot 49: 493-499.
- Pahmiansyah., Sudarningsih dan T. Wianto. 2013. Analisa kandungan mineral guano dari liang besar kabupaten hulu sungai selatan Kalimantan Selatan. J. Fisika FLUX 10 (3): 46-55.
- Putra, I. A, H. Yetti dan E. Ariani. 2015. Pemanfaatan abu serbuk gergaji dan pupuk guano terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) di lahan gambut. J. Faperta 2 (2): 1-12.
- Roque, S., L. Y. Perez., A. B. Lucio., P. G. Alvarez., E. L. Perez., D. M. Gonzalez, M. P. Canseco., S. Trinidad., B. R. Hernandez. 2016. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi
- Sari, L. S., R. Sudirja dan E. T. Sofyan. 2017. Aplikasi PCO plus pada tanah bekas tambang batu bata merah terhadap serapan P, Ca dan B serta *fruitset* cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.). J. Agrikultura 28 (2): 68-73.
- Sinclair, G., C. Charest, Y. Dalpe dan S. Khanizadeh. 2014. Influence of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi on three strawberry cultivars under salty conditions. J of Agricultural and Food Science 23: 146-158.
- Smith, S. E. dan D. K. Read. 2008. Mycorrhiza Symbiosis. Third Edition. Academic Press, United State of America.
- Subhan dan N. Sutrisno. 2012. Fosfat alam sebagai sumber pupuk fosfat tanaman cabai merah pada jenis tanah podsolik Jasinga. J. Agrin 16 (2): 160-172.

- Sujitno, E dan M. Dianawati. 2015. Produksi panen berbagai varietas unggul baru cabai rawit (*Capsicum frutescens*) di lahan kering Kabupaten Garut, Jawa Barat. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. Lembang, Bandung. 4 Juli 2015. Hal 874-877.
- Suryani, R., S. Gafur dan T. Abdurrahman. 2017. Respon tanaman bawang merah terhadap fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada cekaman kekeringan di tanah gambut. *J. Pedon Trop* 1 (3): 69-78.
- Syafrudin. 2017. Growth and yield of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) on the growing media of entisol Aceh using various endomycorrhiza. *Internat J of Agric Research* 12: 36-40.
- Thilagar, G dan D. J. Bagyaraj. 2015. Influence of different arbuscular mycorrhiza fungi on growth and yield of chilli. *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B. Biol. Sci.* (Jan-Mar 2015) 85 (1): 71-75
- Tufaila, M dan. S. Alam. 2013. Perakitan pupuk alam berbasis sumberdaya lokal untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P dan K serta hasil kedelai di tanah masam. *J. Agroteknos* 3 (3):152-162.
- Wahyunigratri, A., N. Aini dan S. Heddy. 2017. Pengaruh konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil cabai besar (*Capsicum annuum* L.). *J. Produksi Tanaman* 5 (1): 84-91.
- Wahyuningsih, S. 2012. Prospek batuan fosfat sebagai penyedia hara P di lahan hutan tanaman industri (HTI) bergatra tanah ultisol. *J. Tekno Hutan Tan* 5 (1): 15-21.
- Yelianti, U., Kasli., M. Kasium dan E. F. Husin. 2009. Biodiversity of arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) on potatoes rhizosphere and it potential as biofertilizer. *J. Sainstek* 12 (1): 59-64.

## **Pengaruh Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) terhadap Pertumbuhan Bibit Jelutung Rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.)**

Oleh

**Winda Septiyeni<sup>1</sup> Upik Yelianti<sup>2</sup> Pinta Murni<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Alumni Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Jambi,  
Email : windaseptiyeni@gmail.com

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jambi  
Kampus Pinang Masak Jl. Raya Jambi-Ma.Bulian KM 15 Mendalo Darat Jambi 36361

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik TKKS dan inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) serta memperoleh dosis yang optimum terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa secara optimal. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah dosis pupuk organik TKKS 0, 145, 290 dan 580 g/tanaman dan faktor kedua dosis FMA Mycofer® 0, 5, 10 dan 15 g/tanaman, ulangan sebanyak tiga kali. Parameter penelitian berupa tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, luas daun, rasio pucuk akar dan persentase akar terkolonisasi. Data dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Duncan Multi Range Test (DMRT) pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh nyata pupuk organik TKKS terhadap pertambahan diameter batang dan rasio pucuk akar. Pemberian dosis FMA menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap persentase kolonisasi akar. Pemberian kombinasi keduanya juga menunjukkan pengaruh interaksi yang nyata terhadap tinggi batang dan luas daun. Dosis optimum diperoleh pada perlakuan pupuk organik TKKS 145g dan inokulasi FMA 5g. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk menggunakan pupuk organik TKKS dengan dosis 145 g yang dikombinasikan dengan dosis FMA 5 g/ tanaman.*

**Kata Kunci :** TKKS, FMA, Jelutung Rawa

### **PENDAHULUAN**

Salah satu tumbuhan endemik rawa yang semakin tergeser keberadaannya di Provinsi Jambi adalah jelutung rawa (*Dyera lowii* HOOK.f). Mengingat besarnya potensi jelutung rawa untuk dikembangkan, maka perlu adanya suatu usaha dalam pembudidayaan jelutung rawa. Salah satunya adalah dengan pembudidayaan bibit jelutung rawa. Permasalahan dalam budidaya bibit jelutung rawa yaitu untuk menghasilkan bibit yang berkualitas membutuhkan waktu yang cukup lama, sekitar 10 bulan. Selain itu, perbanyakan vegetatif belum berhasil diterapkan pada jelutung rawa, hal ini diungkapkan oleh Sumadi (Fitriani, 2011) bahwa pembibitan jelutung menggunakan metode vegetatif makro (stek) dan mikro (kultur jaringan) sampai saat ini belum dapat dikuasai.

Budidaya tumbuhan jelutung sekarang ini masih tergantung dari pembibitan yang dilaksanakan secara generatif dengan menggunakan benih. Oleh karena itu kualitas bibit jelutung ditentukan pula oleh kemampuan media tanam yang digunakan dalam penyediaan hara untuk pertumbuhan bibit dan penambahan pupuk sebagai tambahan hara.

Survei yang dilakukan di Desa Kebun Durian Kecamatan Muaro Sebo Kabupaten Muaro Jambi, menunjukkan bahwa bibit jelutung rawa sudah dapat beradaptasi dengan jenis tanah PMK (Podzolik Merah Kuning). Tanah PMK menurut Tejoyuwono (1995) pada umumnya mempunyai potensi keracunan Al dan miskin kandungan bahan organik. Tanah ini juga miskin kandungan hara lainnya terutama P dan kation-kation yang dapat dipertukarkan (Ca, Mg, Na dan K, kadar Al tinggi) dan kapasitas tukar kation (KTK) rendah serta peka terhadap erosi. Oleh karena itu penambahan bahan organik pada tanah PMK diharapkan pula dapat menambah kandungan hara, sehingga dapat digunakan sebagai media tanam yang produktif. Hal ini telah dilakukan di tempat pembibitan tersebut dengan cara mencampur tanah PMK dengan bahan organik dan juga masih dibutuhkan tambahan unsur hara dari luar yaitu pupuk. Pupuk yang digunakan umumnya adalah jenis pupuk NPK. Pupuk NPK apabila terus menerus digunakan dalam jangka waktu yang panjang maka dapat menyebabkan efek residu baik terhadap tanah maupun tanaman. Oleh karena itu sebaiknya diberikan pupuk organik yang berasal dari limbah, salah satunya adalah pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai pupuk organik.

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas tanah PMK, menurut Murni (2009) adalah dengan pemanfaatan *Fungi Mikoriza Arbuskula* (FMA). Adanya simbiosis mutualisme mikoriza dengan akar tumbuhan diharapkan dapat meningkatkan penyerapan unsur hara bagi tumbuhan dari tanah terutama P yang bersifat immobil dan tumbuhan akan menyuplai hasil fotosintat bagi kebutuhan hidup fungi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :(1) Apakah terdapat pengaruh pemberian pupuk organik TKKS terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa ?, (2) Apakah terdapat pengaruh dosis inokulasi FMA terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa?, dan (3) Apakah terdapat pengaruh interaksi antara dosis pupuk organik TKKS dan inokulasi FMA terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa?

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dosis inokulasi FMA terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa, untuk mengetahui pengaruh interaksi antara pupuk organik TKKS dan inokulasi FMA terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa, dan untuk memperoleh dosis pupuk organik TKKS dan dosis inokulasi FMA yang optimum terhadap pertumbuhan bibit jelutung rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) secara optimal.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan pada lahan percobaan di Kelurahan Payo Lebar, di Laboratorium Biologi dan Laboratorium Dasar dan Terpadu Universitas Jambi pada bulan Mei-Desember 2014. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah dosis pupuk organik TKKS dengan dosis M0:0 g, M1:145 g, M2:290 g, M3:580 g dan faktor kedua dosis FMA *Mycofer*® dengan dosis R0:0 g, R1:5 g, R2:10 g, R3:15 g. Ulangan sebanyak tiga kali. Parameter pengamatan yaitu tinggi batang, diameter batang, jumlah daun, luas daun, rasio pucuk akar dan persentase akar terkolonisasi. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan sidik ragam (anova), jika hasilnya berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multi Range Test (DMRT) pada taraf  $\alpha = 5\%$ .

## **HASIL PENELITIAN**

### **Tinggi batang**

Hasil analisis ragam menunjukkan kombinasi pupuk organik TKKS dan FMA pada berbagai dosis menunjukkan adanya pengaruh nyata interaksi terhadap tinggi batang bibit jelutung rawa

pada umur 10 mst. Kisaran rata-rata tinggi batang bibit jelutung rawa yang dipengaruhi oleh interaksi perlakuan dosis pupuk organik TKKS dan dosis FMA sebesar 1,67- 6,33 cm disajikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Rata-rata tinggi bibit jelutung rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) (cm) yang diberi pupuk organik TKKS (M) dan FMA (R) pada berbagai dosis

Dosis FMA (g)	Dosis Pupuk Organik TKKS (g)			
	M0 (0)	M1 (145)	M2 (290)	M3 (580)
R0 (0)	2,23 a A	2,90 a A	4,83 a A	4,23 ab A
R1 (5)	6,33 b A	5,03 a A	4,60 a A	5,40 b A
R2 (10)	4,90 b B	5,53 a B	5,00 a B	1,67 a A
R3 (15)	4,03ab A	2,96 a A	2,50 a A	2,47 a A

Keterangan : Angka-angka pada baris yang diikuti oleh huruf besar yang sama dan angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

### Pertambahan diameter batang

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk organik TKKS memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan diameter batang bibit jelutung rawa, sedangkan pemberian dosis FMA tidak memberikan pengaruh yang nyata. Kombinasi pupuk organik TKKS dan FMA pada berbagai dosis tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang nyata terhadap pertambahan diameter batang. Kisaran rata-rata pertambahan diameter batang yang dipengaruhi oleh faktor dosis pupuk organik TKKS sebesar 2,21 – 5,33 mm disajikan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Rata-rata pertambahan diameter batang bibit Jelutung Rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.)(mm) pada berbagai dosis pupuk organik TKKS.

NO	Dosis Pupuk Organik TKKS (g)	Rata-rata pertambahan diameter batang (mm)	Notasi
1.	M0 (0)	2,98	A
2.	M1 (145)	5,33	b
3.	M2 (290)	3,65	ab
4.	M3 (580)	2,21	a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

### Luas daun

Hasil analisis ragam menunjukkan kombinasi pupuk organik TKKS dan FMA pada berbagai dosis menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang nyata terhadap luas daun bibit jelutung rawa. Kisaran rata-rata pengukuran luas daun yang dipengaruhi oleh interaksi dosis pupuk organik TKKS dan dosis FMA berkisar 13,73 – 40,83 cm<sup>2</sup>, selanjutnya disajikan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Rata-rata luas daun bibit jelutung rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) (cm<sup>2</sup>) yang diberi pupuk organik TKKS (M) dan FMA (R) pada berbagai dosis

Dosis FMA (g)	Dosis Pupuk Organik TKKS (g)			
	M0 (0)	M1 (145)	M2 (290)	M3 (580)
<b>R0 (0)</b>	19,24 a A	20,65 a A	23,34 a A	22,7 ab A
<b>R1 (5)</b>	17,15 a A	40,83b B	19,54a A	23,2b A
<b>R2 (10)</b>	19,64 a AB	23,38 a B	20,52 a AB	13,73a A
<b>R3 (15)</b>	21,74 a A	21,03 a A	22,16 a A	14,46 ab A

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

### Jumlah daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk organik TKKS tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun begitu pula pada pemberian dosis FMA tidak berpengaruh nyata. Kombinasi pupuk organik TKKS dan FMA pada berbagai dosis juga tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang nyata. Kisaran rata-rata pengukuran jumlah daun pada pemberian beberapa dosis pupuk organik TKKS dan FMA sebesar 8 – 11,33 helai disajikan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Rata-rata jumlah daun bibit jelutung rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) (helai) yang diberi pupuk organik TKKS (M) dan FMA (R) pada berbagai dosis

Dosis FMA (g)	Dosis Pupuk Organik TKKS (g)			
	M0 (0)	M1 (145)	M2 (290)	M3 (580)
<b>R0 (0)</b>	9,33	9,67	11,33	9,33
<b>R1 (5)</b>	9	10	9,3	9,33
<b>R2 (10)</b>	10,33	8,67	10	9,33
<b>R3 (15)</b>	9,33	9,67	8	8,67

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

### Rasio Pucuk Akar

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik TKKS pada berbagai dosis memberikan pengaruh yang nyata terhadap rasio pucuk akar bibit jelutung rawa, sedangkan pemberian dosis FMA tidak memberikan pengaruh yang nyata begitu pula dengan kombinasi pupuk organik TKKS dan FMA pada berbagai dosis tersebut tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang nyata. Kisaran rata-rata pengukuran rasio pucuk akar bibit jelutung rawa yang dipengaruhi oleh dosis pupuk organik TKKS sebesar 2,24 – 10,89 g disajikan pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Rata-rata rasio pucuk akar bibit jelutung rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) (g) pada beberapa dosis pupuk organik TKKS

NO	Dosis Pupuk Organik TKKS (g)	Rata-rata rasio pucuk akar (g)	Notasi
1.	M0 (0)	2,24	a
2.	M1 (145)	10,89	b
3.	M2 (290)	2,81	a
4.	M3 (580)	2,45	a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

### Persentase Kolonisasi Akar

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik TKKS tidak berpengaruh nyata terhadap persentase kolonisasi akar. Namun pemberian FMA pada berbagai dosis berpengaruh nyata terhadap persentase kolonisasi akar. Kombinasi pupuk organik TKKS dan FMA pada berbagai dosis tersebut juga tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang nyata. Kisaran rata-rata persentase akar terinfeksi yang dipengaruhi oleh faktor dosis FMA disajikan sebesar 80 – 95,83 % dengan kategori tinggi, selanjutnya di sajikan pada Tabel 6 berikut.

**Tabel 6.** Rata-rata persentase kolonisasi akar bibit Jelutung Rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) (%) pada beberapa dosis FMA

NO	Dosis FMA (g)	Rata-rata persentase kolonisasi akar (%)	Notasi
1.	R0 (0)	80	A
2.	R1 (5)	<b>95,83</b>	b
3.	R2 (10)	84,17	Ab
4.	R3 (15)	87,5	Ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 1 pada media yang diberi dosis FMA 10 g (R2) dengan tanpa dosis pupuk organik TKKS menunjukkan berbeda nyata terhadap tinggi batang. Hal ini diduga karena dengan inokulasi FMA sebanyak 10 g pada kondisi media yang tanpa pemberian pupuk organik TKKS membuat FMA bekerja lebih efektif, sehingga menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap tinggi batang.

Selanjutnya pemberian dosis FMA 10 g (R2) dengan dosis pupuk organik TKKS 145 g tidak berbeda nyata dengan pemberian dosis pupuk organik TKKS 290 g, namun dengan kombinasi dosis yang lain memberikan hasil yang berbeda nyata. Hal ini diduga bahwa FMA bekerja secara efektif pada dosis 10 g dan kombinasi pupuk organik TKKS sebanyak 145 g. Sementara itu apabila dosis pupuk organik dinaikan menjadi 290 g, maka pengaruh yang tidak berbeda nyata akan terlihat terhadap tinggi batang. Infeksi FMA pada akar tanaman dapat

meningkatkan serapan hara yang dibutuhkan oleh tanaman karena salah satu manfaat dari mikoriza bagi tanaman inang adalah membantu dalam penyerapan nutrisi dari tanah. Menurut Mansur dkk. (2012) fungi mikoriza dapat menyerap unsur-unsur hara seperti P, N, K, Zn, Cu, dan Fe pada kondisi tanah salin. Begitu pula pada tanah PMK yang merupakan tanah yang miskin kandungan hara terutama P, dengan adanya inokulasi FMA ini akan membantu ketersediaan dan penyerapan unsur P yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk proses metabolisme. Wijaya (2008) menyatakan bahwa P merupakan komponen penyusun membran sel tanaman, penyusun enzim-enzim dan co-enzim, nukleotida (bahan penyusun asam nukleat) serta P juga berperan dalam sintesis protein, terutama yang terdapat pada jaringan hijau. Oleh karena itu, semakin tinggi persentase kolonisasi mikoriza yang terjadi maka semakin membantu dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti peningkatan tinggi batang bibit jelutong rawa pada penelitian ini.

Berdasarkan Tabel 2 pada Pertambahan diameter terendah (2,213mm) diperoleh dari pemberian dosis pupuk organik TKKS sebanyak 580 g, namun tidak berbeda nyata hasilnya terhadap perlakuan tanpa pemberian pupuk organik TKKS. Hal ini diduga karena pada dosis 145 g sudah mencukupi unsur hara yang diperlukan tanaman untuk membantu meningkatkan pertambahan diameter karena ketika dosis ditingkatkan menjadi 290 g dan 580 g per tanaman tidak lagi meningkatkan pertambahan diameter.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa luas daun yang relatif tinggi adalah bibit yang diberi pupuk organik TKKS sebanyak 145 g dan diinokulasi FMA 5 g, hal ini diduga bahwa kandungan N yang digunakan tumbuhan untuk menopang pertumbuhan luas daun berasal dari pupuk organik TKKS dan inokulasi FMA yang diberikan. Pupuk organik TKKS yang telah didekomposisi secara alami oleh cacing tanah pada penelitian ini memiliki kandungan N yang tinggi, hal ini didukung oleh penelitian Yelianti (2009), bahwa kandungan hara N pada perlakuan TKKS dengan dekomposer cacing tanah dapat meningkatkan N sebesar 2,03% dan berbeda nyata dengan dekomposer *T.herzianum* dan EM-4. Sehingga menurut Wijaya (2008) kandungan N yang cukup akan mendorong pertumbuhan organ-organ yang berkaitan dengan fotosintesis yaitu daun.

Tanaman yang mendapatkan suplai N yang cukup akan memiliki helaian luas daun dengan kandungan klorofil yang lebih tinggi, sehingga tanaman mampu menghasilkan karbohidrat/asimilat dalam jumlah yang cukup untuk menopang pertumbuhan vegetatif.

Berdasarkan Tabel 4 pada pemberian dosis pupuk organik TKKS dan FMA dengan berbagai taraf tidak memperlihatkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap jumlah daun. Hal ini diduga karena bibit jelutong rawa (*Dyera lowii* HOOK.f.) merupakan jenis tanaman pohon-pohonan (tanaman keras) yang memiliki waktu panjang pada fase vegetatif.

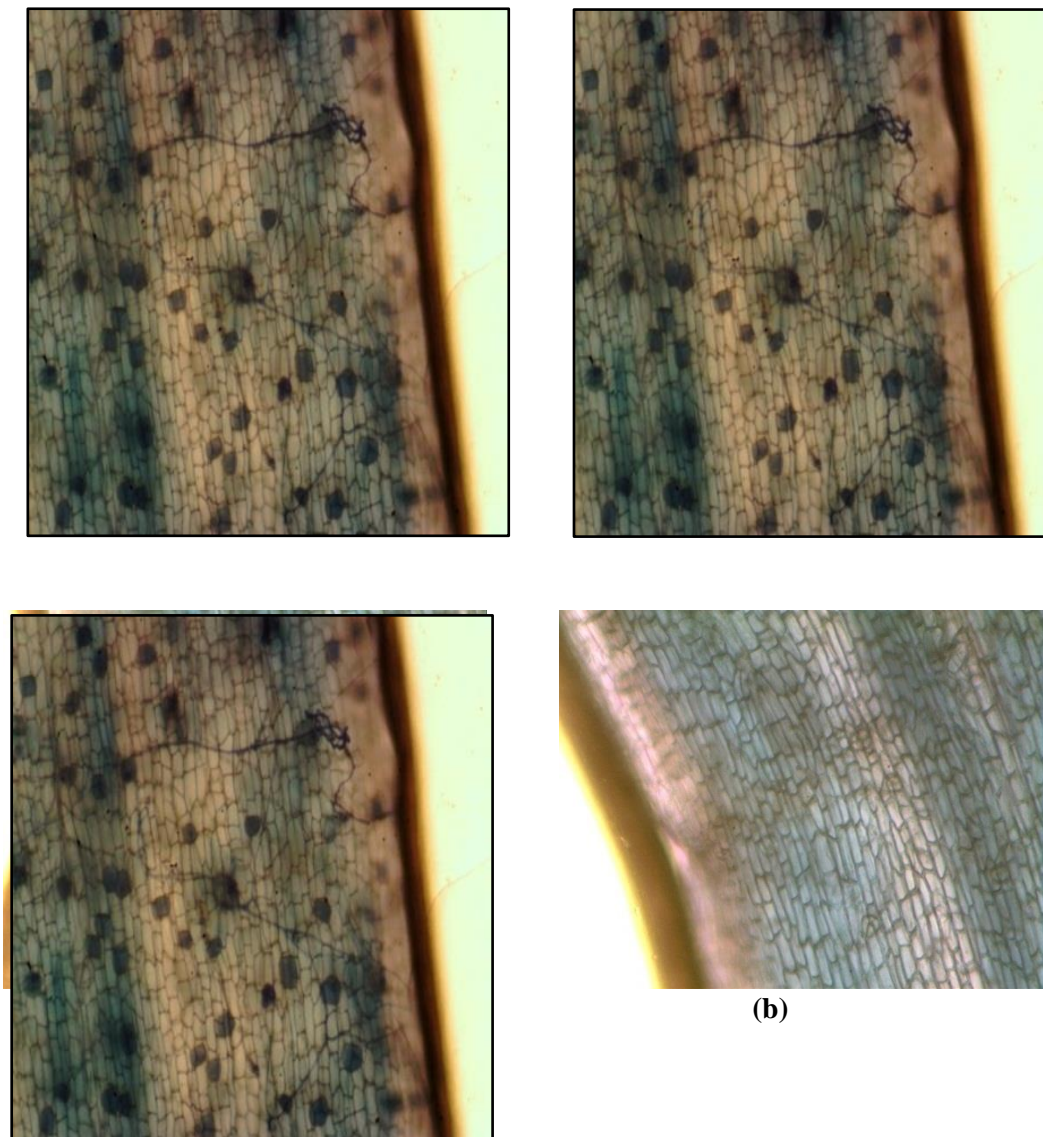
Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan pemberian pupuk organik TKKS pada berbagai dosis memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap rasio pucuk akar bibit jelutong rawa. Rasio pucuk akar tertinggi (10,896 g) diperoleh pada pemberian dosis 145 g dan berbeda nyata terhadap perlakuan pemberian pupuk organik TKKS 290 g, 580 g dan 0 g. Hal ini diduga karena pertambahan diameter, tinggi batang, dan luas daun hasilnya berbeda nyata sehingga menunjukkan perbedaan nyata pula terhadap rasio pucuk akar. Nilai rasio pucuk akar (RPA) yang tinggi menunjukkan bahwa pertumbuhan tajuk lebih besar dari pertumbuhan akar. Adapun komponen tajuk yaitu batang, daun, buah dan bunga, pada pengamatan kali ini komponen tajuk yang digunakan adalah batang dan daun. Dengan mengetahui rasio pucuk akar ini maka dapat diketahui pula laju pertumbuhan suatu tanaman.

Secara teori Fahn (1991) menjelaskan bahwa rasio pucuk akar (rasio S-R atau *shoot-root ratio*) mempunyai kepentingan fisiologis karena dapat menggambarkan salah satu tipe toleransi terhadap kekeringan. Walaupun rasio S-R itu dikendalikan secara genetik, rasio juga sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang kuat, seperti yang dijelaskan oleh Murata, 1969 (Fahn, 1991) bahwa pemupukan N mempunyai pengaruh yang nyata terhadap rasio S-R pada padi. Hal

inilah yang diduga adanya pengaruh pupuk organik TKKS dalam ketersediaan N yang cukup besar yaitu 2,03% dapat mempengaruhi besarnya rasio pucuk akar bibit jelutung rawa.

Pada hasil pengamatan persentase kolonisasi akar, terlihat bahwa dari setiap perlakuan dosis FMA yang diuji ternyata semuanya dapat bersimbiosis dengan akar bibit jelutung rawa dengan kategori tinggi, begitupun dengan kontrol (0 g FMA). Terinfeksi akar yang mendapat perlakuan kontrol (0 g FMA) diduga adanya mikoriza alami (*indigenus*) dalam tanah yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman termasuk tanaman yang tidak diberi mikoriza.

Persentase kolonisasi ditentukan dengan melihat ada tidaknya kenampakan struktur intraradikal FMA pada akar yang terinfeksi, yaitu *arbuskula*, *hifa*, *spora*, *vesikel*, atau struktur lain (Mansur, 2012). Struktur tersebut dapat diamati jika senyawa yang mewarnai dinding sel akar berhasil dihilangkan dengan senyawa alkali. Jika pada jaringan korteks akar tanaman terdapat salah satu struktur tersebut maka dapat dikatakan bahwa akar tersebut telah terkolonisasi FMA. Ornamen-ornamen yang ditemukan pada pengamatan akar bibit jelutung rawa yang terkolonisasi FMA hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** (a) Ornamen-ornamen indikator persentase kolonisasi akar yang ditemukan dalam jaringan korteks akar bibit jelutung rawa yaitu *hifa*, *vesikula*, *spora* dengan pembesaran mikroskop binokuler 40 x (b) Akar yang tidak terkolonisasi FMA

## DAFTAR PUSTAKA

- Fahn, A. 1991. Anatomi Tumbuhan, edisi-3, terjemahan A.Soediarto, R.M., Trenggono Koesoemaningrat, M. Natasaputra, H. Akmal, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Fitriani, A. 2011. Pengaruh Jenis Bahan Organik yang Berbeda sebagai Media Tanam terhadap pertumbuhan Bibit Jelutung. *Jurnal Agroscientia*, Vol 18 (1):7-8
- Mansur, I., Arif, A., Husna, Tuheteru, F.D., 2012. *Pupuk Hayati Mikoriza untuk Budidaya Dan Rehabilitasi Wilayah Pantai*. Bogor : Seameo Biotrop.
- Murni, P. 2009. Diakses pada tanggal 22 Juni 2014. Pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskular dan pH Tanah terhadap Pertumbuhan Bulian (*Eusideroxylon zwageri* T. et.B) pada Tanah Podzolik Merah Kuning.  
<http://isjd.pdii.lipi.go.id/index.php/search.html?act=tampil&id=10159&i35>.
- Tejoyuwono, N. 1995. *Gatra Lingkungan Kegiatan Pertanian*. Seminar Nasional tentang Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan. Lembaga Pendidikan Kejuruan WANA WIYATA dengan Bapedal Pusat. Yogyakarta, 24-25 Januari 1995.
- Wijaya, K.A. 2008. *Nutrisi Tanaman sebagai Penentu Kualitas Hasil dan Resistensi Alami Tanaman*. Jakarta:Prestasi Pustaka Publisher
- Yelianti, U. 2009. Aplikasi Pupuk Organik Hasil Perombakan Beberapa Bahan Organik Dengan Dekomposernya Dan Fungi Mikoriza Arbuskula terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Kualitas Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*, L.). *Disertasi* Universitas Andalas. Padang.

## **Peningkatan Produktivitas Tanah Melalui *Paraserianthes falcataria* L. yang Diinokulasi *Rhizobium* sp. dan Endomikoriza**

Oleh :

**Agus Widana<sup>1</sup>, Nia Rossiana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Biologi Universitas Halim Sanusi PUI, Bandung

<sup>2</sup>Jurusan Biologi Universitas Padjadjaran, Jatinangor Sumedang

Email : agswidana@gmail.com

### **ABSTRAK**

*Penelitian mengenai peningkatan Produktivitas Tanah di Desa Karangwangi Cianjur melalui *Paraserianthes falcataria* L. yang diinokulasi *Rhizobium* sp. dan endomikoriza, bertujuan untuk meningkatkan kandungan nitrogen, fosfat dan kalium pada media tanah "lengkob" dan "pasir". Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 8 taraf perlakuan masing-masing perlakuan diulang 4 kali. Parameter yang dianalisis adalah kandungan nitrogen, fosfat dan kalium. Analisis data hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kombinasi perlakuan berpengaruh meningkatkan kandungan nitrogen dan kalium pada tanah "lengkob" setelah ditanami *Paraserianthes falcataria* L. sebesar 10,53 % dan 93,13%, serta penggunaan *Rhizobium* sp. dan endomikoriza meningkatkan kandungan fosfat sebesar 97,38%.*

**Kata Kunci :** *endomikoriza, *Paraserianthes falcataria* L., *Rhizobium* sp, tanah*

### **ABSTRACT**

*Researching on improving of "lengkob" and "pasir" land productivity, Karangwangi Cianjur through *Paraserianthes falcataria* L. was inoculated by *Rhizobium* sp. and endomycorrhiza, aimed to increase the content of nitrogen, phosphate and potassium on "lengkob" and "pasir" land kinds. The research used experimental method with Completely Randomized Design (RAL) single factor with 8 treatments level, each treatment was repeated 4 times. Parameters which was analyzed were nitrogen, phosphate and potassium content. The results showed that each combination of treatments had an effect to increase the nitrogen and potassium on "lengkob" land after planting *Paraserianthes falcataria* L. amount 10,53% and 93,13%, Use of *Rhizobium* sp. and endomycorrhiza had an effect to increase the phosphate amount 97,38 %.*

**Keywords:** *endomikoriza, land, *Paraserianthes falcataria* L., *Rhizobium* sp.*

### **INTRODUCTION**

Indonesia is known as an agrarian country that relies on the agricultural sector as a source of livelihood as well as an support for development. Agricultural land productivity is needed to support economic growth, especially for rural communities. The lack of government socialization and limited knowledge of local communities towards soil fertility rates have led to so much agricultural land decline.

In general, soil is an important element in plant growth and development, because soil is the main medium for plant survival. Soil productivity is largely determined by the nutrient content in it including macro elements such as Nitrogen (N) Phosphate (P) and Potassium (K), so that the soil content will have a significant effect on plant growth..

The use of land to produce food production over the years has led to decrease of soil fertility, use of chemical fertilizers continuously and at least provision of the organic matter of the soil has led to the poverty of the soil so that it cannot give maximum results on the plant (Yulipriyanto, 2010). One of the efforts to reduce the setback of the soil is to apply an organic farming system by utilizing organic materials in order to contribute more effectively in improving the soil productivity and environment

Organic agriculture is a production system that avoids the use of synthetic fertilizers, pesticides and animal feed additives. Organic agriculture depends heavily on crop rotation, crop remains, animal excrement, legumes and nutrient supplies (Yulipriyanto, 2010).

Microorganisms commonly used as biofertilizers include *Rhizobium* sp and mycorrhiza. Mixed Inoculation *Rhizobium* sp and mycorrhiza reported can increase the number of root beets and plant biomass. This process leads to the formation of root beans and in the absorption of Phosphate. (Bertham, 2007).

*Rhizobium* sp bacteria is bacteria that act as nitrogen providers for plants. This bacteria will infect the roots and form root beans when symbiotic with legumes by fixating atmospheric nitrogen inside the root beans.

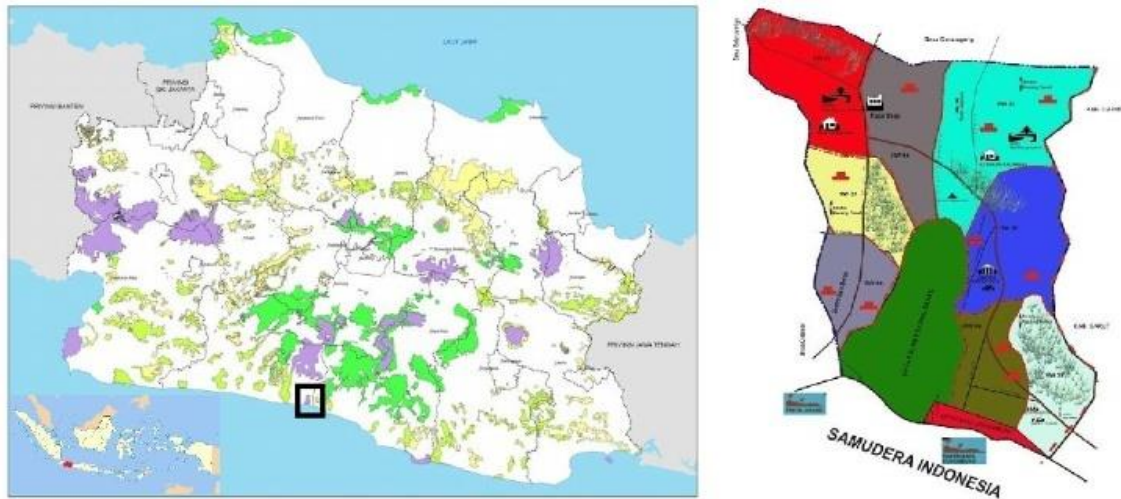
One of legume many planted of community there is a “sengon” (*Paraserianthes falcataria* L.) which is a type of plant that provides macro elements in the form of nitrogen *Paraserianthes falcataria* L. many found especially in rural areas because it is a commodity of production plants, such as in the area of South Cianjur precisely Karangwangi Village which is directly adjacent to Jayanti Nature Reserve.

Soil analisis data “lengkob” and “pasir” before “lengkob” is 0,17% and “pasir” is 0,12% including low criteria, soil phosphate levels “lengkob” is 1,62 ppm and soil “pasir” is 0,17 pp is very low criteria, as well as the level of potassium soil “lengkob” is 8,31 mg/100g and soil “pasir” is 5,68 mg/100g as well very low criteria. Judging by the data before treatment shows nitrogen, phosphate and potassium content are among the very low criteria that impact soil productivity “lengkob” and “pasir”. Karangwangi Village Cianjur with give by providing treatment through *Paraserianthes falcataria* L by inoculation *Rhizobium* sp and endo mycorrhiza

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Research Sites**

Karangwangi Village Cidaun District Cianjur Regency, West Java Province, Indonesia. Karangwangi village has a total area of about 2,300 hectares, which is inhabited by with an area 5,587 people with 1,817 households in 2014 (Statistics from Karangwangi Village, 2014).



**Picture 1.** Research Location, Karangwangi Village, Cianjur Selatan, Jawa Barat

### **Materials and tools**

The materials used in the isolation and Propagation *Rhizobium* sp is YEMA (Yeast Extract Manitol Agar) Media, beans root *Paraserianthes falcataria* L. Nielsen, physiological solution (8.5 g NaCl/l Aquades ) and peroksida solution (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5%). In the isolation and propagation of endomycorrhiza materials used in the form of soil “lengkob” and “pasir” from Karangwangi Village Cianjur, corn, beans *Paraserianthes falcataria* L. Nielsen Formalin Acero-Alkohol (FAA), aquades, KOH 10%, HCL 1% and cat solution trypan blue laktogliserol.

Tools used in isolation and propagation *Rhizobium* sp is pipette 10 ml, incubator ,petri dishes, petridish, ose needle, tweezers, plastic, sprayer, and light microscope. In the isolation and propagation endo mycorrhiza tool used, namely, poly bag, a hoe, a knife, water bath, and autoclave.

### **Research Methods**

The method used in this study is an experimental method with Complete Random Design and single factor with the use of *Rhizobium* sp. and endo mycorrhiza to the soil “lengkob” and “pasir” (T) with 8 extend :

- t<sub>1</sub> = soil *lengkob* without inoculation
- t<sub>2</sub> = soil *lengkob* be inoculation *Rhizobium* sp.
- t<sub>3</sub> = soil *lengkob* be inokulation endomycorrhiza
- t<sub>4</sub> = soil *lengkob* be inoculation *rhizobium* sp. and endomycorrhiza
- t<sub>5</sub> = soil *pasir* without inoculation
- t<sub>6</sub> = soil *pasir* be inoculation *Rhizobium* sp.
- t<sub>7</sub> = soil *pasir* be inoculation endomycorrhiza
- t<sub>8</sub> = soil *pasir* be inoculation *rhizobium* sp. and endomycorrhiza

### **Working Procedures**

#### *Isolation and propagation Rhuzobium sp Bacteria*

Prepare 5 sterile petri cups each filled with a solution Nacl physiological and 1 solution with peroksida. Next the root beans of the plant is taken with tweezers and put in a petri dish 1 containing a physiological solution and left for 2 minutes. T he root beans is moved with tweezers and put in petri 2 which contains a solution of peroxide, leave for 3 minutes. Take back the noodles with tweezers and put in petri dishes 3 and 4 which contain a physiological solution, then leave for 2 minutes.

Seeds roots are put in an empty petri dish and snared until smooth. Next the ose needle is affixed to the beans mashed and then scraped on a cup containing YEMA media, a carbon source from mannitol or another for purification.

The characteristics of the colony are observed 5-10 days after incubation, then a separate colony is taken using ose then transferred to a cup containing YEMA media by scraping, incubated for 4-6 days. Typical colonies are taken from scraping and scratched back on YEMA media.

#### *Inoculation Methode Rhizobium sp for Paraserianthes falcataria L beans*

Seeds Paraserianthes falcataria L 7.5 gr is moistened with water, then given isolates Rhizobium sp that have been added NaCl 9 %. Seed Paraserianthes falcataria L which has been mixed with isolates Rhizobium sp planted and placed in a place that is not exposed to direct sunlight.

#### *Soil Retrieval Procedures*

Soil sampling is carried out in the "lengkob" and "pasir" fields in Karangwangi Village planted by Paraserianthes falcatariaL., sampling from each location of 5 points randomly by method of cruising. Furthermore the soil is taken from the rhizosfir with a depth of 20 cm from above the surface. The number of soils taken is 1 kg to be used as a medium of endo mycorrhiza insulation.

#### *Planting Media Preparation*

Planting media in the form of "lengkob" and "pasir" soil that has been sterilized with autoclave prepared as much as  $\pm$  96 kilograms. Then prepared polybag as much as 32 pieces size 3 kg. The polybag is arranged according to the type of treatment. Next landed into a polybag and put inside the greenhouse.

#### *Planting Paraserianthes Falcataria L. Nielsen Seeds and Harvesting Techniques*

Planting is done by placing seeds on the soil that has been hollowed out as  $\pm$  5 cm. Seeds are planted for 110 days. The paraserianthes falcataria L. which has been planted for 110 days is harvested, by taking it off the ground. The soil on the root is left to keep the root of the plant from breaking when it is about to be observed.

### **Parameter Measurement**

#### *Mains Parameters*

##### 1. N-Total Determination

Setting the N-total with spectrophotometer begins by taking the extract into a test tube of 2 ml each with a standard pipette and series, successively added a solution of tartrate and Na-fenate snobs of 4 ml each then schooled and left for 10 minutes. Then added 4 ml of NaOCl 5% was further schooled and measured with a spectrophotometer at a wavelength of 636 nm after 10 minutes. (Soil Research Institute, 2005).

##### 2. Determination of P is available bray method

The determination of P available starting with the weighing of land 2,500 g, plus extracting Bray and Kurt I as much as 25 ml, and then shaken for 5 minutes and filtered (to a maximum of 5 minutes). The next extract clear pipette 2 ml into a test tube. Series standard each plus reagent dye phosphate as 10 ml, shaken and left for 30 minutes. Last measure the absorbance with a spectrophotometer at a wavelength of 693 nm (Soil Research institute, 2005).

##### 3. Determination K Extra HCl 25%

The determination of the K extract HCl 25% starting with the weighing of the land as much as 2,000 g, and then put in a jar and added 10 ml of HCl 25% and then shaken by machine for 5 hours. Subsequently inserted into a test tube and left overnight or in a centrifuge. Extract clear example in a pipette of 0.5 ml to the test tube with added 9.5 ml of water free of ions (dilution 20x) and shaken. Extract sample diluted in the pipette of 2 ml and a geometric standard K respectively put in test tubes and measured directly with the equipment flame photometer. (Soil Research Institute, 2005).

**Data Analysis**

The data obtained was statistically tested with a variety of fingerprint analysis and when there were differences, was further tested with duncan multiple distance tests with a real rate of 5% (Sudjana, 1995).

**Table 1.** Analisis Variansi (ANOVA)

treatment replay	Deuteronomy			
	1	2	3	4
t <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>
t <sub>2</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>2</sub>
t <sub>3</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>3</sub>
t <sub>4</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>4</sub>
t <sub>5</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>5</sub>
t <sub>6</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>6</sub>
t <sub>7</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>7</sub>
t <sub>8</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>8</sub>

hypothesis test:

- Ho : No rhizobium sp influence and endo mycorrhiza to the macro element levels N, P and K "lengkob" and "pasir" planted *Paraserianthes falcataria* L. Nielsen
- H1 : There's an influence on *Rhizobium* sp. and endomycorrhiza to The macro element levels N, P and K "lengkob" and "pasir" planted *paraserianthes falcataria* L. Nielsen

## RESULTS AND DISCUSSION

**Table 2.** Average Nitrogen, Phosphate and Potassium Content in Various Soil Treatments “lengkob” dan “pasir”

combination Treatment	Nitrogen (%)	Phosphate (ppm)	Potassium (mg/100g)
t <sub>1</sub>	0,19 b	51,24 f	121,01 h
t <sub>2</sub>	0,18 b	47,35 e	98,75 e
t <sub>3</sub>	0,17 b	47,29 e	106,8 f
t <sub>4</sub>	0,17 b	61,91 g	109,9 g
t <sub>5</sub>	0,12 a	38,95 d	54,77 a
t <sub>6</sub>	0,13 a	14,56 a	58,38 b
t <sub>7</sub>	0,13 a	25,03 b	62,41 c
t <sub>8</sub>	0,13 a	28,45 c	64,97 d

Description : Numbers followed by different letters show real differences

The results showed that the highest nitrogen content level in the combination of t<sub>1</sub> treatment (inoculated lengkob soil) from 0.17 % to 0.19 % increased by 10.53 %, the highest average phosphate content in the combination of t<sub>4</sub> treatment (*rhizobium* sp inoculated lengkob soil). and endomikoriza) from 1.62 ppm to 61.9 ppm increased by 97.38 % and the highest average potassium content of the combination of t<sub>1</sub> treatment (inoculated lengkob soil) from 8.31 mg/100g to 121.01 mg/100g increased by 93.13%.

The content of nitrogen and potassium soil "lengkob" treated without inoculation (t<sub>1</sub>) with only planted *Paraserianthes falcataria* L. showed the highest increased influence compared to other treatments. This is because the "lengkob" soil planted by *Paraserianthes falcataria* L. will form root seeds that can fixate nitrogen. Santoso's opinion (1992) that *Paraserianthes falcataria* L. has hair roots that form root beats as rhizobium sp bacterial activity with plant roots that can bind to nitrogen and absorb nutrients. In accordance with Rahmawati's opinion (2005) stated that *Rhizobium* sp. associated with legumes are able to fixate 100 - 300 kg N/ha in one growing season and leave a certain amount of nitrogen for the next plant.

The content of fosfat soil “lengkob” by giving the combination of determination *Paraserianthes falcataria* L. A inoculation *Rhizobium* sp. and endomycorrhiza (t<sub>4</sub>) the highest increase compared to other treatments with an increase of 97.38%. Increased phosphate content is caused by rhizobium sp bacteria. synergize with endomycorrhiza in absorbing phosphate. As explained by Crush *et al.* (1974) that the nodulation and fixation of nitrogen will increase in line with the increasing phosphate resulting from the donation of simbiosis mycorrhizal fungus with plant roots.

Combination of rhizobium sp inoculation treatment. and e endomycorrhiza that increases phosphate content shows synergy between the two in increasing phosphate absorption. Singh and Kapoor 's opinion (1999) that mycorrhiza is known to synergize with rhizobium sp bacteria. can increase the up take of P by plants. This is because mycorrhiza has a phosphatase enzyme that works as a decomposer that can break down complex compounds into simple, so phosphate is easily absorbed by plants.

Soemarno (2010) said that mycorrhizal-infected plants have greater absorption of water and nutrients, especially Phosphate, when compared to plants without mycorrhiza. This is due to the mycelium of mycorrhizal fungus growing out of the root so that the reach and surface area of the root increase, as a result it can enlarge the absorption of the root. It is suspected that the external hyphae of mycorrhiza absorbs ions by interception and through direct contact exchange,

so that the absorption of ions by plants in that way becomes greater, while the absorption of diffusion and mass flow persists. Thus, at the same availability of Phosphate, mycorrhizal plants can absorb larger Phosphate when compared to plants without mycorrhiza.

## CONCLUSIONS

Based on the results of the research obtained, it can be concluded that *Rhizobium* sp, endomycorrhiza inoculation and combination of both in *Paraserianthes falcataria* L. have the effect of increasing the content of nitrogen, phosphate and potassium, with the highest nitrogen content in soil "lengkob" treatment t1 (limp soil without inoculation) from 0.17 % to 0.19% increase by 10.53%, phosphate in the treatment of t1b3 (ground lengkob inoculated rhizobium sp. and endomycorrhiza) from 1.62 ppm to 61.9 ppm and potassium in the treatment of t1 (inoculated lengkob soil) from 8.31 mg/100g to 121.01 mg/100g increased by 93.13%.

Research on soil productivity "lengkob" and "pasir" through *Paraserianthes falcataria* L. inoculated *Rhizobium* sp. and endomycorrhiza can be the basis for increased soil productivity by increasing the amount of biofertilizer and longer inoculation time to increase the content of nitrogen, phosphate and potassium.

## ACKNOWLEDGMENTS

My thanks to Mrs Dr. Titin Supriatun Sadeli, MS. As a supervisor and Program Academic Leadership Grand (ALG) Mr Prof. Johan Iskandar, Ph.D. that has facilitated the reassert. Next Thanks to Chief of Karangwangi Village Cidaun District of for the permissible to conduct this research.

## REFERENCES

- Balai Penelitian Tanah, 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor.
- Bertham, Y.H., Kusmana C., Setiadi Y., Mansur I., SopandieD., 2005. *Introduksi pasangan CMA dan rhizobia indigenus untuk peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai di ultisol Bengkulu*. Jurnal Ilmu - Ilmu Pertanian Indonesia 7 (2) : 94-103.
- Crush, J.R. 1974. *Plant Growth Responses to Vesicular Arbuscular Mycorrhiza*. VII. Growth and Nodulation of Some Hebage Legumes. New Phytol. 73:745.
- Rahmawati, N. 2005. *Pemamfaatan Biofertilizer Pada Pertanian Organik*. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Santoso, H. B. 1992. *Budidaya Sengon*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. Anggota IKAPI.
- Singh, S., and K.K. Kapoor, 1999. *Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil*. Biol. Fertil. Soils 28 : 139-144.
- Soemarno, MS. 2010. *Ekologi Tanah*. Bahan kajian MK. Manajemen Agroekosistem FPUB.Malang.
- Sudjana, 1995. *Metode Statistika*, Edisi Keenam, Tarsito. Bandung.
- Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengolahannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

## **Efektifitas Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskular dan Rhizobakteri Pemacu Pertumbuhan terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi Gogo**

Oleh:

**Tiwit Widowati<sup>1\*</sup>, Liseu Nurjanah<sup>1</sup>, Nuriyanah<sup>1</sup>, Sylvia J.R. Lekatompessy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Jalan Raya Bogor KM 46 Cibinong, Bogor

\*E-mail: tiwidowati@gmail.com

### **ABSTRAK**

*Pemupukan merupakan salah satu faktor penunjang produktivitas tanaman. Pemanfaatan pupuk hayati yang mengandung mikroba dapat menunjang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan efisiensi pemupukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inokulasi mikroba jamur mikoriza dan rhizobakteri terhadap pertumbuhan tanaman padi gogo. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 2 faktor dan 5 ulangan. Faktor 1 adalah pemupukan yaitu tanpa pemupukan (P1), pupuk kimia 100% (P2), inokulan mikroba (P3), inokulan mikroba + pupuk kimia 25% (P4) dan inokulan mikroba + pupuk kimia 50% (P5). Faktor 2 adalah varietas yaitu Inpago Unsoed 1 (V1), Inpago 8 (V2) dan LIPI Go 1 (V3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi mikroba dengan atau tanpa tambahan pupuk kimia berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman 1 dan 2 bulan setelah tanam, jumlah anakan, jumlah dan berat malai, berat kering tanaman bagian atas dan bawah. Varietas terbaik untuk tinggi tanaman adalah LIPI Go 1, sedangkan untuk parameter lainnya adalah varietas Inpago Unsoed 1. Ada interaksi antara inokulasi mikroba dan varietas pada semua parameter pertumbuhan. Kolonisasi tertinggi jamur mikoriza terdapat pada akar padi gogo varietas Inpago Unsoed 1 yang dihasilkan dari perlakuan inokulum mikroba dengan penambahan pupuk kimia 50% yaitu sebesar 66,67%.*

**Kata kunci:** inokulasi mikroba, padi gogo, pertumbuhan

### **PENDAHULUAN**

Padi merupakan tanaman pangan utama bagi masyarakat Indonesia. Namun produksi padi masih rendah sehingga belum mencukupi kebutuhan masyarakat. Rendahnya produksi kemungkinan disebabkan oleh menurunnya luas panen akibat alih fungsi lahan dan produktivitas menurun. Oleh karena itu, perlu dilakukan ekstensifikasi lahan dengan memanfaatkan lahan kering untuk budidaya padi. Untuk meningkatkan produksi padi gogo, salah satu caranya adalah dengan pemupukan. Pemupukan dilakukan dengan menambah unsur hara ke dalam tanah untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman serta sumber energi bagi mikroorganisme tanah.

Kegiatan pertanian saat ini sangat bergantung pada penggunaan bahan-bahan kimia seperti pupuk, fungisida dan pestisida untuk meningkatkan hasil panen. Penggunaan bahan-bahan kimia telah mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan dan menurunkan kualitas lahan pertanian. Salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan tanah adalah dengan memanfaatkan mikroba penghasil senyawa pemacu pertumbuhan tanaman.

Jamur mikoriza arbuskular merupakan salah satu mikroorganisme tanah yang berperan dalam penyerapan unsur hara. Jamur mikoriza dapat menjelajah ke dalam tanah untuk

menyerap air, unsur hara makro dan mikro yang tidak dapat dijangkau oleh akar melalui struktur hifa yang halus dan panjang (Goltapeh *et al.*, 2013). Selain itu membantu dalam penyerapan unsur hara terutama fosfat, mikoriza juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, cekaman kekeringan dan salinitas (Ruiz-Sanchez *et al.*, 2011). Kolonisasi jamur mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan padi dalam kondisi tergenang maupun kekurangan air. Manfaat lain dari jamur mikoriza adalah sebagai agen hayati yang mampu membantu dalam rehabilitasi lahan pasca pertambangan dan pembenah lahan kritis (Suryati, 2017).

Rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan bakteri di sekitar perakaran yang dapat memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui produksi dan sekresi zat pengatur tumbuh atau berperan sebagai biocontrol terhadap patogen tanaman (Glick, 2012). Bakteri dari genus *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcous*, *Pseudomonas* dan *Serratia* etc. (Bhattacharyya dan Jha, 2012) termasuk dalam kelompok ePGPR yang terletak di rizosfer, rizoplane atau di antara sel-sel korteks akar. Pemberian PGPR dapat memacu pertumbuhan dan produksi padi sawah dan gogo di tanah masam (Aryanto *et al.*, 2015). Selain itu penggunaan PGPR dapat mengurangi pemakaian 50% dosis pupuk kimia.

Penggunaan inokulan mikroba rhizobakteri maupun jamur mikoriza dapat menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan tanaman pangan yang ramah lingkungan dan mengefisienkan pupuk kimia. Keuntungan lain yang diperoleh dari aplikasi inokulan tersebut adalah efisiensi dalam penyerapan air dan nutrisi. Hal ini disebabkan oleh sistem perakaran lebih berkembang akibat kemampuan mikroba penghasil zat pengatur tumbuh. Aplikasi jamur mikoriza dan rhizobakteri diharapkan lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inokulasi jamur mikoriza dan rhizobakteri terhadap pertumbuhan padi gogo.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikroba Simbiotik Tanaman dan rumah kaca Pusat Penelitian Bioteknologi pada bulan Februari – Juni 2018. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi gogo varietas Inpago dari BB Padi, Inpago Unsoed 1 dari Universitas Jenderal Soedirman dan LIPI Go 1 dari Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Inokulum rhizobakteri *Azospirillum brasilense*, *Agrobacterium* sp. dan jamur mikoriza arbuscular (JMA) yang digunakan merupakan koleksi laboratorium Mikroba Simbiotik Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI. Pupuk anorganik yang digunakan adalah urea 200, SP-36 dan KCl 200.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 2 faktorial. Faktor ke-1 adalah pemupukan terdiri dari tanpa pemupukan (P1), pupuk kimia 100% (P2), inokulum mikroba (rhizobakteri dan JMA) (P3), inokulum mikroba + pupuk kimia 25% (P4), dan inokulum mikroba + pupuk kimia 50% (P5). Faktor ke-2 terdiri dari varietas Inpago Unsoed 1 (V1), Inpago 8 (V2), dan LIPI Go 1 (V3). Terdapat 15 kombinasi perlakuan dengan setiap perlakuan terdiri dari 5 ulangan.

Rhizobakteri *A. brasilense* dan *Agrobacterium* sp. ditumbuhkan dalam media cair *Modified Peptone Succinate Salts* (MPSS) dan diinkubasi goyang selama 72 jam. Jamur mikoriza yang digunakan terdiri dari *Acaulospora* dan *Scutellospora* dalam bentuk biomasa terinfeksi.

Benih padi gogo direndam dalam suspensi bakteri selama 30 menit. Sebanyak 2-gram biomasa jamur mikoriza dimasukkan ke dalam lubang tanam kemudian diberi benih padi. Selanjutnya ditambahkan 2 ml inokulum rhizobakteri *A. brasilense* dan *Agrobacterium* sp.

sebanyak 2 ml di setiap lubang tanam. Benih padi langsung dimasukkan ke dalam lubang tanam untuk perlakuan tanpa pemupukan dan pupuk kimia. Setiap lubang diisi 5 benih padi. Benih padi ditanam dalam ember plastic berisi 7 kg tanah.

Pemupukan kimia diberikan 15, 30, 40 dan 60 hari setelah tanam (HST). Dosis pemupukan kimia 100% adalah 0,3 g urea, 0,6 g TSP dan 1,2 g KCl per ember untuk perlakuan P2, sedangkan pada perlakuan P4 dan P5 pemberian pupuk disesuaikan dengan kebutuhan.

Parameter pertumbuhan yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah anakan per rumpun, jumlah dan berat malai serta berat kering tanaman bagian atas dan bawah. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada bulan 1 dan 2. Tanaman dipanen setelah berumur 4 bulan. Tanaman bagian atas dan bawah dipisahkan kemudian ditimbang berat basah. Biomasa tanaman dikeringkan dalam oven 70°C selama 48 jam, kemudian ditimbang berat kering. Selanjutnya dihitung persentase infeksi jamur mikoriza pada akar dan ketergantungan bibit tanaman pada mikoriza.

Kolonisasi akar dinyatakan dalam persen menurut Brundett *et al.* (1996) dengan rumus:

$$\text{Kolonisasi (\%)} = \frac{\Sigma \text{bidang pandang terkoloni}}{\Sigma \text{keseluruhan bidang pandang}} \times 100\%$$

Mycorrhizal Dependency (MD) atau ketergantungan bibit tanaman padi gogo terhadap JMA (KBTM) dihitung dengan rumus berdasarkan Plenchette *et al.* (1983):

$$\text{KBTM (\%)} = \frac{\text{BKT bermikoriza} - \text{BKT kontrol}}{\text{BKT bermikoriza}} \times 100\%$$

dimana BKT adalah berat kering tanaman

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Pemupukan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan jamur mikoriza dan inokulan rhizobakteri berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bulan ke-1 dan 2, jumlah anakan, jumlah dan berat malai serta berat kering tanaman bagian atas (BKTA) dan bagian bawah (BKTB) (Tabel 1). Perlakuan pupuk kimia 100% (P2) memberikan respon terbaik terhadap seluruh parameter pertumbuhan. Namun penggunaan jamur mikoriza dan inokulan rhizobakteri dengan atau tanpa tambahan pupuk kimia mampu menyamai perlakuan P2 pada parameter tinggi tanaman bulan ke-1 dan 2.

**Tabel 1.** Pengaruh pemupukan terhadap parameter pertumbuhan

Parameter	Pemupukan				
	P1	P2	P3	P4	P5
Tinggi bulan 1	16,67 a	19,69 b	18,45 b	19,55 b	19,37 b
Tinggi bulan 2	30,37 a	36,20 b	35,93 b	36,51 bc	39,23 c
Jumlah anakan	8,67 a	18,27 c	8,07 a	13,47 b	13,87 b
Jumlah malai	6,40 a	14,87 c	6,33 a	10,67 b	11,87 b
Berat malai	9,40 a	24,20 c	10,33 a	17,00 b	18,87 b
BKTA	8,87 a	34,87 d	9,80 a	16,60 b	20,27 c
BKTB	2,98 a	24,36 c	4,18 a	8,14 b	10,19 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom sama, berbeda tidak nyata pada taraf 5% (Uji BNT 5%)

Inokulasi jamur mikoriza dan rhizobakteri pada tanaman padi gogo kemungkinan dapat mensubstitusi kekurangan unsur hara yang diberikan pupuk NPK sampai 50%. Inokulan mikroba dapat membantu proses pertumbuhan dan penyerapan unsur hara secara optimal sehingga dapat memacu pertumbuhan padi gogo. Unsur hara nitrogen dapat merangsang pembelahan sel dan menyebabkan tinggi batang tanaman semakin bertambah sehingga semakin banyak jumlah tangkai daun yang tumbuh (Nafiah & Suryanto, 2018).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa inokulasi JMA dan rhizobakteri (P3) tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan, jumlah dan berat malai serta berat kering tanaman atas dan bawah dibandingkan kontrol (P1). Namun perlakuan inokulan dengan penambahan pupuk kimia 25 dan 50% dosis berpengaruh nyata terhadap parameter tersebut. Unsur N dan P merupakan unsur utama yang berpengaruh terhadap jumlah anakan (Dobermann & Fairhurst, 2000). Rhizobakteri mempunyai kemampuan menghasilkan enzim urea reduktase yang berperan penting dalam penambatan N bebas dari udara. Selain itu peningkatan jumlah anakan dapat disebabkan oleh keberadaan jamur mikoriza pada perakaran padi. Hal ini terjadi karena hifa eksternal mikoriza akan mengeluarkan enzim fosfatase yang dapat melepaskan P terikat dalam tanah menjadi tersedia bagi tanaman (Nurhayati, 2012).

Bobot biomassa mengindikasikan tingkat pertumbuhan yang dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara yang cukup, terutama nitrogen. Selain berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan, pemberian pupuk nitrogen akan berpengaruh terhadap berat biomasa dan jumlah malai yang dihasilkan (Nafiah & Suryanto, 2018). Inokulasi JMA dan rhizobakteri yang dikombinasi dengan pupuk kimia dapat meningkatkan bobot kering biomasa tanaman bagian atas (tajuk) dan bawah (akar) dibandingkan perlakuan tanpa pemupukan namun lebih rendah daripada perlakuan pupuk kimia 100%. Hasil penelitian Hidayati (2009) menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati yang berisi konsorsium bakteri *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. berpengaruh nyata dalam meningkatkan bobot kering tajuk dan akar tanaman padi dan jagung dibandingkan perlakuan tanpa pemupukan dan NPK saja. Pupuk hayati yang mengandung konsorsium bakteri *Azospirillum*, *Pseudomonas* dan *Bacillus* juga mampu meningkatkan serapan hara, pertumbuhan dan produktivitas tanaman dalam pembentukan gabah berisi per malai pada tanaman padi (Ainy, 2008).

### **Pengaruh Varietas**

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa varietas berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan (Tabel 2). Tinggi tanaman pada bulan ke-1 dan 2 terbaik terdapat pada varietas LIPI Go 1 (V3). Jumlah anakan dan malai serta berat kering tanaman bagian atas dan bawah terbaik dihasilkan oleh varietas Inpago Unsoed 1 (V1). Varietas Inpago 8 (V2) menghasilkan berat malai terbaik.

**Tabel 2.** Pengaruh varietas terhadap parameter pertumbuhan

Parameter	Varietas		
	V1	V2	V3
Tinggi bulan 1	18,89 a	19,49 b	19,87 b
Tinggi bulan 2	22,74 a	26,44 b	57,79 c
Jumlah anakan	14,96 c	9,92 a	12,52 b
Jumlah malai	11,80 c	8,20 a	10,08 b
Berat malai	17,88 b	19,80 b	10,20 a
BKTA	23,04 c	19,72 b	11,48 a
BKTB	14,12 c	11,52 b	4,28 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom sama, berbeda tidak nyata pada taraf 5% (Uji BNT 5%)

Hasil penelitian menunjukkan tinggi tanaman bulan ke-1 dan 2 tertinggi dihasilkan oleh varietas LIPI Go 1, kemudian disusul oleh varietas Inpago 8 dan Inpago Unsoed 1. Rata-rata jumlah anakan dan jumlah malai terbanyak diperoleh dari varietas Inpago Unsoed 1, dilanjutkan oleh varietas LIPI Go 1 dan Inpago 8. Sementara itu varietas Inpago 8 menghasilkan berat malai terbesar, diikuti oleh varietas Inpago Unsoed 1 dan LIPI Go 1. Selanjutnya berat kering tanaman bagian atas dan bawah terbesar dihasilkan oleh varietas Inpago Unsoed 1 dan diikuti Inpago 8 dan LIPI Go 1.

Adanya variasi hasil yang diperoleh, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan sifat genetik dari masing-masing varietas dalam beradaptasi terhadap lingkungan. Selain faktor pemupukan, pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh varietas dimana setiap varietas memiliki perbedaan sifat genetik, morfologis dan fisiologis (Rahayu & Harjoso, 2011). Perbedaan tersebut merupakan salah satu faktor penyebab keragaman penampilan tanaman. Warda (2011) menyatakan bahwa tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif sangat dipengaruhi oleh varietas dan galur yang memiliki adaptasi lebih baik terhadap lingkungan.

### **Interaksi Pemupukan dan Varietas**

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi pemupukan dan varietas berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan (Tabel 3). Interaksi antara pemupukan dan varietas untuk tinggi tanaman umur 1 dan 2 bulan dijumpai pada interaksi pemupukan kombinasi JMA, rhizobakteri dan NPK 50% dengan varietas LIPI Go 1 (P5V3). Jumlah anakan dan malai per rumpun serta berat kering tanaman bagian atas dan bawah yang terbaik dijumpai pada interaksi pemupukan kimia 100% dengan varietas Inpago Unsoed 1 (P2V1), sedangkan berat malai terbaik terdapat pada interaksi pemupukan kimia 100% dengan varietas Inpago 8 (P2V2).

Interaksi pemupukan dan varietas terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sangat bervariasi. Hal ini dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal (Alavan *et al.*, 2015). Faktor internal dipengaruhi oleh sifat genetik dan turunannya seperti umur tanaman, morfologi, daya hasil, kapasitas menyimpan cadangan makanan, ketahanan terhadap penyakit, sedangkan faktor eksternal berupa faktor biotik dan abiotik.

Pemberian pupuk kimia atau anorganik ke dalam tanah dapat mempercepat ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Pemberian pupuk kimia secara terus menerus akan menurunkan produktivitas tanaman padi. Hal ini disebabkan oleh menurunnya kualitas dan kuantitas bahan organik tanah yang berdampak terhadap penyediaan unsur N, P dan K sehingga terjadi penimbunan senyawa toksin bagi tanaman dan penurunan ketersediaan hara di tanah (Alavan *et al.*, 2015).

Beberapa upaya dapat dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan memanfaatkan aktivitas mikroba untuk membantu pertumbuhan tanaman tanpa menimbulkan residu kimia pada lingkungan (Prihastuti, 2012). Mikroba tanah seperti rhizobakteri memungkinkan untuk menyediakan unsur hara N, P dan K bagi tanaman melalui kemampuannya menambat nitrogen, melarutkan fosfat dan kalium. Jamur mikoriza memberikan manfaat bagi tanaman inang yang diinfeksi dalam penyediaan air dan unsur P yang dibutuhkan tanaman. Upaya introduksi mikroba dengan kombinasi pengurangan dosis pupuk kimia pada lahan memungkinkan tersedianya unsur hara bagi tanaman dan mengefisienkan pupuk kimia.

**Tabel 3.** Pengaruh pemupukan dan varietas terhadap parameter pertumbuhan

Parameter	Pemupukan	Varietas		
		V1	V2	V3
Tinggi bulan 1	P1	15,94 Aa	18,08 Aa	15,98 Aa
	P2	17,52 Aa	20,36 ABb	21,20 Bb
	P3	16,44 Aa	19,14 Abb	19,76 Bb
	P4	18,50 Aa	19,14 Aba	21,00 Ba
	P5	15,94 Aa	20,76 Bb	21,40 Bb
Tinggi bulan 2	P1	20,80 Aa	23,90 Aa	46,40 Ab
	P2	25,00 Ba	29,30 Cb	54,30 ABc
	P3	20,30 Aa	24,20 Aa	63,30 Cb
	P4	23,30 Ba	27,10 Ba	59,14 BCb
	P5	24,30 Ba	27,70 Ba	65,70 Cb
Jumlah anakan	P1	11,80 Ab	6,00 Aa	8,20 Aa
	P2	21,60 Bb	15,80 Da	17,40 Cab
	P3	11,60 Ab	5,20 Aa	7,40 Aa
	P4	16,0 Ab	9,80 Ba	14,60 Bb
	P5	13,80 Aa	12,80 Ca	15,00 Ba
Jumlah malai	P1	9,20 ABb	4,80 Aa	5,20 Aa
	P2	17,20 Dc	12,40 Cb	5,60 Ba
	P3	8,40 Ab	5,0 Aa	5,6 Aa
	P4	12,80 Cb	7,40 Ba	11,80 Bb
	P5	11,40 BCa	11,40 Ca	12,30 Ba
Berat malai	P1	12,0 Ab	11,40 Ab	4,80 Aa
	P2	30,40 Cb	31,20 Db	10,40 Ba
	P3	12,20 Ab	13,20 ABb	5,60 Aa
	P4	19,40 Bb	18,0 Bb	13,60 Ba
	P5	15,40 ABa	24,60 Cb	16,60 Cab
BKTA	P1	12,2 Ac	9,80 Ab	4,60 Aa
	P2	43,20 Cb	40,20 Db	21,20 Ca
	P3	13,20 Ab	11,00 ABb	5,20 Aa
	P4	22,00 Bb	15,00 Ba	12,80 Ba
	P5	24,60 Bb	22,60 Cab	13,60 Ba
BKTB	P1	4,40 Ab	3,20 Ab	1,34 Aa
	P2	36,0 Cc	28,0 Cb	9,07 Ca
	P3	7,40 ABc	3,80 Ab	1,35 Aa
	P4	10,60 ABb	9,40 Bb	4,44 Ba
	P5	13,20 Bb	12,20 Bb	5,19 Ba

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom sama, berbeda tidak nyata pada taraf 5% (Uji BNT 5%)

### **Kolonisasi Jamur Mikoriza**

Efektifitas jamur mikoriza pada tanaman ditandai dengan kolonisasi jamur mikoriza pada akar tanaman. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi pemupukan dan varietas juga berpengaruh terhadap kolonisasi mikoriza terhadap akar padi gogo (Tabel 4). Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman padi gogo memberikan persentase infeksi yang bervariasi. Interaksi antara pemupukan dan varietas untuk kolonisasi mikoriza terbaik dihasilkan dari interaksi pemupukan kombinasi JMA, rhizobakteri dan pupuk NPK 50% dengan varietas Inpago Unsoed 1.

**Tabel 4.** Pengaruh pemupukan dan varietas terhadap kolonisasi jamur mikoriza

Parameter	Pemupukan	Varietas		
		V1	V2	V3
Infeksi akar (%)	P1	13,33 Ab	12,00 Ab	9,33 Aa
	P2	24,00 ABb	28,00 ABb	12,00 Aa
	P3	47,34 BCb	54,00 BCb	22,67 Ba
	P4	64,67 Cb	58,67 BCb	24,00 Ba
	P5	67,62 Cb	62,67 Cb	24,00 Ba

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom sama, berbeda tidak nyata pada taraf 5% (Uji BNT 5%)

Kolonisasi jamur mikoriza pada akar padi gogo dengan kategori rendah (6-25%) terdapat pada seluruh interaksi pemupukan dengan varietas LIPI Go 1. Interaksi pemupukan dan varietas padi Inpago Unsoed 1 dan Inpago 8 memberikan hasil kolonisasi mikoriza yang beragam dari rendah, sedang dan tinggi. Menurut the Institute of Mychorrhizal Research and Development, kolonisasi mikoriza dikategorikan sebagai berikut yaitu sangat rendah (0-5%), rendah (6-25%), sedang (26-50%), tinggi (51-75%) dan sangat tinggi (> 75%). Pada perlakuan tanpa mikoriza (P1 dan P2) menunjukkan adanya infeksi mikoriza pada akar padi gogo dengan persentase rendah. Hal ini diduga, tanah yang digunakan sebagai media tanam mengandung JMA yang terbawa dari lahan.

Adanya perbedaan hasil kolonisasi mikoriza pada akar tanaman padi gogo dipengaruhi oleh jenis jamur mikoriza dan tanaman inang. Babbu & Redy (2011) menyatakan kolonisasi jamur mikoriza pada akar ditentukan oleh kesesuaian jamur mikoriza dengan tanaman inang dalam mekanisme pertukaran nutrisi antar keduanya, kemampuan hidup mikoriza dan sensitivitas inang. Kedalaman tanah juga dapat mempengaruhi jumlah mikoriza. Kemampuan adaptasi dan toleransi mikoriza dipengaruhi oleh keberadaannya pada akar tanaman di tanah yang tidak terlalu dalam (Medina & Azcon, 2010).

Setiap tanaman mempunyai ketergantungan yang berbeda terhadap jamur mikoriza. Hasil menunjukkan bahwa tanaman padi gogo mempunyai ketergantungan bervariasi pada mikoriza, antara rendah-tinggi (Tabel 5). MD tertinggi dihasilkan oleh interaksi pemupukan kombinasi JMA, rhizobakteri dan 50% NPK dengan varietas LIPI Go1, sedangkan MD terendah diperoleh dari inokulasi JMA dan rhizobakteri pada LIPI Go 1.

**Tabel 5.** Ketergantungan tanaman padi terhadap mikoriza

Parameter	Pemupukan	Varietas		
		V1	V2	V3
KBTM (%)	P1	-	-	-
	P2	-	-	-
	P3	19,42	12,16	9,31
	P4	49,08	47,58	65,55
	P5	56,08	62,64	69,39

*Mycorrhizal Dependency* (MD) atau ketergantungan tanaman terhadap mikoriza didefinisikan oleh Plenchette *et al.* (1983) sebagai tingkatan ketergantungan terhadap kondisi mikoriza untuk menghasilkan pertumbuhan dan hasil maksimum pada suatu taraf kesuburan

tanah tertentu. Terdapat tiga klasifikasi MD yaitu ketergantungan tinggi ( $MD > 40\%$ ), sedang ( $10 < MD < 40\%$ ) dan rendah ( $MD < 10\%$ ) (Cruz *et al.* 1999). MD dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya varietas dan kemampuan tanaman memanfaatkan fosfat, morfologi dan fisiologi akar serta jenis jamur mikoriza (Tawaraya, 2003).

Peningkatan pertumbuhan tanaman padi gogo pada perlakuan jamur mikoriza disebabkan kemampuan JMA membentuk simbiosis mutualisme dengan akar padi gogo. Simbiosis JMA dengan akar akan membentuk interaksi dimana mikoriza akan merangsang pertumbuhan akar dan membantu penyerapan unsur hara dan air. Rhizobakteri menunjang pertumbuhan dan ketahanan tanaman melalui kemampuannya menghasilkan zat pemacu tumbuh. JMA dan rhizobakteri saling berinteraksi selama proses kolonisasi akar. Rhizobakteri mempengaruhi pembentukan dan fungsi JMA, sebaliknya JMA mempengaruhi populasi rhizobakteri di rizosfer.

## KESIMPULAN

Inokulasi jamur mikoriza dan rhizobakteri dengan atau tanpa tambahan pupuk kimia memberikan respon terbaik terhadap tinggi tanaman umur 1 dan 2 bulan. Inokulasi mikroba dengan penambahan 25% dan 50% pupuk kimia dapat meningkatkan jumlah anakan, jumlah dan berat malai serta berat kering tanaman atas dan bawah dibandingkan kontrol. Varietas LIPI Go 1 merupakan varietas terbaik untuk parameter tinggi tanaman umur 1 dan 2 bulan. Parameter jumlah anakan dan malai serta berat kering tanaman bagian atas dan bawah yang terbaik dihasilkan oleh varietas Inpago Unsoed 1, sedangkan varietas Inpago 8 memberikan respon terbaik pada berat malai. Kombinasi pemupukan jamur mikoriza, rhizobakteri dan 50% pupuk kimia dengan varietas LIPI Go 1 memberikan respon terbaik pada tinggi tanaman umur 1 dan 2 bulan. Parameter jumlah anakan, jumlah malai serta berat kering tanaman bagian atas dan bawah terbaik dihasilkan oleh pemupukan kimia 100% dengan varietas Inpago Unsoed 1, sedangkan berat malai terbaik diperoleh dari pemupukan kimia 100% dengan varietas Inpago 8. Kolonisasi jamur mikoriza pada akar padi dihasilkan dari kombinasi jamur mikoriza, rhizobakteri dan 50% pupuk kimia dengan varietas Inpago Unsoed 1. Ketergantungan tanaman padi gogo terhadap mikoriza bervariasi dari rendah – tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program DIPA PN Pangan Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI tahun 2018 yang telah memberikan dana penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada bapak Adang dan Eman yang telah membantu selama penelitian berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ainy. 2008, Kombinasi antara Pupuk Hayati dan Sumber Nutrisi dalam Memacu Sumber Hara, Pertumbuhan serta Produktivitas Padi dan Jagung. *Jurnal Pertanian*, 5(1):7-15.
- Alavan, A; Hayati, R.; Hayati E., 2015, Pengaruh Pemupukan terhadap Beberapa Varietas Padi Gogo (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Floratek*, 10:61-68.
- Aryanto, A.; Triadiati.; Sugiyanta., 2015, Pertumbuhan dan Produksi Padi Sawah dan Gogo dengan Pemberian Pupuk Hayati Berbasis Bakteri Pemacu Tumbuh di Tanah Masam. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3):229-235. DOI: 10.18343/jipi.20.3.229.

- Babbu, G.A.; Reddy, M.S., 2011, Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with plants growing in fly ash pond and their potential role in ecological restoration. *Current Microbiology*, 63:273-280.
- Bhattacharyya, P.N.; Jha, D.K., 2012, Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28:1327–1350.
- Brundrett, M.; Bougher, N.; Dell, B.; Grove, T.; Malajczuk, N., 1996, Working with Mycorrhizas In Forestry and Agriculture. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research
- Cruz, R.E.; de la Zarade, J.F.; Agganzae, N.S.; Lorilla, E.B., 1999, Differential mycorrhizal development of some agricultural, horticultural and forestry crops to inoculation of mycorrhizal fungi. In: D Jasper (Ed.). *Proceedings of the International Symposium on Management of Mycorrhizas on Agriculture, Horticulture and Forestry*. Australian Institute of Agricultural Sciences, Australia.
- Deguchi, S.; Matsuda, Y.; Takenaka, C.; Sugiura, Y.; Ozawa, H.; Ogata, Y., 2017, Proposal of a new estimation method of colonization rate of arbuscular mycorrhizal fungi in the roots of *Chengiopanax sciadophylloides*. *Mycobiology*, 45:15-19.
- Doberman A, Fairhurst T. 2000. Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management. Potash and Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute. Oxford Geographic Printers Pte Ltd. Canada, Philippines.
- Glick, B.R., 2012, Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications, *Scientifica*. 2012:1-15. doi.org/10.6064/2012/963401.
- Goltapeh, E.M.; Danesh, Y.Z.; Prasad, R.; Varma, A., 2008, Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know?. In : Varma A, editor. *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, EcoFunction, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. India (IN). Springer.
- Hidayati N. 2009. Efektivitas Pupuk Hayati pada berbagai Lama Simpan terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa*) dan Jagung (*Zea mays*). [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. [Indonesian]
- Medina, A.; Azcon, R., 2010, Effectiveness of application of arbuscular mycorrhiza fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under stress condition. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10:354-372.
- Nafiah, V.I.; Suryanto, A., 2018, Kajian PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) pada Berbagai Tingkat Aplikasi Nitrogen terhadap Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) Varietas Situ Bagendit. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(7):1588-1596.
- Nurhayati, 2012, Pengaruh berbagai jenis tanaman inang dan beberpa jenis sumber inokulum terhadap infektivitas dan efektivitas mikoriza. *Jurnal Agrista*, 16(2): 80-86.
- Plenchette, C.; Fortin, J.A.; Furlan, V., 1983, Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil*, 70(2), 199-209.
- Prihastuti. 2012. Upaya pengelolaan biologis lahan kering masam ultisol. *El-Hayah* 2: 104-111.
- Rahayu, A.Y.; Harjoso, T., 2011, Aplikasi Abu Sekam pada Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) terhadap Kandungan Silikat dan Prolin Daun serta Amilosa dan Protein Biji. *Biota*, 16(1): 48-55.
- Ruíz-Sánchez, M.; Armada, E.; Muñoz, Y.; de Salamone, I.E.G.; Aroca, R.; Ruíz-Lozano, J.M.; Azcón, R., 2011, *Azospirillum* and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions, *Plant Physiology*. 168:1031-1037.
- Suryati, T., 2017, Studi Fungi Mikoriza Arbuskula di Lahan Pasca Tambang Timah

- Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1):45-53
- Tawaraya, S., 2003, Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant spesies dan cultivars. *Soil Science and Plant Nutrition*, 49(5):655-668.
- Warda. 2011. Keragaan Beberapa Varietas Unggul Padi di Kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional Serealia, Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Jagung dan Diversifikasi Pangan. Maros, 3-4 Oktober 2011. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Serealia.

## **Persistensi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) di Lahan Reklamasi Tambang Timah di Bangka**

Oleh:

**Maliyana Ulfa<sup>1</sup>, Imam Muslimin<sup>1</sup>, Hanifah Khoirunnisa<sup>2</sup>, Abdul Hakim Lukman<sup>1</sup>,  
Purwanto<sup>1</sup>, dan Kusdi Mulyadi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Palembang

<sup>2</sup>Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

Koresponden penulis: [aisq08@gmail.com](mailto:aisq08@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Penambangan timah merupakan salah satu bagian dari aktivitas pembangunan yang berdampak pada lingkungan, seperti terjadinya penurunan kualitas lahan, baik secara fisik, kimia maupun biologi tanah. Upaya reklamasi penting dilakukan untuk pemulihan ekologi. Selama ini, reklamasi yang telah dilaksanakan tidak semuanya berdampak nyata terhadap pemulihan lahan. Oleh karena itu, sangat perlu untuk dilakukan review terhadap kondisi lahan pasca reklamasi. Review dilakukan menggunakan pendekatan indikator persistensi fungi mikoriza arbuskular (FMA) pasca reklamasi, dengan pertimbangan bahwa jamur pembentuk mikoriza merupakan simbiosis yang dibutuhkan vegetasi pada suksesi primer. Kegiatan dilakukan di beberapa lokasi reklamasi dengan pengelolaan lahan pasca tambang yang berbeda. Berdasarkan hasil identifikasi jenis FMA dari spora yang ditemukan, jumlah spora, dan data iklim mikro lahan di setiap lokasi; dapat diketahui bahwa teknik reklamasi pengelolaan pasca tambang menjadi poin penting keberhasilan upaya pemulihan ekologi. Teknik reklamasi dengan melakukan penimbunan tanah mineral topsoil menunjukkan adanya keberagaman jenis FMA di tingkat genus *Glomus*, *Acaulospora*, dan *Gigaspora*. Jumlah spora pada lahan yang mengalami penimbunan juga lebih tinggi bila dibandingkan lahan pasca tambang yang tidak ditimbun (tailing). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penimbunan lahan pasca tambang menjadi tahapan penting untuk mendukung keberhasilan dan keberlanjutan reklamasi.*

**Kata kunci:** *tambang timah, FMA, pasca tambang, reklamasi, penimbunan*

### **PENDAHULUAN**

Laju eksploitasi lahan untuk penambangan tidak seimbang dengan upaya reklamasi yang dilaksanakan. Petriella (2019) menyebutkan bahwa hingga Agustus 2019, realisasi reklamasi baru mencapai 3.085,2 ha atau 44,07% dari target tahun ini seluas 7.000 ha. Terdapat 3.914,6 ha yang perlu direklamasi hingga akhir tahun 2019. Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) telah mengeluarkan Undang-undang No. 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Pertambangan Mineral dan Batubara yang mengatur kewajiban reklamasi bagi pemegang Ijin Usaha Pertambangan (IUP) dan Ijin Usaha Pertambangan Khusus (IUPK) serta hukuman pidana dan denda bagi pelanggarnya. Namun yang menjadi catatan penting lainnya adalah adanya tambahan luasan wilayah pertambangan rakyat (WPR) dalam UU Minerba yang baru,

yang sebelumnya diberikan luas maksimal 25 ha dan kedalaman maksimal 25 meter menjadi luasan maksimal 100 ha dan kedalaman maksimal 100 meter.

Akumulasi *tailing* dijumpai di lahan bekas tambang timah dan menjadi permasalahan untuk dipulihkan. Kerusakan lingkungan yang parah dijumpai di areal bekas tambang timah, yaitu kondisi tanah tandus karena hilangnya lapisan atas, yang lebih didominasi oleh pasir kuarsa yang berwarna putih (*tailing*) dan terbungkalai pasca penambangan (Nurcholis *et al.*, 2013); Struktur tanah yang sangat porous, kapasitas memegang air yang rendah, kapasitas tukar kation yang sangat rendah, bahan organik yang rendah, dan pH yang rendah (Subardja *et al.*, 2008); kesemuanya itu mengakibatkan rendahnya ketersediaan hara dan air bagi tanaman dan akumulasi unsur logam dalam tanah.

Jaminan reklamasi yang berhasil dan berkelanjutan merupakan tantangan terkini untuk memperbaiki kondisi lingkungan pasca penambangan. Kemerosotan kualitas lahan yang beragam dan dinamis antar lokasi penambangan menjadi permasalahan khusus, yang penanganannya tidak bisa dengan menggeneralisasi setiap teknik yang telah diterapkan dan dinyatakan berhasil. Review status reklamasi menjadi salah satu cara untuk mengetahui ketepatan teknik dan pendekatan yang telah dilakukan. Salah satu pendekatan indikator pulihnya lahan akibat teknik reklamasi yang diterapkan adalah kondisi mikroba tanah, yaitu keberadaan fungi mikoriza arbuskular (FMA). Kehadiran FMA pada suksesi awal merupakan bagian dari permulaan mekanisme kehidupan dalam suatu ekosistem. Komunitas mulai terbentuk dengan hadirnya jenis-jenis vegetasi pionir, yang umumnya berasosiasi dengan FMA (González-Chávez *et al.*, 2009; Kohler *et al.*, 2015).

Bertambahnya populasi FMA merupakan indikator terbentuknya karakter lapisan seresah (Grogan *et al.*, 2000). Adanya bahan organik yang memadai bagi akar tanaman merupakan kontributor utama bagi perkembangan struktur tanah yang selanjutnya distabilkan oleh FMA (Daynes *et al.*, 2013). Menurut Allen *et al.* (2003) bahwa spora FMA lebih mendominasi lapisan seresah selama berlangsungnya restorasi hutan, seperti yang ditemukan di hutan neotropika di Meksiko. Keberadaan FMA mampu menjadi pendukung pemulihan kondisi pasca penambangan, yang terdegradasi karena berkurangnya lapisan tanah atas dan vegetasi, menurunkan keanekaragaman hayati tanah, dan menghasilkan kondisi lingkungan yang sangat ekstrem (Wang, 2017).

Penelitian mengenai status reklamasi yang telah berlangsung telah dilakukan oleh Kurniawan (2016); Munir *et al.* (2017) dan Harahap (2019), namun tidak menitikberatkan pada keberadaan FMA. Status FMA di lahan bekas tambang timah masih didominasi oleh eksistensinya pasca penambangan (Suryati, 2017) dan potensinya untuk mendukung tanaman revegetasi (Ferry *et al.*, 2013; Asmelash *et al.*, 2016). Adapun yang terkait eksistensi FMA di lahan reklamasi yang telah direklamasi telah dilakukan oleh Anggreiny *et al.* (2017) namun masih terbatas pada satu lokasi dengan jenis tanaman yang berbeda. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut, maka studi mengenai persistensi FMA di lahan yang telah direklamasi pada beberapa lokasi dan jenis tanaman revegetasi yang beragam menjadi penting untuk dilakukan. Oleh karenanya, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengetahui status FMA di lahan bekas tambang timah yang telah direklamasi, namun juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi jenis tanaman yang tepat untuk digunakan sebagai tanaman revegetasi terkait dengan kelimpahan FMA yang ditemukan di daerah rhizosfernya.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan pada Maret 2020 di beberapa lahan bekas tambang timah yang telah direklamasi di Propinsi Bangka Belitung, yaitu:

**1. Lokasi PT RBT di Bangka Tengah.**

Lokasi reklamasi merupakan bekas tambang timah yang sebelumnya dilakukan penambangan oleh perusahaan lain. Lokasi tidak dikelola selama lebih dari 10 tahun, dalam konteks ini lokasi mengalami "masa bero". Tanaman reklamasi oleh PT RBT menggunakan tanaman utama Sengon (*Paraserianthes falcataria*). Dalam pertumbuhannya, tanaman sengon berumur 3 tahun mempunyai variasi pertumbuhan yang beragam. Di beberapa tempat terdapat tanaman yang sangat bagus, namun di beberapa tempat lainnya terdapat tanaman sengon yang tumbuh kurang bagus (merana).

Di sekitar lokasi reklamasi PT RBT, terdapat beberapa tempat yang belum dilakukan reklamasi dan tidak dikelola dalam jangka waktu lama sehingga secara alami tumbuh beberapa jenis tanaman lokal. Beberapa jenis tanaman tersebut adalah pulai (*Alstonia* sp.), gelam (*Melaleuca cajuputi* subsp. *cumingiana*), pelawan (*Tristaniaopsis merguensis*), simpur (*Dillenia indica*). Tanaman gelam mempunyai jumlah populasi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya.

**2. Lokasi rehabilitas Daerah Aliran Sungai yang dikelola oleh BPDASHL Baturusa cerucuk.**

Lokasi berada di Desa Belilik Kecamatan Namang. Lokasi reklamasi merupakan lahan bekas tambang yang tidak dilakukan penimbunan, berupa tailing yang banyak mengandung pasir kuarsa. Kegiatan reklamasi di lahan bekas tambang ini menggunakan aplikasi kompos blok. Kompos blok merupakan kompos berbentuk padat yang di bagian tengahnya berlubang sebagai tempat penanaman bibit. Kompos blok ini berperan sebagai media perkembangan perakaran bibit yang sekaigus sebagai media adaptasi perkembangan akar menuju ke media tailing. Jenis tanaman yang ditanam adalah cemara, mete, kayu putih dan pulai. Pada saat pengamatan, tanaman reklamasi berumur 2,3 tahun.

**3. Lokasi reklamasi lahan bekas tambang timah di wilayah KPHP Sungai Sembulan.**

Lahan reklamasi telah dilakukan penimbunan satu bulan sebelum dilakukannya kegiatan penanaman. Jenis tanaman yang dikembangkan di lahan reklamasi ini adalah jenis tanaman Mete (*Anacardium occidentale*) yang baru ditanam akhir tahun 2019 (umur tanaman 4 bulan). Mete ditanam dengan pertimbangan bahwasanya tanaman alami mete tumbuh di daerah Indonesia timur yang mempunyai iklim kering dan tandus. Sehingga penanaman mete di lahan bekas tambang timah akan dapat beradaptasi dengan cepat. Selain itu, tanaman mete menghasilkan produk HHBK berupa buah jambu mete dan kacang mete yang mempunyai nilai ekonomi.

**Pengambilan Sampel Tanah di Daerah Rhizosfer Tanaman di Lahan Yang Telah Direklamasi**

Sampel yang diambil di ketiga areal tersebut adalah tanah dan akar yang berada di daerah rhizosfer tanaman yang ditanam sebagai tanaman revegetasi, menggunakan metode *Purposive Sampling*. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel pada tanaman lokal yang tumbuh alami di lahan reklamasi.

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan sekop di kedalaman tanah 10 – 20 cm pada setiap tanaman revegetasi, yang titik pengambilannya dilakukan pada 4 titik yang berbeda untuk kemudian dikomposit menjadi satu sampel komposit. Sampel komposit sekitar 500 gram, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik berlabel keterangan lokasi dan tanggal pengambilan sampel. Sampel tanah kemudian diekstraksi untuk mendapatkan spora dan dilanjutkan dengan identifikasi FMA dan perhitungan spora yang ditemukan tiap 50 gram sampel. Kegiatan ekstraksi sampai dengan identifikasi spora dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Perlindungan Hutan milik Balai Litbang LHK Palembang.

Tahapan ekstraksi untuk mendapatkan spora menggunakan teknik tuang saring basah (Pacioni, 1992; Setiadi dan Setiawan, 2011). Identifikasi spora FMA menggunakan metode Schenk dan Perez (1990), yaitu spora diidentifikasi dengan pengamatan morfologi spora yang

sebelumnya diwarnai dengan pewarna *melzer's reagent*. Genus FMA diketahui berdasarkan struktur spora yang ditemukan akibat pewarnaan tersebut. Setiap genus yang ditemukan dengan karakter struktur spora yang sama dikelompokkan dan dihitung menurut jenis vegetasi yang menjadi inangnya.

Data jumlah spora yang ditemukan kemudian dilakukan tabulasi data untuk mengetahui kelimpahan spora di setiap lokasi yang diteliti, baik secara keseluruhan maupun tiap jenis tanaman inang di setiap lokasi. Perhitungan kerapatan spora mengikuti Koske (1987) menjadi pendekatan yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar potensi FMA yang ada di setiap jenis tanaman vegetasi yang berada di setiap lokasi penelitian, yaitu berdasarkan jumlah spora per 50 gram sampel tanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi FMA yang telah dilakukan menunjukkan adanya jenis FMA yang beragam, yaitu *Acaulospora*, *Glomus*, dan *Gigaspora*, dengan jumlah yang berbeda di lokasi dan jenis tanaman inang yang berbeda (Tabel 1).

**Tabel 1.** Kelimpahan FMA dan kondisi iklim mikro di lokasi penelitian

No.	nama sampel	Lokasi	pH tanah	Suhu tanah	Jumlah total spora	Jumlah Spora		
						<i>Acaulospora</i>	<i>Glomus</i>	<i>Gigaspora</i>
1.	Pulai ( <i>Alstonia</i> sp)	1	6,5	29	224	37	126	61
2.	Gelam ( <i>Melaleuca cajuputi</i> subsp. <i>cumingiana</i> )	1	6,5	29	97	5	56	36
3.	Pelawan ( <i>Tristaniopsis merguensis</i> )	1	6,5	29	177	28	112	37
4.	Simpur ( <i>Dillenia indica</i> )	1	6,5	29	248	49	174	25
5.	Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> ) pertumbuhan bagus	1	6,5	29	<b>523</b>	163	293	67
6.	Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> ) pertumbuhan jelek	1	6,5	29	459	167	181	111
7.	Cemara ( <i>Casuarina equisetifolia</i> )	2	7	34	213	42	102	69
8.	Kayu Putih ( <i>Melaleuca cajuputi</i> subsp. <i>cajuputi</i> )	2	7	34	23	1	4	18
9.	Mete ( <i>Anacardium occidentale</i> )	2	7	34	53	20	25	8
10.	Pulai ( <i>Alstonia</i> sp)	2	7	34	<b>22</b>	4	18	0
11.	Mete-1 ( <i>Anacardium occidentale</i> )	3	6,24	29	84	51	13	20
12.	Mete-2 ( <i>Anacardium occidentale</i> )	3	6,24	29	32	8	24	0
13.	Mete-3 ( <i>Anacardium occidentale</i> )	3	6,24	29	29	2	27	0
14.	Hutan Alam	3	6,4	28	143	19	101	23

Keterangan : Lokasi 1 di PT. RBT, Lokasi 2 di rehab DAS BPDASHL Bangka Tengah, Lokasi 3 di KPHP Sungai Sembulan

Berdasarkan Tabel 1, maka dapat diketahui bahwa kelimpahan FMA pada tanaman reklamasi ataupun tanaman lokal yang tumbuh secara alami pada beberapa lahan bekas tambang timah di propinsi Bangka Tengah mempunyai kelimpahan antara 22-523 spora per 50 gr sampel atau kerapatan 0,44-10,46 spora/gram. Kelimpahan terbanyak pada jenis tanaman sengon di

PT RBT yang memang pertumbuhannya relatif lebih baik bila dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya. Secara umum, kerapatan spora di lahan bekas tambang timah mempunyai nilai yang sangat kecil apabila dibandingkan dengan kerapatan FMA pada pengusahaan lahan lainnya. Kerapatan FMA pada pegusahaan tanaman hortikultura di lahan pertanian adalah 1,4-34,4 spora/gram (Samsi *et al.*, 2017). Burhanuddin dan Herawatiningsih (2016) mengidentifikasi kelimpahan FMA di bawah tanaman kemiri adalah 3,41-5,89 spora/gram. Budi dan Dewi (2016) mengidentifikasi kelimpahan FMA di bawah tanaman jabon yaitu 7,3 spora/gram. Rendahnya kerapatan kelimpahan spora FMA di lahan bekas tambang timah Bangka dibandingkan dengan pengusahaan lainnya terkait dengan kondisi lahan reklamasi yang umumnya pernah mengalami cekaman kekeringan dan kesuburan tanah. Namun demikian, kelimpahan spora FMA di lahan bekas tambang timah di Bangka masih mempunyai nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelimpahan spora FMA pada areal bekas tambang dan lahan kritis lainnya. Seperti halnya ketika dibandingkan dengan penelitian Akib (2018) yang melaporkan kelimpahan FMA *indigeneous* pada reklamasi lahan tambang batubara sampai dengan tanaman umur 4 tahun adalah sebesar 0,11-4,14 spora/gram. Rahmiyah dan Muzayyanah (2014) mengemukakan bahwa kelimpahan FMA di lahan bekas tambang batubara adalah 0,1-1,78 spora/gram. Hermawan *et al.* (2015) mengemukakan bahwa kelimpahan spora FMA di bawah tegakan *Eucalyptus pellita* pada lahan gambut kedalaman mulai dari 0-100 cm adalah 2,34-3,17 spora/gram.

### **Kelimpahan FMA di areal reklamasi konsesi PT RBT**

Lahan bekas tambang timah di PT RBT telah dilakukan reklamasi menggunakan jenis tanaman sengon. Pertumbuhan tanaman sampai dengan umur 3 tahun mempunyai variasi pertumbuhan yang beragam (Gambar 1). Beberapa sengon tumbuh dengan baik dan ada juga yang tumbuh kurang baik (terhambat). Kelimpahan FMA sengon yang tumbuh bagus mempunyai jumlah yang lebih banyak bila dibandingkan dengan sengon yang tumbuh terhambat. Begitu juga dengan kelimpahan FMA jenis *Glomus* dan *Gigaspora* yang lebih banyak pada sengon yang bagus bila dibandingkan dengan sengon yang tumbuh terhambat, namun kelimpahan FMA *Acaulospora* nampak sama di antara kedua sengon tersebut (Gambar 3).

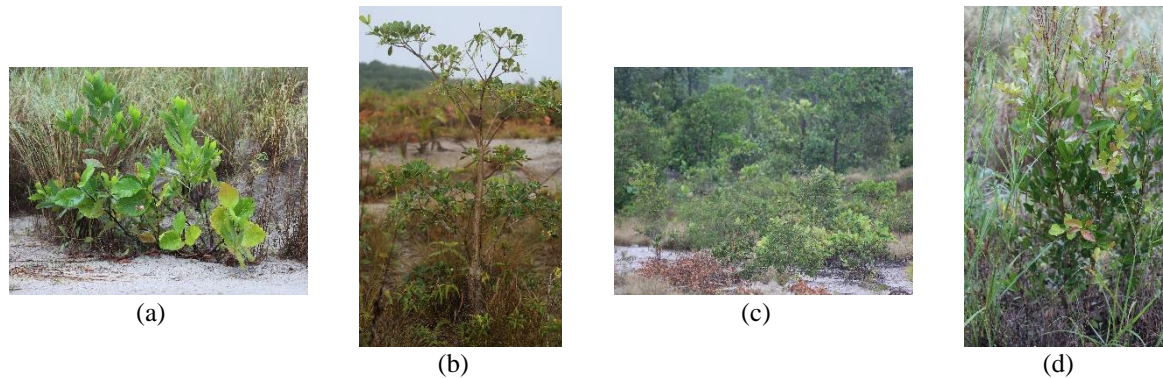


(a)



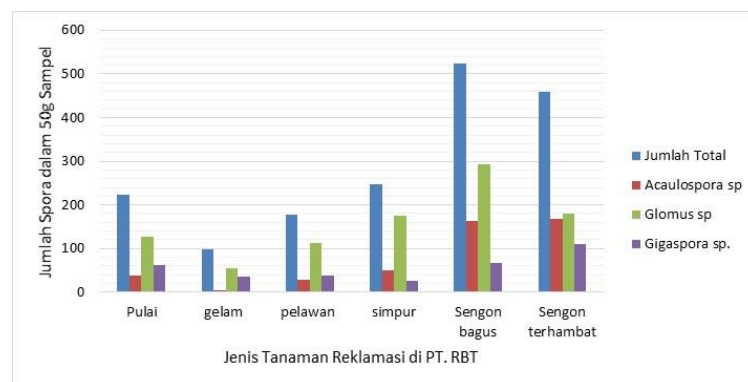
(b)

**Gambar 1.** Sengon (*Paraserianthes falcataria*) di PT. RBT yang berpenampilan pertumbuhan terhambat (a), dan pertumbuhan baik (b).



**Gambar 2.** Tanaman lokal yang tumbuh alami di lahan bekas tambang timah di PT RBT yaitu simpur (a), pulai (b), gelam (c) dan pelawan (d)

Lahan bekas tambang timah di PT RBT yang tidak dikelola selama bertahun-tahun, secara alamiah juga tumbuh jenis tanaman lokal seperti pulai, gelam, simpur dan pelawan (Gambar 2). Gelam mempunyai jumlah yang lebih banyak bila dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya. Secara total, kelimpahan FMA terbanyak berturut-turut terdapat pada jenis tanaman simpur, pulai, pelawan dan gelam, terutama kelimpahan FMA *Glomus* di lokasi tersebut. Kelimpahan FMA *Gigaspora* dan *Acaulospora* mempunyai pola variasi yang berbeda. Satu hal yang menjadi perhatian sangat penting adalah bahwa jenis-jenis tanaman lokal yang tumbuh alami pada lahan bekas tambang sebenarnya telah mempunyai hubungan (relasi) secara alami dengan FMA. Hal tersebut adalah bentuk spontanitas vegetasi lokal terhadap kondisi lahan terutama terkait dengan bahan organik di lahan pasca tambang (Frouz dan Nováková, 2005) serta aktivitas enzim dan mikroba pada biomassa di tanah lahan bekas tambang (Baldrian *et al.*, 2008).



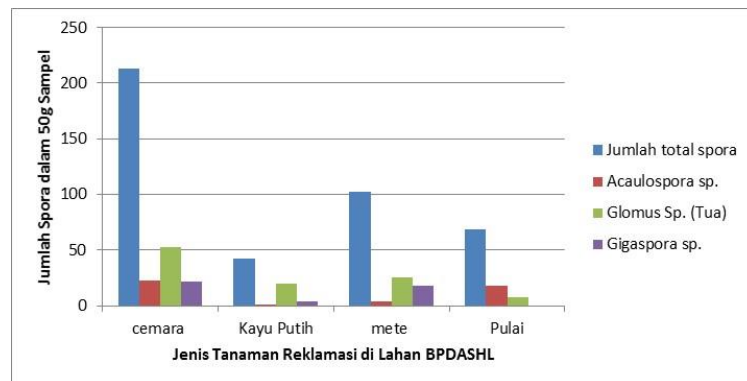
**Gambar 3.** Grafik hubungan antara kelimpahan FMA dengan jenis tanaman reklamasi (sengon) dan tanaman alami lokal di lahan bekas tambang (pulai, gelam, pelawan, simpur) di PT RBT.

Peran penting FMA tampak pada melimpahnya spora yang ditemukan pada sengon, yang merupakan tanaman revegetasi di lokasi reklamasi, kontradiksi dengan kelimpahan spora pada gelam yang merupakan jenis endemik di lokasi reklamasi (Gambar 3). Menurut Nadeem *et al.* (2017), FMA melalui mekanisme mutualistik mendukung pertumbuhan tanaman terutama dalam kondisi cekaman biotik dan abiotik. Tanaman yang diintroduksi di lahan yang bukan habitus aslinya, akan melakukan bentuk adaptasi untuk bertahan hidup, yang dalam hal ini melakukan adaptasi melalui mekanisme asosiasi simbiosis mutualisme dengan FMA (Rúa *et al.*, 2016). Menurut Kourtev *et al.* (2002), tanaman eksotik mampu beradaptasi terhadap perubahan komunitas mikroba tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhannya. Selama proses infeksi pada akar, tanaman eksotik cenderung tidak mendapat ancaman patogen seperti

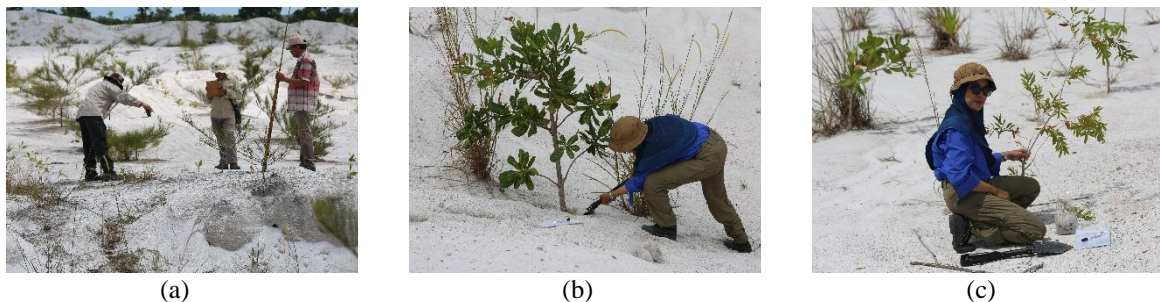
di habitat aslinya atau dapat tahan terhadap bentuk patogen di lingkungan yang baru sehingga kolonisasi jamur mikoriza berjalan dengan baik (Cappuccino dan Anarson, 2006).

### **Kelimpahan FMA di lahan reklamasi BPDAS HL Baturusa Cerucuk**

Kelimpahan FMA pada lokasi reklamasi DAS mempunyai kelimpahan yang sangat tinggi pada jenis tanaman cemara (Gambar 4). Secara total kelimpahan pada jenis tanaman cemara ini jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis tanaman yang lainnya (kayu putih, mete dan pulai). Kelimpahan jenis FMA pada tanaman cemara yang tinggi ini berhubungan dengan potensi daya dukung pertumbuhan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya. Cemara merupakan jenis tanaman asli pesisir yang pada umumnya mempunyai unsur hara dan air yang miskin. Cemara bersimbiosis dengan bakteri *Frankia* yang dapat memfiksasi nitrogen dan dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman (Diagne *et al.*, 2013; Karthikeyan, 2016). Keberadaan *Frankia* dan jamur mikoriza dapat merupakan bentuk paduan mikroba tanah yang juga mendukung pertumbuhan tanaman cemara di lokasi reklamasi. Menurut Djighaly *et al.* (2020), keberadaan *Frankia* dan *Rhizophagus fasciculatus* meningkatkan pertumbuhan tinggi dan tingkat kelangsungan hidup tanaman *Casuarina*, bahkan terdapat keanekaragaman spesies dan biomassa tanaman yang lebih besar setelah 4–5 tahun di lokasi penanaman.



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara kelimpahan FMA dengan jenis tanaman reklamasi lahan DAS

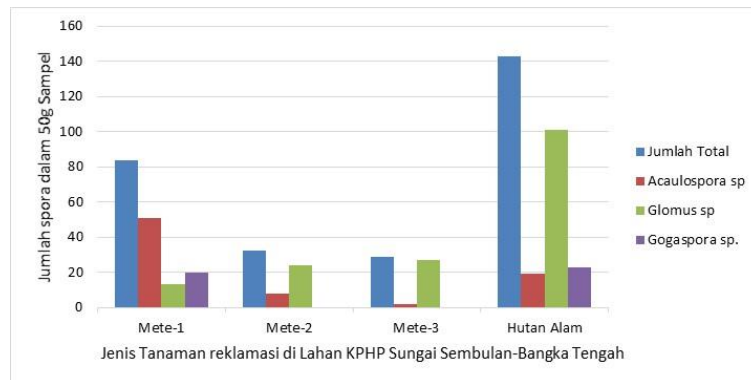


**Gambar 5.** Jenis tanaman reklamasi cemara (a), mete (b) dan kayu putih (c) di lokasi lahan reklamasi bekas tambang timah DAS Baturusa Carucuk-Bangka Tengah.

### **Kelimpahan FMA di areal reklamasi KPHP Sungai Sembulan**

Kelimpahan FMA pada jenis tanaman mete yang ditanam untuk reklamasi lahan bekas tambang timah di wilayah KPHP Sungai Sembulan mempunyai variasi kelimpahan yang berbeda meskipun pada jenis tanaman reklamasi yang sama. Tanaman mete-1 mempunyai kelimpahan FMA total dan kelimpahan FMA jenis *Acaulospora* yang tertinggi, sedangkan pada mete-2 dan mete-3 mempunyai kelimpahan FMA jenis *Glomus* yang lebih tinggi dibanding mete-1. Hal tersebut dapat terjadi mengingat kondisi lahan timbunan yang beragam (heterogen)

yang dimungkinkan oleh karena posisi top soil pasca penambangan yang relatif sulit untuk tetap berada pada kondisi seperti susunan awal sebelum penambangan.



**Gambar 6.** Grafik hubungan antara kelimpahan FMA dengan jenis tanaman mete di lokasi reklamasi KPHP Sungai Sembulan dan kelimpahan FMA pada hutan alam

Kelimpahan FMA pada beberapa sampel tanaman mete di lahan reklamasi KPHP Sungai Sembulan juga mempunyai nilai yang rendah jika dibandingkan dengan kondisi FMA pada lokasi lahan hutan alam (Gambar 6). Sampel FMA dari hutan alam diperoleh dari kawasan hutan alam yang dekat dengan lokasi reklamasi (Gambar 7). Secara umum, kelimpahan FMA yang terdapat di hutan alam merupakan kelimpahan FMA yang berada dalam kondisi ekologis yang seimbang. Periode pelaksanaan reklamasi di lokasi tersebut kurang lebih 4 bulan sehingga kelimpahan FMA yang ada menunjukkan progress yang masih dalam masa perkembangan seiring dengan berkembangnya pertumbuhan tanaman dan perkembangan ekologi sekitar tanaman.

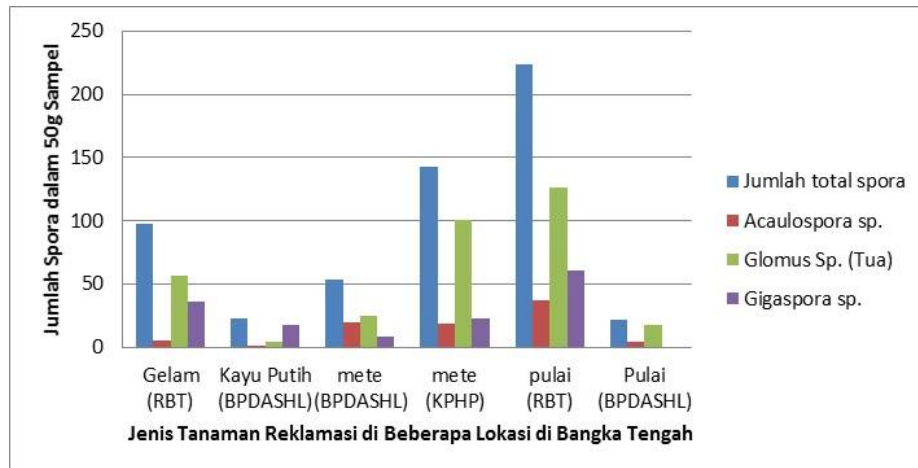


(a)



(b)

**Gambar 7.** Pertumbuhan tanaman mete di KPHP Sungai Sembulan (a) serta kondisi hutan alam di dekat lokasi reklamasi bekas lahan tambang di KPHP Sungai Sembulan (b)



**Gambar 8.** Grafik hubungan antara kelimpahan FMA di berbagai lokasi reklamasi di Bangka dengan membandingkannya pada jenis inang yang sama

Berdasarkan uraian pada paragraf di atas, ditemukan benang merah kelimpahan FMA antar lokasi pada jenis tanaman yang sama (Gambar 8). Lokasi pengamatan kelimpahan FMA yang mempunyai kondisi kritis sampai kondisi ke arah yang lebih baik adalah lahan BPDASHL (tailing), lahan KPHP Sugai Sembulan (timbunan umur muda) dan lahan PT RBT (lahan "bero" lama). Gambar 8 menunjukkan adanya fakta bahwa pada jenis tanaman yang sama, kelimpahan FMA banyak terdapat pada lokasi PT RBT lebih tinggi jika dibandingkan KPHP, disusul kemudian BPDASHL. Semakin tinggi kelimpahan FMA maka daya dukung fungsi FMA sebagai agen hayati yang mensupport pertumbuhan dan perkembangan tanaman inang juga semakin tinggi. Seperti yang dikemukakan oleh beberapa peneliti bahwa fungsi FMA adalah meningkatkan penyerapan dan ketersediaan unsur hara makro maupun mikro, meningkatkan resistensi tanaman terhadap kekurangan air, serta meningkatkan kualitas tanah (Orcutt dan Nielsen, 2000; Cardoso dan Kuyper, 2006; Wang *et al.*, 2007). Kelimpahan FMA yang tinggi juga berperan dalam mempersiapkan kondisi ekologi sekitar tanaman inang agar tumbuhan lain dapat tumbuh dan berkembang.

Data dan informasi ini memberikan pemahaman pada kita semua bahwa konsep reklamasi lahan tambang dengan melakukan penimbunan akan memberikan potensi kelimpahan FMA yang cukup signifikan. Penimbunan memberikan kondisi tapak yang hampir sama dengan kondisi tapak sebelum dilakukannya reklamasi. Penimbunan akan menyebabkan perubahan kondisi lingkungan yang nantinya berdampak secara langsung pada kepadatan spora FMA (Lubis *et al.*, 2018).

Adapun kerapatan spora FMA di lahan hutan alam yang berdampingan dengan lokasi penambangan timah di Bangka Tengah yaitu 2,86 spora/gram, merupakan nilai yang diasumsikan sebagai kerapatan spora FMA pada kondisi ekologi yang klimaks di bentang lahan alam Bangka Tengah. Nilai kerapatan spora ternyata dijumpai kurang lebih sama pada jenis tanaman cemara, simpur, sengon, pelawan dan pulai. Oleh karenanya, jenis-jenis tanaman ini nantinya ditengarai bisa memberikan kondisi ekologi yang diharapkan menyerupai dengan kondisi ekologi di hutan alam melalui percepatan aktifitas FMA tanah dalam memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman pokok.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa teknik reklamasi dengan melakukan penimbunan tanah mineral *topsoil* menunjukkan adanya keberagaman jenis

FMA di tingkat genus *Glomus*, *Acaulospora*, dan *Gigaspora*. Jumlah spora pada lahan yang mengalami penimbunan lebih tinggi bila dibandingkan lahan pasca tambang yang tidak ditimbun (*tailing*). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penimbunan lahan pasca tambang menjadi tahapan penting untuk mendukung keberhasilan dan keberlanjutan reklamasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini, yaitu kepada PT Refined Bangka Tin (PT RBT) meliputi Kabag Reklamasi (Bapak Reza Andriansyah), Koordinator CSR (Bapak Fari Indarto) dan personal CSR (Bapak Zenu). Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Tekstiyanto selaku Kepala BPDAS HL Baturusa Cerucuk dan staf serta Ibu Siti Zubaidah selaku Kepala KPHP Sungai Sembulan dan staf atas pengarahannya dan pendampingannya selama kami melakukan penelitian. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih atas pembiayaan penelitian yang telah diberikan oleh pemerintah Indonesia melalui anggaran APBN Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akib, M. A. 2018. Utilization of Jack Bean (*Canavalia ensiformis* L) Introduced With arbuscular Mycorrhizal For Rehabilitation process Of Nickel post-Mining Land. Disertasi Mahasiswa sekolah Pascasarjana Universitas Hasanudin. Makassar. *Tidak dipublikasikan*.
- Allen, E. B., Allen, M. F., Egerton-Warburton, L., Corkidi, L., & Gómez-Pompa, A. 2003. Impacts of early-and late-seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, Mexico. *Ecological Applications*, 13(6), 1701-1717.
- Asmelash, F., Bekele, T., & Birhane, E. 2016. The potential role of arbuscular mycorrhizal fungi in the restoration of degraded lands. *Frontiers in microbiology*, 7, 1095.
- Baldrian, P., Trögl, J., Frouz, J., Šnajdr, J., Valášková, V., Merhautová, V., & Herinková, J. 2008. Enzyme activities and microbial biomass in topsoil layer during spontaneous succession in spoil heaps after brown coal mining. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(9), 2107-2115.
- Budi, S. W., Dewi, A. P. 2016. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula di Bawah Tanaman Jabon (*Anthocephalus cadamba*) di Madiun, Jawa Timur. *Jurnal silvikultur tropika*. 7(3):146-152.
- Burhanuddin, F., herawatiningsih, R. 2016. Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Pada Tegakan Kemiri (*Salicet moluccana*) Di Desa Bentunai Kabupaten Sambas. *Jurnal Hutan Lestari*. 4(4):495-504.
- Cappuccino N, Carpenter D 2005. Invasive exotic plants suffer less herbivory than non-invasive exotic plants. *Biol Lett* 1:435–438. doi:10.1098/rsbl.2005.0341.
- Cardoso, I.M dan T.W. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and Tropical Soil Fertility. *Journal of Agriculture Ecosystem and Management*. 116: 72 – 84
- Daynes, C. N., Field, D. J., Saleeba, J. A., Cole, M. A., & McGee, P. A. 2013. Development and stabilisation of soil structure via interactions between organic matter, arbuscular mycorrhizal fungi and plant roots. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 683-694.
- Diagne N, Diouf D, Svistoonoff S, Kane A, Noba K, Franche C, Bogusz D, Duponnois R. 2013. Casuarinas in Africa: distribution, role and importance of arbuscular mycorrhizal, ectomycorrhizal fungi and Frankia on plant development. *Journal of Environment Management*. 128:204-209.

- Ferry, Y., Towaha, J., & Sasmita, R. K. 2013. Pemanfaatan kompos tanaman air sebagai pembawa inokulan mikoriza pada budidaya lada perdu di lahan bekas tambang timah. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 19(1), 15-22.
- Frouz, J. & Nováková, A. 2005. Development of soil microbial properties in topsoil layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development. *Geoderma*, 129(1-2), 54-64.
- Gonzalez-Chavez, M. C., Carrillo-Gonzalez, R., & Gutierrez-Castorena, M. C. 2009. Natural attenuation in a slag heap contaminated with cadmium: the role of plants and arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of hazardous materials*, 161(2-3), 1288-1298.
- Grogan, P., Baar, J., & Bruns, T. D. 2000. Below-ground ectomycorrhizal community structure in a recently burned bishop pine forest. *Journal of Ecology*, 88(6), 1051-1062.
- Harahap, F. R. 2016. Restorasi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka. *Society*, 4(1), 61-69.
- Hermawan, H., Muin, A., Wulandari, R. S. 2015. Kelimpahan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Tegakan ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) Berdasarkan Tingkat Kedalaman di Lahan Gambut. *Jurnal Hutan Lestari*. 3(1):124-132.
- Karthikeyan A. 2016. Frankia strains for improving growth, biomass and nitrogen fixation in *Casuarina equisetifolia* seedlings. *Journal of Tropical Forest Science*. 28(3): 135-142.
- Kohler, J., Caravaca, F., Azcón, R., Díaz, G., & Roldán, A. 2015. The combination of compost addition and arbuscular mycorrhizal inoculation produced positive and synergistic effects on the phytomanagement of a semiarid mine tailing. *Science of The Total Environment*, 514, 42-48.
- Koske, R. E. 1987. Distribution of VA mycorrhizal fungi along a latitudinal temperature gradient. *Mycologia*, 79(1), 55-68.
- Kourtev, P. S., Ehrenfeld, J. G. & Haegglblom, M. 2002 Exotic plant species alter the microbial community structure and function in the soil. *Ecology* 83, 3152–3166.
- Kurniawan, A. 2016. Microorganism communities response of ecological changes in post tin mining ponds. *Journal of Microbiology and Virology*, 6(1), 17-26.
- Lubis, A. P., Hamzah, Tamin, R. P. 2018. Eksplorasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Indigenus Pada Tanah Bekas Tambang Batubara. Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Jambi "Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Berbasis Sumberdaya Lokal. Universitas Jambi. Jambi.
- Munir, M., & Setyowati, R. D. N. 2017. Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang Di Jambi, Bangka, Dan Kalimantan Selatan. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, 1(1).
- Nurcholis, M., Wijayani, A., & Widodo, A. 2013. Clay and organic matter applications on the coarse quartz tailing material and the sorghum growth on the post tin mining at Bangka Island. *Clay and organic matter applications on the coarse quartz tailing material and the sorghum growth on the post tin mining at Bangka Island*, 1(1), 27-32.
- Orcutt, D.M dan E.T. Nielsen. 2000. *Physiology of Plants Under Stress: Biotic Factor*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Pacioni, G., 1992. Wet Sieving and Decanting Techniques for Extraction of Spores of VA Mycorrhizal Fungi. *Methods in Microbiology*. Academic Press Ltd., Tokyo, pp.317-322.
- Petriella, Y. 2019. Realisasi Reklamasi Tambang Masih Belum Signifikan. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20191007/44/1156133/realisasi-reklamasi-tambang-masih-belum-signifikan>.
- Rahmiyah and Muzayyanah 2014 Kelimpahan Mikoriza Arbuskula Lahan Bekas Tambang Batubara di Sumatera dan Lahan Kering Masam Lampung Tengah. [pur-plso.unsri.ac.id/userfiles/4\\_muzayyanah\\_rahmiyah.pdf](http://pur-plso.unsri.ac.id/userfiles/4_muzayyanah_rahmiyah.pdf)
- Rúa, M. A., Antoninka, A., Antunes, P. M., Chaudhary, V. B., Gehring, C., Lamit, L. J., & Lajeunesse, M. J. 2016. Home-field advantage? Evidence of local adaptation among

- plants, soil, and arbuscular mycorrhizal fungi through meta-analysis. *BMC Evolutionary Biology*, 16(1), 122.
- Samsi, N., Dungan, Y. S. P., Thaha, A. R. 2017. Isolasi dan Identifikasi Morfologi Spora Fungi mikoriza Arbuskula Pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Hortikultura Di Lahan Pertanian Desa sidera. *Journal Agroteknis*. 5(2): 204-211.
- Setiadi, Y., & Setiawan, A. 2011. Study of arbuscular mycorrhizal fungi status at rehabilitation post-nickel mining area (Case study at PT INCO Tbk. Sorowako, South Sulawesi). *Jurnal Silviculture Tropika*, 2(2).
- Schenck, N. C., & Perez, Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville. USA: INVAM, University of Florida.(eds).
- Subardja, A., & Noviardi, R. 2008. Rehabilitasi Lahan Paska Tambang Timah Di Kabupaten Bangka Barat: Alternatif Pemanfaatan Sampah Organik. *Prosiding Geoteknologi LIPI*.
- Suryati, T. 2017. Studi Fungi Mikoriza Arbuskula Di Lahan Pasca Tambang Timah Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1), 45-53.
- Wang, F.Y., X.G Lin dan R.Yin. 2007. Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Acaulospora mellea* Decrease Cu Phytoextraction by Maize from Cu-Contaminated Soil. *Journal of Pedobiologia*. 51: 99 – 109.
- Wang, F. 2017. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in mining-impacted sites and their contribution to ecological restoration: Mechanisms and applications. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47(20), 1901-1957.

# **Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Azotobacter pada Semai *Gmelina arborea* Roxb di Lahan Pasca Tambang Batubara**

Oleh

**Guswarni Anwar<sup>1\*</sup>, Dedriansyah<sup>1</sup>, Hasanudin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Kehutanan Universitas Bengkulu

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu

Jl. WR. Supratman Universitas Bengkulu

\*email: [ganwar@unib.ac.id](mailto:ganwar@unib.ac.id)

## **ABSTRAK**

*Gmelina arborea* Roxb (*gmelina*) merupakan tanaman kehutanan untuk kayu pertukangan maupun untuk pembuatan bubur kertas (*pulp*) dan manfaat lainnya. Jenis ini cepat tumbuh dan sering ditanam untuk reklamasi lahan pasca tambang. Peningkatan kesuburan tanah lahan pasca tambang dapat dengan pemanfaatan mikroba tanah seperti mikoriza dan azotobacter. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan Azotobacter terhadap pertumbuhan semai *gmelina* yang ditanam pada lahan pasca penambangan batubara. Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial digunakan dengan 2 (dua) faktor perlakuan yaitu inokulasi (FMA) dengan 5 taraf dan faktor inokulasi azotobacter dengan 4 taraf. Setiap perlakuan diulang 8 kali, sehingga terdapat 160 unit tanaman uji. Penelitian dilakukan di lahan pasca penambangan batubara di salah satu perusahaan pertambangan batubara di Taba Penanjung, Bengkulu dan Laboratorium Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Berdasarkan hasil penelitian diketahui semai *gmelina* hidup 100%. Perlakuan tunggal FMA dan azotobacter berbeda nyata terhadap tinggi semai, sedangkan terhadap diameter dan jumlah daun berbeda tidak nyata. Tidak ada interaksi kedua perlakuan tersebut terhadap pertumbuhan semai *gmelina*.

**Kata kunci:** azotobacter, fungi mikoriza arbuskular, *gmelina*, lahan pasca tambang batubara

## **PENDAHULUAN**

Pertambangan batubara merupakan salah satu sektor industri pertambangan utama di Indonesia. Total produksi batubara Indonesia tahun 2019 mencapai 610 juta ton, melampaui target pemerintah yang hanya berkisar 489 juta ton (Thomas, 2020). Sebagian besar batubara Indonesia dikirim ke luar negeri dan menjadi salah satu sumber devisa negara. Namun, di sisi lain industri pertambangan batubara juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena adanya perubahan terhadap karakter fisik, kimia, dan biologi tanah yang mengganggu fungsi ekologis dari ekosistem tersebut. Almas dkk. (2004) dan Kuznetsova dan Timofeeva (2020) menyatakan kegiatan penambangan menyebabkan perubahan dinamika unsur hara tanah karena adanya perubahan lapisan tanah, konfigurasi tanah, keragaman biotik, erosi tanah, polusi air dan udara, toksisitas dari logam berat, dan gangguan ekosistem lainnya.

Patiung dkk. (2011) menyatakan bahwa pertambangan di Indonesia umumnya dilakukan dengan sistem tambang terbuka (*open pit mining*) yang mengakibatkan hilangnya lapisan tanah subur (*top soil*), vegetasi, dan fauna. Oleh karena itu pemerintah mewajibkan setiap perusahaan pertambangan batubara melakukan reklamasi pasca penambangan. Reklamasi bertujuan untuk memperbaiki kondisi ekologis lahan pasca tambang agar dapat kembali produktif dan

mengembalikan fungsi-fungsi ekologis ekosistem seperti pencegah erosi, penyimpan air, penyedia oksigen, penyerap karbon, dan lain sebagainya (Munir dan Setyowati, 2017). Reklamasi dapat dilakukan seawal mungkin tanpa harus menunggu seluruh kegiatan pertambangan selesai dilakukan (Oktorina, 2017). Reklamasi dapat terjadi secara alami, namun membutuhkan waktu yang lama dan prosesnya sangat lambat karena faktor lingkungan yang ekstrim dapat menghambat terjadinya revegetasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan reklamasi dan revegetasi untuk mempercepat pemulihan kesuburan tanah pasca tambang.

Salah satu jenis spesies pohon yang potensi digunakan untuk revegetasi lahan pasca tambang adalah gmelina (*Gmelina arborea* Roxb). Jenis gmelina yang ditumbuhkan pada lahan pasca tambang memiliki persentase hidup lebih dari 79% (Iriansyah dan Susilo, 2009). Jenis ini merupakan tipe spesies yang cepat tumbuh (*fast growing species*) dan memiliki banyak manfaat, antara lain sebagai bahan untuk pembuatan papan partikel, kayu lapis, korek api, kontainer, dan kerajinan kayu (Sudomo dkk., 2007). Selain itu, pemeliharaannya juga sangat mudah, tidak memerlukan teknik silvikultur yang kompleks (Misnawati dan Rahmawati, 2014). Untuk mendukung pertumbuhan semai gmelina pada lahan pasca tambang perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kesuburan tanahnya. Pemupukan merupakan upaya peningkatan kesuburan tanah yang paling umum dilakukan, baik dengan pupuk organik maupun anorganik. Namun untuk penggunaan pupuk pada lahan pasca tambang yang luas memerlukan jumlah yang besar, sehingga biaya operasionalnya menjadi mahal. Oleh karena itu, penggunaan mikroba tanah seperti mikoriza dan azotobacter merupakan alternatif untuk membantu pertumbuhan tanaman pada lahan dengan kesuburan tanah rendah seperti halnya lahan pasca tambang. Interaksi antara tanaman dan mikroba tanah sangat penting terhadap proses dalam ekosistem. Mikrobia tanah membantu tanaman untuk peningkatan ketersediaan hara, air, perlindungan terhadap patogen tanah, dan manfaat lainnya.

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan salah satu jenis mikroba tanah yang memiliki simbiosis dengan lebih dari 90% tanaman vaskular terestrial (Smith dan Read, 2008), termasuk dengan gmelina (Gusmiaty dkk., 2019). Simbiosis antara fungi dan akar tanaman memfasilitasi ketersediaan hara tanah, memperbaiki agregasi tanah, melindungi dari patogen tanah, dan meningkatkan kebugaran (*fitness*) dan pertumbuhan tanaman. Fungi AM mengurangi toksisitas dari logam berat, salinitas, dan kekeringan untuk membantu pertumbuhan tanaman dalam kondisi lingkungan tercekam. Fungi AM memperoleh fotosintat (karbohidrat) dan zat-zat untuk pertumbuhan dari tanaman inang dan fungi membantu tanaman dalam penyerapan hara, terutama P, Ca, N, Cu, Mn, K, dan Mg (Pulungan, 2015; Weisany dkk., 2016; Choil dkk., 2018; dan Saini dkk., 2019) dan air dari dalam tanah dengan mengkolonisasi korteks akar tanaman untuk membentuk jaringan hifa ekstrapetrikal.

Mikroba tanah lainnya yang berperan penting untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman adalah azotobacter. Jenis bakteri ini dikenal sebagai *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dengan memproduksi hormon IAA dan memfiksasi nitrogen dari atmosfer (Anjum dkk., 2007). Jenis PGPR dapat memperlambat penuaan daun dengan membantu meningkatkan klorofil daun, dan dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan garam (Singh and Dixit, 2003). Jenis bakteri ini juga mampu melindungi tanaman dari mikrobia patogen dengan resistensi sistemik terinduksi (Zaidi dkk., 2003). Tanaman yang diinokulasi dengan *Azotobacter* sp. menunjukkan perbaikan dalam perkecambahan biji, peningkatan biomassa tunas dan akar. Umumnya inokulasi azotobacter dilakukan terhadap tanaman pertanian (Malik dkk., 2009; Paul dan Paul, 2009), tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*) (Paul dkk., 2011), tetapi juga pada tanaman tahunan seperti karet (Maulidi dan Zulfita, 2015), apel (Sharma dkk., 2011<sup>a</sup>, Sharma dkk., 2011<sup>b</sup>).

Inokulasi ganda FMA dan azotobacter untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dilaporkan oleh beberapa peneliti (Paul dkk., 2011, Sharma dkk., 2011<sup>a</sup>, Sharma dkk., 2011<sup>b</sup>, Solanki dkk., 2011, Maulidi dan Zulfita, 2015)). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa

inokulasi ganda mampu meningkatkan performa pertumbuhan tanaman, tetapi sebagian melaporkan bahwa tidak terdapat interaksi signifikan antara kedua jenis mikrobia tersebut ketika diaplikasikan secara bersama. Perlakuan secara individu masing-masing dari mikroorganisme tersebut memberikan respon pertumbuhan tanaman lebih baik dibanding interaksi. Berdasarkan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang dilaporkan para peneliti tersebut, maka perlu dilakukan penelitian serupa berupa inokulasi ganda FMA dan azotobacter pada semai gmelina yang ditanam pada lahan pasca penambangan batubara. Hal ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan semai gmelina yang diinokulasi ganda FMA dan azotobacter dan mengetahui interaksi kedua mikroba tersebut terhadap pertumbuhan semai gmelina.

## **BAHAN DAN METODE**

### **1. Lokasi penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu dan di lahan pasca tambang batubara salah satu perusahaan penambangan batubara di Taba Penanjung, Bengkulu Tengah. Lahan tersebut baru saja ditinggalkan selama 2 bulan dari aktivitas penambangan. Hasil analisis tanah awal menunjukkan bahwa kesuburan tanah di areal penelitian sangat rendah. Curah hujan rata-rata di lokasi penelitian juga cukup tinggi yaitu 272,426 mm bulan<sup>-1</sup> dengan suhu udara 24,7°C dan kelembaban 88,5%

### **2. Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan yaitu benih gmelina, inokulum azotobacter, inokulum FMA, kascing, media asbhy, kapur dolomit, aquades steril 1000ml, agar 15g, CaCO<sub>3</sub> 5g, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1g, NaCl 0,2g, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,2g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,2g, manitol 20g, alkohol 75 %. Peralatan yang digunakan yaitu polybag ukuran 20 cm x 30 cm, pipet mikro 250µl, cawan petri, tabung reaksi, gelas piala 500 ml dan 50 ml, ayakan tanah 5 mm, kascing, kompor, karung, gelas ukur, cangkul, gerobak dorong, dandang, autoklaf, bak kecambah, elemeyer, timbangan, saringan 325 mesh, sprayer, tabung reaksi, dan ruangan isolasi, cangkul, dandang, elemeyer, ember, caliper, cawan petri, gelas piala, jarum ose, kompor, mikroskop, oven, jarum suntik 50 ml, kantong plastik 1 kg, ruang isolasi, saringan 100 mesh, timbangan analitik, label gantung, dan kamera

### **3. Metode Penelitian**

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap yang disusun secara faktorial. Faktor pertama adalah sumber isolat FMA (F) terdiri dari: F<sub>0</sub> = tanpa rhizofe FMA, F<sub>1</sub> = FMA dari rhizofe tanaman surian, F<sub>2</sub> = FMA dari rhizofe tanaman gmelina, F<sub>3</sub> = FMA dari rhizofe tanaman durian, F<sub>4</sub> = FMA dari rhizofe tanaman akasia. Faktor kedua adalah isolat sumber azotobacter (A) terdiri dari : A<sub>0</sub> = tanpa azotobacter, A<sub>1</sub> = azotobacter dari tanaman surian, A<sub>2</sub> = azotobacter dari tanaman gmelina, A<sub>3</sub> = azotobacter dari tanaman durian. Berdasarkan kedua faktor tersebut didapatkan 20 kombinasi dan diulang sebanyak 8 kali sehingga unit percobaan yang didapat 160 unit percobaan.

### **4. Tahapan Penelitian**

#### *Persiapan media tanam semai*

Media semai yang digunakan adalah tanah top soil yang diambil dari tanah subur dan sehat sampai kedalaman 20 cm. Kemudian tanah tersebut dikeringanginkan, lalu diremahkan dan diayak menggunakan saringan 5 mm mesh. Selanjutnya tanah tersebut disterilisasi dalam oven dengan temperatur 100 °C, kemudian didinginkan. Selanjutnya tanah tersebut dicampur dengan vermikompos (kascing) dengan perbandingan 950 g tanah dan 50 g kascing dan

dimasukkan ke dalam polybag berukuran 20 cm x 30 cm. Kemudian media tanam tersebut disiram dengan air dan ditempatkan di bawah naungan.

#### *Persiapan semai gmelina*

Benih gmelina diperoleh dari Wanagama UGM, Yogyakarta. Sebelum dikecambahkan, benih direndam dalam air panas selama 24 jam untuk memecahkan dormansinya. Kemudian benih dikecambahkan pada bak kecambah yang berisi pasir yang sudah disterilkan sebelumnya.

#### *Persiapan inokulum FMA*

Inokulum FMA diperoleh dari tanah di area rhizosfir pohon surian, gmelina, durian, dan akasia. Sampel tanah tersebut dibawa ke laboratorium, ditempatkan dalam gelas beaker dan ditambahkan air sampai terendam semua, lalu diaduk menggunakan *stirrer*. Selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan saringan 325  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , dan 125  $\mu\text{m}$  yang disusun berlapis. Sisa tanah pada saringan 125  $\mu\text{m}$  dimasukkan ke dalam gelas beaker ukuran 50 ml dengan cara mengalirkannya menggunakan air destilasi yang dimasukkan pada botol semprot, sehingga bisa didapatkan suspensi tanah. Suspensi tanah tersebut adalah inokulum FMA yang kemudian diidentifikasi di mikroskop untuk menentukan apakah inokulum tersebut mengandung spora FMA dan untuk menentukan berapa banyak tetesan pada pipet mikro untuk mendapatkan 100 spora FMA.

#### *Persiapan inokulum azotobacter*

Inokulum azotobacter diperoleh dari area rhizosfir pohon surian, gmelina, dan durian. Sampel tanah tersebut dibawa ke laboratorium dan dilakukan pengenceran  $10^{-6}$ . Pengenceran tersebut dilakukan dengan mengambil 1 g sampel dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 9 ml air destilasi dan diaduk merata menggunakan *stirrer*. Selanjutnya dari larutan tersebut diambil 1 ml dan dimasukkan ke gelas reaksi lain dan ditambahkan 9 ml air destilasi dan diaduk merata untuk mendapatkan pengenceran  $10^{-2}$ . Lalu tahapan pengerjaan pengenceran tersebut dilakukan diulangi terus sampai mendapatkan pengenceran  $10^{-6}$ . Larutan  $10^{-6}$  tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri menggunakan pipet mikro 250  $\mu\text{l}$  dan ditambahkan media ashby sebanyak 10 ml. Cawan petri yang berisi isolat tersebut diinkubasi selama 3 hari di ruang isolasi. Selanjutnya, pada hari ketiga, isolat azotobacter tersebut dimurnikan untuk menghindari kehadiran bakteri lain yang tidak diinginkan. Pemurnian dilakukan dengan mengambil isolat azotobacter menggunakan jarum ose yang sebelumnya telah disterilkan dengan pemanasan dan ujung jarum dilewatkan pada nyala api lampu spritus. Setelah dingin, ujung jarum disentuh ke cawan petri yang berisi isolat azotobacter lalu digoreskan untuk mengambil koloni isolat azotobacter. Kemudian digoreskan pada cawan petri yang berisi media ashby yang baru. Selanjutnya cawan petri tersebut diisolasi selama 3 hari, kemudian dibiakkan dalam media ashby cair 100 ml dan diinkubasi selama 6 hari. Selanjutnya pada hari keenam, media ashby cair 100 ml tersebut dipindahkan ke media ashby 500 ml.

Untuk membuat media ashby dilakukan dengan mencampurkan manitol (20 g),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (0,2 g),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,2 g),  $\text{NaCl}$  (0,2 g),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,1 g),  $\text{CaCO}_3$  (5 g), agar dan aquades (1000 ml), kemudian dipanaskan hingga mendidih. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer 250 ml dan disterilkan selama 15 menit dalam autoklaf. Untuk membuat media ashby cair dilakukan dengan cara yang sama tanpa menggunakan agar, lalu dimasukkan ke dalam botol. Media ashby cair yang digunakan sebagai inokulum azotobacter untuk diinokulasikan pada tanaman.

### *Inokulasi FMA dan azotobacter*

Semai yang telah berumur 1 bulan di bak kecambah dipindahkan ke media persemaian dalam polybag. Sebelum ditanam dalam polybag, semai tersebut diinokulasi dengan FMA dan azotobacter. Inokulasi FMA dilakukan dengan menyuntikkan 100 spora FMA menggunakan pipet mikro di lubang tanam dimana perakaran semai ditempatkan. Inokulasi azotobacter dilakukan dengan memberikan 10 ml media ashby cair yang telah berisi isolat azotobacter. Selanjutnya semai yang telah diinokulasi tersebut dipelihara di rumah kaca. Selama di rumah kaca dilakukan pemeliharaan berupa penyiraman tiap hari. Sese kali kalau ada gulma yang tumbuh dicabut untuk menghindari kompetisi hara dengan semai.

### *Penanaman di lapangan*

Lahan tanam di area pasca penambangan batubara diratakan menggunakan *bulldozers* dan *excavator*. Selanjutnya dilakukan pembuatan lubang tanam berukuran 50 cm x 50 cm x 50 dengan jarak tanam 2 m x 2 m. Untuk menetralkan kemasaman tanah, pada setiap lubang tanam dilakukan pengapuran menggunakan dolomit sebesar 332,376 g/lubang tanam. Hal ini didapatkan dari perhitungan jumlah Al-dd dari pH sebesar 3,97. Pengapuran dilakukan dengan cara mencampurkan dolomit pada tanah hasil galian lubang tanam, lalu tanah tersebut dimasukkan kembali dan disiram air untuk menginkubasikan dolomit pada tanah tersebut.

Setelah inkubasi pengapuran selama 2 minggu, dilakukan penanaman. Tanaman dibawa dari rumah kaca ke lokasi lahan penanaman. Penanaman dilakukan dengan merobek polybag masing-masing semai. Selanjutnya dilakukan pengambilan data awal yaitu tinggi, diameter, dan jumlah daun. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman setiap 2 minggu dan penyiangan gulma, pengamatan dilakukan selama 4 bulan.

## **5. Analisis data**

Data diperoleh dari pengukuran tinggi semai, diameter, dan jumlah daun per 2 minggu selama 4 bulan. Untuk data kandungan P dan N jaringan didapatkan pada akhir penelitian dengan mengambil beberapa helai daun pada sampel semai. Analisis tanah dilakukan awal dan akhir penelitian untuk mengetahui kadar unsur hara: N-total (%), P-tersedia (ppm), K-dd (Cmol+/kg), Al-dd (Cmol+/kg), C-organik (%), Ca-dd (Cmol+/kg), Mg-dd (Cmol+/kg) dan pH (pH H<sub>2</sub>O dan pH HCl).

Sebelum dianalisis menggunakan ANOVA, data diuji normalitasnya terlebih dulu. Hasil ANOVA yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT)

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil**

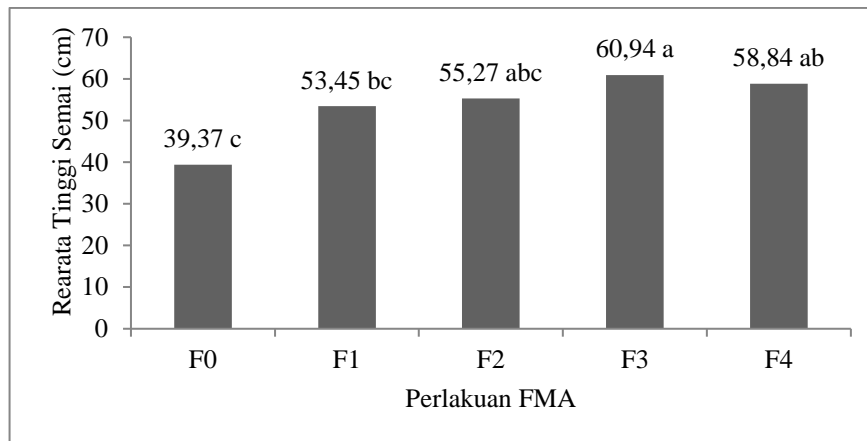
Berdasarkan hasil pengamatan selama 4 bulan di lapangan, persentase hidup semai *gmelina* mencapai 100%. Hal ini berarti semai *gmelina* mampu tumbuh pada kondisi berbagai perlakuan penelitian di lahan pasca tambang batubara, tapi secara pengukuran individu dan rata-rata menunjukkan tampilan pertumbuhan yang berbeda. Hasil ANOVA untuk kedua perlakuan pada 3 variabel pertumbuhan yang diukur ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis keragaman variabel pertumbuhan semai

No	Variabel Pertumbuhan	Nilai F-hitung		
		CMA	Azotobacter	Interaksi
1	Tinggi	4,45 <sup>**</sup>	5,53 <sup>**</sup>	1,47 <sup>ns</sup>
2	Diameter	1,03 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>
3	Jumlah Daun	0,2 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>

Keterangan : <sup>\*\*</sup> = berbeda sangat nyata  
<sup>ns</sup> = berbeda tidak nyata

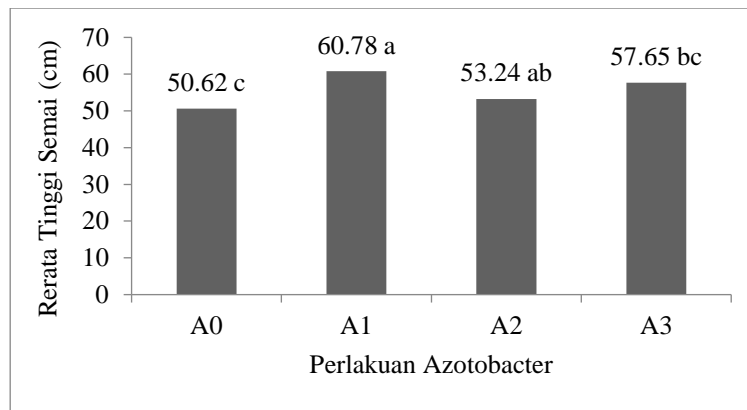
Berdasarkan Tabel 1 diketahui inokulasi FMA dan azotobacter memberikan hasil berbeda nyata secara perlakuan individu pada variabel tinggi semai. Untuk variabel diameter dan jumlah daun berbeda tidak nyata, demikian juga interaksi keduanya berbeda tidak nyata untuk ketiga variabel pertumbuhan semai. Hasil uji lanjut masing-masing FMA dan azotobacter ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf  $\alpha$  5 %.

**Gambar 2.** Hasil uji lanjut DMRT perlakuan FMA terhadap tinggi semai

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa inokulum FMA dari isolat rhizosfir pohon durian (F3) memberikan hasil yang paling baik, namun berbeda tidak nyata dengan inokulum FMA dari isolat rhizosfir pohon akasia (F4) dan pohon gmelina (F2). Rerata pertumbuhan tinggi semai terendah dari perlakuan tanpa FMA.



Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf  $\alpha$  5 %.

**Gambar 3. Hasil uji lanjut DMRT perlakuan azotobacter terhadap tinggi semai**

Gambar 3 menunjukkan bahwa rerata pertumbuhan tinggi semai gmelina dihasilkan oleh perlakuan inokulum azotobacter dari isolat rhizosfir pohon surian (A1), namun hasilnya berbeda tidak nyata dengan inokulum azotobacter dari isolat rhizosfir pohon gmelina (A2). Pertumbuhan tinggi semai terendah dihasilkan dari perlakuan tanpa azotobacter.

Hasil analisis tanah dan jaringan pada ketiga kombinasi perlakuan yaitu pada kontrol, kombinasi perlakuan terbaik (F3A1) dan kombinasi perlakuan yang memberikan hasil terendah (F2A0) disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. Hasil analisis tanah**

No	Jenis analisis	Awal	Hasil analisis akhir		
			Kontrol	F2A0	F3A1
1	pH H <sub>2</sub> O	4,14	4,63	4,86	4,91
2	pH HCl	3,64	4,13	4,36	4,41
3	C-Organik (%)	0,33	0,36	0,23	0,39
4	N-Total (%)	0,07	0,06	0,1	0,12
5	P-tersedia (%)	3,2	1,98	2,67	3,22
6	K-dd (Cmol+/kg)	0,07	0,28	0,28	0,3
7	Ca-dd (Cmol+/kg)	2,22	2,75	2,54	2,98
8	Mg-dd (Cmol+/kg)	0,53	1,2	1,51	1,26
9	Al-dd (Cmol+/kg)	0	2,9	2,4	1

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa terjadi peningkatan ketersediaan hara apabila dibandingkan antara awal penelitian dan akhir penelitian. Demikian juga adanya perbaikan ketersediaan hara pada kombinasi perlakuan terbaik yaitu F3A1. Hal ini juga terjadi pada pH tanah terdapat penurunan kemasaman meski masih dalam kategori kemasaman tinggi. Untuk kandungan Al-dd, diketahui dengan kombinasi perlakuan F3A1 mampu menekan ketersediaan unsur tersebut.

**Tabel 3.** Hasil analisis jaringan

No	Kode	Analisis Jaringan	
		N (%)	P (%)
1	Kontrol (F0A0)	2,02	0,29
2	Terbaik (F3A1)	3,55	0,31
3	Terjelek (F2A0)	2,58	0,24

Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan unsur N dan P meningkat dibandingkan kontrol dan hasil terbaik diperoleh dari perlakuan F3A1.

### **Pembahasan**

Selama 4 bulan ditumbuhkan pada lahan pasca tambang batubara, semai gmelina mampu tumbuh dan mencapai persentase hidup 100%. Hal ini menunjukkan jenis tanaman ini mampu tumbuh pada kondisi kesuburan tanah yang rendah dan pada lahan-lahan terdegradasi kesuburan tanahnya. Hal ini yang menjadikan jenis gmelina merupakan salah satu jenis tanaman yang digunakan untuk reklamasi lahan pasca tambang. Meskipun semai gmelina mampu hidup pada tanah dengan kesuburan rendah, namun untuk meningkatkan performa pertumbuhannya diperlukan perlakuan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Berdasarkan hasil penelitian diketahui terjadi peningkatan pertumbuhan gmelina yang diberikan perlakuan FMA dan azotobacter dibandingkan semai gmelina yang tidak diberikan perlakuan (kontrol). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan mikroba tanah yang diberikan memberikan pengaruh positif untuk perbaikan pertumbuhan semai gmelina, meskipun berdasarkan ANOVA diketahui hanya variabel tinggi semai saja yang berbeda nyata.

Penambangan batubara dengan sistem terbuka (*open pit mining*) seperti yang dilakukan oleh perusahaan tambang batubara dimana lokasi penelitian dilaksanakan, akan mengakibatkan hilangnya lapisan *top soil* yang memiliki kesuburan tanah tinggi. Hal ini membatasi pertumbuhan tanaman karena pada kondisi lahan tersebut unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman juga berkurang ketersediaannya. Kondisi tanah tanpa *top soil* didominasi oleh unsur hara mikro yang berbahaya bagi tanaman karena ketersediaannya cukup tinggi berupa unsur logam berat sehingga bisa menjadi toksik dan mengikat unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman. Hal ini diperparah dengan adanya air asam tambang dan pH tanah yang sangat rendah, sehingga tidak banyak jenis tanaman yang mampu tumbuh pada kondisi demikian.

Fungi MA merupakan salah satu mikroba tanah yang berperan sangat penting untuk membantu tanaman bisa tumbuh dan memiliki performa baik pada lahan pasca tambang. Umumnya FMA ditemukan secara alami pada lapisan permukaan atau *top soil* tanah yang subur. Namun dengan dihilangkannya *top soil* pada kegiatan *open pit mining*, maka keberadaan mikoriza juga hilang karena vegetasi sebagai tanaman inang mikoriza tidak ada lagi. Untuk itu perlu diberikan perlakuan inokulasi FMA kepada tanaman yang akan ditanam pada lahan pasca tambang. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa inokulum FMA dari isolat rhizosfir pohon durian (F3) memberikan hasil terbaik untuk pertumbuhan tinggi semai gmelina. Hasil ini berbeda tidak nyata dengan inokulum dari rhizosfir pohon gmelina (F2) dan inokulum dari rhizosfir pohon akasia (F4). Hal ini menunjukkan bahwa inokulum dari isolat yang diambil dari rhizosfir ketiga jenis pohon tersebut sesuai (mampu beradaptasi) dengan semai gmelina. Kesesuaian simbiosis antara FMA dan tanaman inang sangat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.

Hasil yang sama juga diperoleh dari perlakuan inokulasi dengan azotobacter dimana memberikan perbedaan nyata hanya pada variabel tinggi semai. Namun rerata semua variabel pertumbuhan semai termasuk diameter dan jumlah daun memberikan hasil yang meningkat

dengan inokulasi azotobacter dibanding kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi azotobacter juga memberikan pengaruh positif untuk membantu pertumbuhan semai gmelina di lahan pasca tambang. Inokulum azotobacter dari isolat rhizosfir pohon surian (A1) memberikan hasil terbaik terhadap tinggi semai dan menunjukkan peningkatan pada rata-rata pertumbuhan diameter dan jumlah daun. Hal ini menunjukkan inokulum tersebut sesuai dengan semai gmelina. Azotobacter bermanfaat untuk membantu tanaman memproduksi hormon pertumbuhan khususnya IAA dan membantu meningkatkan ketersediaan nitrogen, dimana pada lahan pasca tambang kandungan N tanah juga rendah.

Interaksi antara FMA dan azotobacter berbeda tidak nyata, namun data rerata pertumbuhan memberikan hasil bahwa perlakuan dengan inokulasi ganda kedua mikroba tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan semai gmelina pada lahan pasca tambang dibanding kontrol. Tidak adanya interaksi antara FMA dan azotobacter juga didapatkan pada penelitian Maulidi dan Zulfita (2016). Hasil penelitian Paul dkk. (2011) dan Sharma dkk. (2011) mendapatkan sinergitas dari inokulasi ganda kedua mikroba tersebut terhadap performa pertumbuhan tanaman uji. Bervariasinya hasil interaksi yang didapatkan dimungkinkan karena adanya faktor kesesuaian dengan jenis tanaman uji, waktu pengamatan, dan faktor lingkungan yang mempengaruhi reaksi tanaman terhadap interaksi inokulasi ganda tersebut.

Perlakuan FMA dan azotobacter juga mampu meningkatkan ketersediaan hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Mikoriza dominan untuk meningkatkan ketersediaan hara P di tanah, sedangkan azotobacter berperan penting untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen. Hal ini bisa dilihat juga dari kandungan P dan N pada jaringan daun dimana perlakuan FMA dan azotobacter mampu meningkatkan ketersediaan kedua unsur tersebut pada jaringan dibanding kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi kedua mikroba tersebut berperan positif untuk menyediakan unsur hara yang terjerap oleh logam berat pada tanah di lahan pasca tambang batubara.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ini diketahui bahwa inokulasi ganda FMA dan azotobacter mampu meningkatkan pertumbuhan semai gmelina pada lahan pasca tambang batubara. Hasil terbaik diperoleh dari inokulum FMA dari isolat rhizosfir pohon durian, sedangkan inokulum azotobacter dari isolat rhizosfir pohon surian. Interaksi antara kedua mikroba tersebut terhadap variabel pertumbuhan gmelina berbeda tidak nyata.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristekdikti yang telah memfasilitasi pendanaan penelitian, PT Danau Mas Hitam yang telah memfasilitasi lahan untuk penelitian, dan LPPM Universitas Bengkulu yang membantu administrasi penelitian, dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Solanki, A.S., Kumar, V. & Sharma, S., 2011. AM fungi and Azotobacter chroococcum affecting yield, nutrient uptake and cost efficacy of *Chlorophytum borivillianum* in Indian Arid Region. *Journal of Agricultural Technology*, 7(4), pp. 983-991.

- Almas, A., L.R. Bakken & J. Mulder, 2004. Changes in tolerance of soil microbial communities in Zn and Cd Contaminated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 36, pp. 805-813.
- Anjum, M. A.; Sajjad, M.R.; Akhtar, N; Qureshi, M.A.; Iqbal, A; Hasan, M.. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. *Journal of Agricultural Research*, Volume 45,
- Choi, J., Summers, W. & Paszkowski, U., 2018. Mechanisms underlying establishment of arbuscular mycorrhizal symbioses. *Annu. Rev. Phytopathol*, Volume 56, pp. 1-26.
- Gusmiaty, Larekeng, S. & Istigfaiyah, L., 2019. Diversity and Abundance of Mycorrhizal Fungi Spores in *Gmelina arborea* Stand. Makassar, ICOST.
- Iriansyah, M. & Susilo, A., 2009. Kesesuaian Jenis Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Batubara di PT. Kitadin Embalut, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kaltim. Prosiding Workshop IPTEK Penyelamatan Hutan Melalui Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Batubara. Balai Besar Penelitian Dipterokarpa, Samarinda.
- Kuznetsova, I. V. & Timofeeva, S., 2020. Green technologies in land recultivation for coal mining enterprises. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* IOP Publishing.
- Malik, B.S.; Paul, S.; Ahlawat, A.K.; Singh, A.M.; Shivay, Y.S. 2009. Productivity and quality of wheat spp. grown with different fertilization condition. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, Volume 79, pp. 636-640.
- Misnawati, Y. & Rahmawati, 2014. Pertumbuhan Stump *Gmelina (Gmelina arborea* Roxb.) pada Berbagai Perbedaan Lama Waktu Penyimpanan. *Warta Rimba*, 2(2), pp. 133-140.
- Munir, M. & Setyowati, RDN, 2017. Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang di Jambi, Bangka, dan Kalimantan Selatan. *Klorofil*, 1(1), pp. 11-16.
- Oktorina, S., 2017. Kebijakan Reklamasi dan Rehabilitasi Bekas Tambang (Studi Kasus Tambang Batubara di Indonesia). *AL-ARD: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), pp. 16-20.
- Patiung, O., Naik, S. & Dudung, D., 2011. Pengaruh Umur Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara Terhadap Fungsi Hidrologis. *Jurnal Hidrolitan*, 2(2), pp. 60-73.
- Paul, S. & Paul, S., 2009. *Azotobacter: Recent Advances*. (in) *Soil Microflora*. s.l.:Daya Publishing House, New Delhi..
- Paul, S., Rathi, M. & Tyagi, S., 2011. Interactive effect with AM fungi and *Azotobacter* inoculated seed on germination, plant growth and yield in cotton (*Gossypium hirsutum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(11), pp. 1041-1045.
- Pulungan, A., 2015. Biodiversity of Mycorrhiza in Red Pepper Rhizosphere. *Jurnal Biosains*, 1(3), pp. 125-129.
- Saini, I., Aggarwal, A. & Kaushik, P., 2019. Inoculation with Mycorrhizal Fungi and Other Microbes to Improve the Morpho-Physiological and Floral Traits of *Gazania rigens* (L.) Gaertn. *Agriculture*, 9(51), pp. 1-16.
- Sharma, S., Kumar, P. & Bhardwaj, S. 2011<sup>a</sup>. Screening of AM fungi and *Azotobacter chroococcum* under natural, solarization, chemical sterilization and moisture conservation practices for commercial mango nursery production in north-west Himalayas. *Scientia Horticulturae*, Volume 128, pp. 506-514.
- Sharma, S., Kumar, P., Bhardwaj, S. & Yadav, S<sup>b</sup>., 2011. Screening and selecting novel AM fungi and *Azotobacter* strain for inoculating apple under soil solarization and chemical disinfection with mulch practices for sustainable nursery management. *Scientia Horticulturae*, Volume 130, pp. 164-174.
- Singh, T. & Dixit, S., 2003. Use of biofertilizers for higher crop yield. Farm Information Unit, Directorate of Extension, MOAGOI, Krishi Vistar Bhavan, Pusa, New Delhi, India..
- Smith, S. & Read, D., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. Elsevier Ltd.

- Sudomo, A., Hani, A. & Suhaendah ,E., 2007. Pertumbuhan Semai *Gmelina arborea* Linn dengan Pemberian Mikoriza, Pupuk Organik Diperkaya dan Cuka Kayu. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 1(2), pp. 1-6.
- Thomas, V. F., 2019. Produksi Batu Bara 2019 Tembus 610 Juta Ton, ESDM: Negara Bisa Rugi. [Online] available at: <https://tirto.id/produksi-batu-bara-2019-tembus-610-juta-ton-esdm-negara-bisa-rugi-erA9> [Accessed 14 October 2020].
- Weisany, W.; Raei, Y; Salmasi , S.Z.; Sohrabi, Y; Ghassemi-Gol. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi induced changes in rhizosphere, essential oil and mineral nutrients uptake in dill/common bean intercropping system. *Ann. Appl. Biol.*, Volume 169, pp. 384-397.
- Zaidi, A., Khan , M. & Amil, M., 2003. Interactive effect of rhizotrophic micro organisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Eur. J. Agron*, 19(1), pp. 15-21.

## **Bio-Fitoremediasi Oil Sludge 40% Menggunakan Oil bacter dan Sengon (*Paraserianthes falcataria* [L.] Nielsen) Bermikoriza**

Oleh

**Nia Rossiana<sup>1</sup>, Joko Kusmoro<sup>1</sup>, Yayat Dhahiyat<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Ekotoksikologi FPIK Universitas Padjadjaran

[niarossiana@yahoo.com](mailto:niarossiana@yahoo.com); [joko.kusmoro@unpad.ac.id](mailto:joko.kusmoro@unpad.ac.id); [ydhahiyat@yahoo.com](mailto:ydhahiyat@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

*Bio-fitoremediasi merupakan istilah pemulihan dengan menggunakan mikroorganisme dan tanaman untuk meminimalisir toksikan. Penelitian mengenai penggunaan oilbacter (*Bacillus sphaericus* and *Pseudomonas aeruginosa*.) dan sengon bermikoriza terhadap Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dan hidrokarbon alifatik dalam fitoremediasi oil sludge dilakukan dan dianalisis secara deskriptif dengan perlakuan penambahan ke dalam medium kompos berisi oil sludge 40% dan penanaman sengon bermikoriza. Parameter utama yang diamati adalah kadar TPH, hidrokarbon alifatik, dan jumlah koloni bakteri (CFU/ml) yang diamati selama 18 minggu dengan interval waktu setiap 3 minggu sekali. Kadar TPH diukur dengan menggunakan Soxhlet, hidrokarbon alifatik diukur dengan menggunakan alat Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS), dan jumlah koloni bakteri (CFU/ml) dihitung dengan metode Total Plate Count. Parameter pendukung yang diamati meliputi (%) infeksi mikoriza pada akar sengon, pertumbuhan tinggi tanaman, derajat keasaman, suhu, dan kelembaban media. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar TPH masih terjadi fluktuasi selama 18 minggu remediasi dari 11,02% menjadi 10,53%. Hasil analisis GC/MS menunjukkan bahwa pada minggu ke-6 senyawa hidrokarbon alifatik yang terdiri dari senyawa Eicosane, Tetratriacontane, Hexacontane, dan Heptadecane 8-methyl telah terdegradasi dari kisaran rantai karbon C<sub>18-60</sub> menjadi C<sub>24-40</sub>. Infeksi mikoriza selama perlakuan fitoremediasi mencapai 100%. Konsorsium bakteri dan sengon bermikorizaberpengaruh terhadap kadar TPH dan degradasi senyawa hidrokarbon alifatik pada oil sludge 40%.*

**Kata kunci :** Alifatik hidrokarbon, Mikoriza, Sengon, oil bacter

### **ABSTRACT**

*Bio-phytoremediation is remediation using interaction between microorganism and plants to minimize the toxicant. This study was done to know the influence of oil bacter, bacteria consortium (*Bacillus sphaericus* and *Pseudomonas sp.*) and mycorrhized albizia (*Albizia falcataria* (L.) Nielsen) atau *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby and J.W. Grimes) to the change of TPH level and aliphatic hydrocarbon compound in oil sludge bio-phytoremediation. This study consist of three step, they are preparation phase, treatment phase, measuring parameter and data analysis. Composting process start from 0th week until 6th week and phytoremediation process start from 6<sup>th</sup> week until 18<sup>th</sup> week. The main parameter that been observed were TPH level that measured by soxhlet method, aliphatic compound measured by GC/MS, and total bacterial colony (CFU/ml) counted by TPC method. Sample were analyzed from 0<sup>th</sup> week until 18<sup>th</sup> week with time interval once in every 3 weeks. The study result showed that addition of oil bacter and mycorrhized albizia into 40% oil sludge medium resulted decreasing TPH level in medium up to 48,06% from 0<sup>th</sup> week until 18<sup>th</sup> week remediation*

*process, meanwhile the result of aliphatic hydrocarbon that been degraded was Hexacontane, Eicosane, Tetratriacontane, Hexacontane, dan Heptadecane 8-methyl changed from C<sub>18-60</sub> menjadi C<sub>24-40</sub>. Supporting parameter on this study was mycorrhizae infection that resulted in 100% root infection. The conclusion of this study was on bio-phytoremediation process there's effect from bacterial consortium to aliphatic compound in medium.*

**Key words:** *Aliphatic hydrocarbon, Albizia Mycorrhized, oil bacter*

## PENDAHULUAN

Bio-fitoremediasi limbah minyak padat *oil sludge* (o.s) merupakan remediasi dan teknik pemulihan dalam mengatasi pencemaran limbah padat di Industri minyak dengan memanfaatkan mikroorganisme dan tanaman. Proses bioremediasi berjalan seiring dengan proses biodegradasi komponen hidrokarbon kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana serta terjadi penurunan sifat toksik.

Proses degradasi tidak hanya dilakukan oleh mikroba, namun dapat dibantu dengan akar tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza atau dikenal dengan sebutan fitoremediasi. Tanaman sengon bermikoriza memiliki kemampuan untuk mengakumulasi berbagai bahan xenobiotik di area rhizosfer sehingga dimanfaatkan untuk mengembalikan kesuburan tanah khususnya sebagai agen rehabilitasi lahan bekas tambang.

Limbah padat minyak bumi (*oil sludge*) merupakan xenobiotic limbah berbahaya dan beracun yang mengandung TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*). TPH merupakan senyawa organik yang terdiri atas hidrogen dan karbon yang berbahaya dan bersifat karsinogenik. Senyawa hidrokarbon yang dianalisis selain TPH adalah Polihidrokarbon Aromatik hidrokarbon rantai cincin dan Alifatik sering disebut sebagai hidrokarbon rantai terbuka, sulit larut dalam air, dan bersifat toksik. *Oil sludge* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Cilacap yang telah dianalisis di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia FMIPA UNPAD dengan kandungan TPH sebesar 16,44%, Polialifatik Hidrokarbon dan logam berat Pb, Ni, Cd, Cr.

Menurut Peraturan Pemerintah No.101 tahun 2014, *oil sludge* digolongkan ke dalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) kode B 351-3, sejak tahun 2003 Kementerian Lingkungan Hidup mengeluarkan Peraturan MenKLH no 128 bahwa Limbah industri minyak harus dilakukan pengolahan secara **bioremediasi**.

Kajian bioremediasi *oily sludge* limbah padat industri minyak telah dilakukan sejak 1998 kerjasama Pertamina –Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran. Penelitian awal berhasil mendapatkan 6 isolat bakteri dan isolat jamur *indigenous* oily sludge yang selanjutnya diseleksi mana yang optimum mendegradasi polihidrokarbon. Selanjutnya pada tahun 2002-2015 penelitian **fitoremediasi** o s dilakukan dengan membandingkan tanaman sengon non dan bermikoriza, dosis mikoriza, konsentrasi o.s. dari 5-35%, penggunaan oil bacter. oil fungi sebagai **bioremediasi**.

Bio-fitoremediasi merupakan *sustainable remediation*, kajian o.s konsentrasi 40% menggunakan oil bacter dan sengon bermikoriza telah dilakukan dari tahun 2016-2019 selama 40 bulan, diamati penurunan TPH, PAH, PAHs, logam berat dan diuji toksisitasnya terhadap organisme uniseluler seperti uji pra AMES Anti Mutagenesis, viabilitas terhadap *Salmonella typhimurium*, organisme multiseluler pada tanaman seperti *Allium assays*, Lc50 terhadap *Daphnia carinata*, LD 50 terhadap *Rattus rattus* pada bulan ke 15, 24, 30 dan 40 bulan. *Longterm bio-phytoremediation* untuk limbah B3 seperti *oil sludge* urgensi dilakukan untuk keselamatan dan kualitas air, tanah, udara yang sedang kita duduki juga untuk generasi yang akan datang.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap persiapan, pembuatan starter inokulum bakteri dan tahap perlakuan yaitu pembuatan medium pengomposan (oil sludge 40%, tanah 2 bagian : pasir 1 bagian) dikomposkan selama 6 minggu lalu dilakukan penanaman sengon bermikoriza sampai 18 minggu.

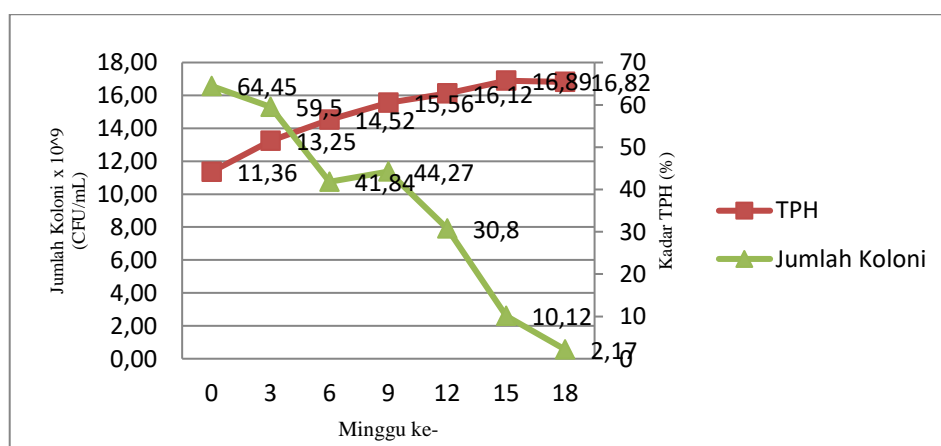
Parameter utama yang diamati adalah kadar TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*), hidrokarbon alifatik, dan jumlah koloni jamur (CFU/ml) yang diamati selama 18 minggu dengan interval waktu setiap 3 minggu sekali. Kadar TPH diukur dengan menggunakan Soxhlet dan hidrokarbon alifatik diukur dengan menggunakan alat *Gas Chromatography/Mass Spectrometry* (GC/MS), sedangkan jumlah koloni jamur (CFU/ml) dihitung dengan metode *Total Plate Count* (TPC). Parameter pendukung yang diamati meliputi pengamatan (%) infeksi mikoriza pada akar sengon dengan menggunakan metode pewarnaan Vierheilig *et al.* (1998) yang dimodifikasi, pertumbuhan tinggi tanaman (cm), derajat keasaman (pH), suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), dan kelembaban (%) media.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Jumlah Koloni Konsorsium Terhadap Kadar TPH

Pola pertumbuhan konsorsium bakteri (*Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sphaericus*) diamati dengan menggunakan metode TPC (*Total plate Count*) yaitu dengan menghitung jumlah koloni konsorsium bakteri selama proses pengomposan dan fitoremediasi. Proses pengomposan dimulai dengan penambahan konsorsium bakteri ke dalam medium *oil sludge* 40% pada minggu ke-1, ke-0 hingga minggu ke-6 dan proses fitoremediasi dimulai pada minggu ke-6 hingga minggu ke-18.

Selama proses pengomposan dan fitoremediasi juga dihitung kadar TPH dari medium *oil sludge* 40% yang dibandingkan antara jumlah koloni dari minggu ke-0 hingga minggu ke-18 dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pengaruh Jumlah Koloni Konsorsium Bakteri *Bacillus sphaericus* dan *Pseudomonas sp.* terhadap Kadar TPH

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan jumlah koloni konsorsium bakteri dari awal penanaman inokulum pada medium pengomposan. Pada awal penanaman didapatkan jumlah  $64.45 \times 10^9$  cfu/ml dengan persentase kadar TPH sebesar 11.36%. Jumlah mikroba relatif menurun dari  $64.45 \times 10^9$  cfu/mL menjadi  $59.5 \times 10^9$  dan  $43.37 \times 10^9$  cfu/mL

setelah memasuki minggu ke-3 dan 6 secara berurutan hingga penelitian berakhir pada minggu ke-18. Jumlah koloni bakteri konsorsium menurun, seiring dengan terjadi fluktuasi dan kenaikan kadar TPH medium dari sebesar 11,36% hingga menjadi 10,32% pada minggu ke-18 dengan persentase penurunan kadar TPH sebesar 9,15 %. Sejak awal proses pengomposan konsorsium bakteri kurang dapat beradaptasi dengan medium *oil sludge* 40% terlihat dari penurunan jumlah koloni konsorsium bakteri pada proses pengomposan. Menurut Russell *et al.* (1995) dalam Beales (2004) perubahan ekstrim pada kondisi lingkungan hidup mikroorganisme mengakibatkan stres pada mikroba, apakah mikroba tersebut akan berhenti tumbuh, atau menambah waktu fase lag dan menurunkan laju pertumbuhan mikroba. Hal ini menyebabkan kadar TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) pada medium *oil sludge* kurang menurun. Kandungan logam berat menghambat kerja dari konsorsium bakteri dalam mendegradasi TPH dalam *oil sludge*. Berdasarkan pengukuran suhu dan pH yang terukur pada medium hingga minggu ke-8 remediasi adalah 4,4 - 5,8, nilai pH tersebut menunjukkan bahwa kondisi medium selama proses remediasi cukup asam. Hal ini menyebabkan aktivitas degradasi konsorsium bakteri yang rendah yang akan menyebabkan daerah katalik dan konformasi enzim berubah.

### **Kandungan Senyawa AHC (*Aliphatic Hydrocarbon*)**

Kandungan senyawa alifatik yang terdapat dalam medium *oil sludge* dianalisis dengan menggunakan metode GC/MS (*Gas Chromatography/Mass Spectrophotometry*) dari minggu ke-0 hingga minggu ke-18 dengan interval waktu pengambilan sampel 3 minggu. Berdasarkan hasil analisis awal, dengan menggunakan GC/MS terdeteksi 8 senyawa Polihidrokarbon Alifatik yang memiliki kisaran rantai karbon antara C<sub>16</sub> hingga C<sub>60</sub> dan akhir fitoremediasi ditemukan 30 jenis senyawa hidrokarbon. Senyawa tersebut adalah *Dotriacontane*, *Eicosane*, *Hexatriacontane*, *Tetracontane*, *Tetrapentacontane*, *Tetracosane*, *Hexacontane* dan *Hexadecane, 2,6,10,14-Tetramethyl*. Daftar lengkap senyawa-senyawa alifatik yang terdeteksi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Senyawa alifatik yang dominan teridentifikasi selama proses remediasi

No	Nama Senyawa	Rumus Kimia	Minggu ke-						
			0	3	6	9	12	15	18
1	<i>Dotriacontane</i>	C <sub>32</sub> H <sub>66</sub>	√	√	√	√	√	√	
2	<i>Eicosane</i>	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	√	√	√				
3	<i>Hexatriacontane</i>	C <sub>36</sub> H <sub>74</sub>	√	√	√	√	√	√	
4	<i>Tetracontane</i>	C <sub>40</sub> H <sub>82</sub>	√	√	√	√	√	√	
5	<i>Tetrapentacontane</i>	C <sub>54</sub> H <sub>110</sub>	√	√	√	√	√	√	
6	<i>Tetracosane</i>	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	√	√	√		√	√	
7	<i>Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl</i>	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	√		√	√	√	√	
8	<i>Hexacontane</i>	C <sub>60</sub> H <sub>122</sub>	√						

Jika dilihat dari jumlah karbon yang terdapat pada senyawa di minggu ke-6 juga memiliki jumlah karbon yang lebih banyak yaitu sebanyak 269 karbon. Hal ini dapat menyebabkan kadar TPH dalam medium *oil sludge* fluktuatif malah bertambah..

Kemudian, apabila dilihat dari jumlah senyawa yang teridentifikasi pada minggu ke-3 lebih banyak dibandingkan dengan senyawa-senyawa yang terdapat pada minggu ke-0 yaitu sebanyak 9 senyawa, namun senyawa *Hexacontane* yang memiliki panjang rantai karbon C<sub>60</sub> yang terdapat pada minggu ke-0 pada minggu ke-3 hingga minggu ke-18 tidak teridentifikasi

keberadaannya. Senyawa-senyawa baru yang teridentifikasi pada minggu ke-3 diketahui memiliki panjang rantai karbon  $C_{34}$ - $C_{21}$ . Hal ini mengindikasikan bahwa terjadinya degradasi atau pemutusan rantai karbon panjang menjadi rantai karbon yang lebih pendek oleh konsorsium bakteri dan sengon bermikoriza. Menurut Napoleon dan Probowati (2014) bakteri bertahan untuk hidup dengan cara memutus rantai hidrokarbon untuk mendapatkan karbon sebagai sumber energinya.

Bertambahnya senyawa-senyawa yang teridentifikasi juga bisa dikarenakan konsorsium bakteri kolaboratif dengan tanaman sengon yang menghasilkan senyawa baru. Tumbuhan, hewan ataupun mikroba dapat menghasilkan rantai asam lemak sebagai hasil metabolismenya. Rantai lemak tersebut dapat saling beraksi membentuk suatu senyawa baru melalui reaksi kondensasi Klaisen dan dekarboksilasi oksidatif. Hasil reaksi antar rantai asam lemak tersebut dapat menghasilkan senyawa hidrokarbon baru (Wackett, 2010). Hal inilah yang mengakibatkan dapat terbentuknya senyawa-senyawa baru pada tiap kali pengambilan sampel dilakukan.

Senyawa-senyawa yang masih teridentifikasi dari minggu ke-0 hingga minggu ke-18 seperti *dotriacontane*, *hexatriacontane*, *tetracontane*, dan *tetrapentacontane* tidak berarti senyawa tersebut tidak mengalami degradasi oleh konsorsium bakteri dan juga sengon bermikoriza. Keempat senyawa tersebut memiliki rantai karbon  $C_{32}$ - $C_{54}$ , bila dilihat dari jenis senyawa yang teridentifikasi pada minggu ke-0 terdapat senyawa *hexacontane* yang memiliki rantai karbon  $C_{60}$  yang memiliki ikatan karbon lebih tinggi dibandingkan *dotriacontane*, *hexatriacontane*, *tetracontane*, dan *tetrapentacontane*. Dapat diasumsikan bahwa keempat senyawa tersebut merupakan senyawa hasil degradasi dari senyawa *hexacontane* karena memiliki ikatan karbon yang lebih sedikit.

### **Infeksi Mikoriza Pada Akar Sengon**

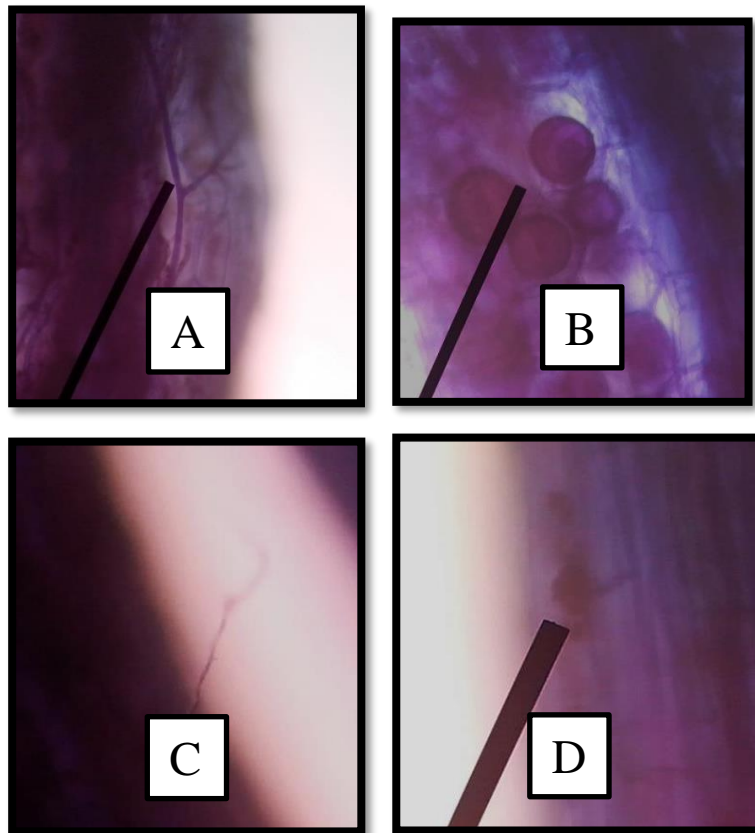
Pengamatan infeksi mikoriza dilakukan ketika awal fitoremediasi (minggu ke-9) dan akhir fitoremediasi (minggu ke-18). Persentase infeksi mikoriza didapatkan dari pengamatan akar tanaman sengon (*Falcataria moluccana* [Miq.] Barneby and J.W. Grimes) yang telah dilakukan pewarnaan akar dengan menggunakan metode Vierheilig *et al.* (1998). Pengamatan infeksi akar tanaman sengon pada awal fitoremediasi didapatkan hasil persentase infeksi mikoriza seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Persentase Infeksi Akar Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby and J.W. Grimes) pada *oil sludge* 40% pada awal fitoremediasi

Pengulangan	Persentase infeksi	Kelas infeksi
1	90%	V
2	100%	V
3	100%	V
4	100%	V
5	100%	V
6	100%	V

Hasil pewarnaan akar sengon pada awal fitoremediasi didapatkan beberapa jenis infeksi mikoriza berupa hifa internal, hifa eksternal, vesikula dan arbuskula. Jenis infeksi yang dominan pada setiap akarnya adalah infeksi berupa struktur hifa internal. Keberadaan infeksi yang tinggi ini menunjukkan bahwa mikoriza mampu beradaptasi dengan sangat baik pada

medium *oil sludge* 40% dan konsorsium bakteri (*Bacillus sphaericus* dan *Pseudomonas* sp.). Jenis infeksi mikoriza yang terdapat pada awal fitoremediasi dapat dilihat pada Gambar 2.

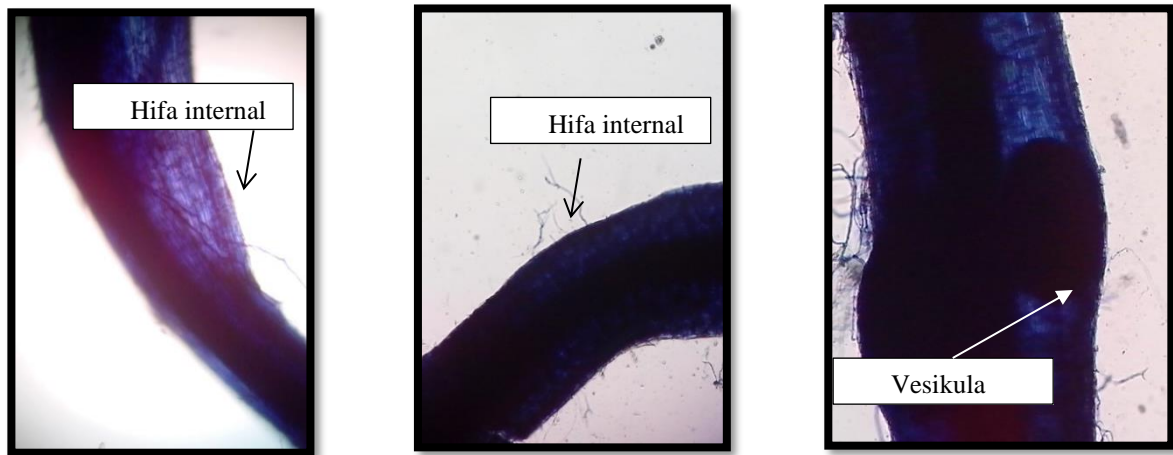


**Gambar 2** Infeksi mikoriza pada akar sengon saat awal fitoremediasi  
 Keterangan: A: hifa internal, B: Vesikula, C: Hifa eksternal, D: Arbuskula

Setelah memasuki minggu ke-18 yaitu waktu akhir fitoremediasi, infeksi akar sengon kembali diamati dengan menggunakan metode pewarnaan akar. Hasil dari pengamatan menunjukkan bahwa mikoriza menginfeksi seluruh akar pada akhir fitoremediasi seperti yang tercantum pada Tabel 3 dan termasuk ke dalam kelas infeksi V dengan jenis infeksi akar berupa hifa internal, hifa eksternal dan vesikula. Jenis infeksi yang terdapat pada akar sengon akhir fitoremediasi dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 3.** Persentase Infeksi Akar Sengon (*Falcataria moluccana* [Miq.] Barneby and J.W. Grimes) pada *oil sludge* 40% pada akhir fitoremediasi

Pengulangan	Persentase infeksi	Kelas infeksi
1	100%	V
2	100%	V
3	100%	V
4	100%	V
5	100%	V
6	100%	V



**Gambar 3.** Infeksi akar sengon pada akhir fitoremediasi

Pada awal fitoremediasi maupun akhir fitoremediasi terlihat bahwa terdapat infeksi mikoriza yang sangat tinggi yang menandai bahwa mikroorganisme dalam medium *oil sludge* maupun tanaman sengon dapat berasosiasi dengan baik dengan mikoriza. Menurut Zahra (2014), infeksi mikoriza tidak memiliki hubungan dengan penurunan TPH maupun perubahan konsentrasi kandungan senyawa hidrokarbon karena infeksi mikoriza ditemui pada setiap perlakuan baik dengan atau tanpa penambahan *Bacillus sphaericus*. Infeksi mikoriza pada akar menunjukkan adanya peran mikoriza sebagai rhizofiltrasi, yaitu melindungi akar agar tidak menyerap senyawa yang berbahaya bagi tanaman.

Selain berperan sebagai *rhizofilter* bagi akar tanaman, mikoriza juga memiliki peran dalam membantu penyerapan pada tanaman sengon sehingga tanaman sengon dapat tumbuh dengan baik ditandai dengan pertumbuhan dari tinggi tanaman. Tumbuhan memberikan asupan karbohidrat bagi mikoriza, sementara mikoriza memperluas daerah permukaan akar tanaman sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi yang lebih banyak (terutama fosfor) dan air dari tanah. Mikoriza juga meningkatkan kemampuan resistensi tanaman terhadap penyakit (Harrier and Watson, 2004 dalam Chibuike and Obiora, 2013).

Fitoremediasi membutuhkan waktu yang panjang dan memiliki proses lambat (Leung *et al.*, 2013). Penting dalam fitoremediasi untuk meningkatkan stabilitas tanah tempat tumbuhan fitoremediator.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Konsorsium bakteri (*Bacillus sphaericus* dan *Pseudomonas* sp.) tidak berpengaruh terhadap kadar TPH selama proses fitoremediasi berlangsung.
2. Konsorsium bakteri (*Bacillus sphaericus* dan *Pseudomonas* sp.) berpengaruh terhadap senyawa AHC selama proses fitoremediasi berlangsung. Senyawa Hexacontane dengan rantai karbon  $C_{60}$  terdegradasi pada minggu ke-3 menjadi senyawa dengan rantai karbon lebih pendek dengan rentang  $C_{16} - C_{54}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 1999. *Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. United States.
- Alizedh, O. 2011. Mycorrhizal Symbiosis. *Advanced Studies in Biology* Vol. 3, No. 6: 273-281.
- Amro, M.M. 2004. Factors Affecting Chemical Remediation of Oil Contaminated Water-Wetted Soil. *Chem. Eng. Technol.*, Vol. 27 (8): 890-894.
- Battelle. 2007. *Sediment Toxicity of Petroleum Hydrocarbon Fractions*. Massachusetts Department of Environmental Protection. Washington.
- Beales, N. 2004. Adaptation of Microorganisms to Cold Temperatures, Weak Acid Preservatives, Low pH, and Osmotic Stress: A Review. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, Vol. 3: 1-20.
- Carreon, T and Robert L.H. 2012. Aliphatic Hydrocarbons, In: Patty's Toxicology, Sixth Edition. Volume 2, Edited by Eula Bingham and Barbara Cohn. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Central for food safety. 2012. Analysis of Total Fat. [Online] [http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme\\_nifl/files/Analysis\\_of\\_Total\\_Fat.pdf](http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_nifl/files/Analysis_of_Total_Fat.pdf).
- Charles, J.F., LeRoux, C.N. & Delecluse, A. 1996. *BACILLUS SPHAERICUS* TOXINS: Molecular Biology and Mode of Action. *Annu. Rev. Entomol.*, Vol 41: 451-472.
- Chibuike, G.U and Obiora, S.C. 2013. Bioremediation of hydrocarbon-polluted soils for improved crop performance. *International Journal of Environmental Sciences*, Vol. 4(3): 223-239.
- Chorom, M., Sarifi, H.S. and Motamedi, H. 2010. Bioremediation of A Crude Oil - Polluted Soil By Application of Fertilizers. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, Vol. 7 (4): 319-326.
- CL:AIRE. 2010. Analysis of PAHs and their transformation products in contaminated soil and remedial processes. *Research Bulletin*, Vol. 10:1-8.
- Cohen, A.M., Nugedoda, D., and Gagnon, M.M. 2001. The Effect of Different Oil Spill Remediation Techniques on Petroleum Hydrocarbon Elimination in Australian Bass (*Macquaria novemaculeata*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* Vol. 40: 264-270.
- Favas, P.J.C., Pratas, J., Varun, M., D'Souza, R. and Paul, M.S. 2014. Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora, p.485-517. In M. C. Hernandez-Soriano (ed); *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination*. InTech. Croatia.
- Fuady, Z. 2013. *Kontribusi Cendawan Mikoriza Arbuskular Terhadap Pembentukan Agregat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. *Lentera*, Vol. 13 (3): 7-15.
- Hafiluddin, 2011. Bioremediasi tanah tercemar minyak dengan teknik bioaugmentasi dan biostimulasi. *Embryo*, Vol. 8 (1): 47-52.
- Hiroki, M. 1992. Effect of Heavy Metal Contamination on Soil Microbial Population. *Soil Sci. Plant. Nutr.* Vol. 38 (1): 141-147.
- Hu, G., Li, J., Zeng, G. 2013. Recent development in the treatment of *oil sludge* from petroleum industry: A review. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 261 : 470-490.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M. and Kanninen, M. 2011. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: *ecology, silviculture and productivity*. CIFOR. Bogor.
- Leahy, J.G. and Colwell, R.R. 1990. Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment. *MICROBIOLOGICAL REVIEWS*. Vol. 54(3): 305-315.
- Leung, H.M, Wang, Z.W., Ye, Z.H., Yung, K.L., Peng, X.L., and Cheung, K.C. 2013. Interactions Between Arbuscular Mycorrhizae and Plants in Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils: A Review. *Pedosphere*, Vol. 23(5): 549-563.

- Liu, W., Yongming, L., Ying, T., Zhengao, L., Lena, Q.M. 2010. Bioremediation of oil sludge-contaminated soil by stimulating indigenous microbes. *Environ Geochem Health* Vol. 32:23–29.
- Maria, R. 2009. Pemanfaatan Limbah Oil sludge sebagai Bahan Utama dalam Pembuatan Bata Konstruksi Paving Block. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara.
- Mc Intosh, P.M. 2014. Bioremediation and Phytoremediation Systems for Breaking Down Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Contaminated Sandy Soil. *Master's Theses*. University of Connecticut. Hartford.
- Mohan, S.R.V., Devi, M.P., Reddy, M.V., Chandrasekhar, K., Juwarkar, A., Sarma, P.N. 2011. Bioremediation Of Petroleum Sludge Under Anaerobic Microenvironment: Influence Of Biostimulation And Bioaugmentation. *Environmental Engineering and Management Journal*. Vol. 10 (11): 1609-1616.
- Mukherjee, A.K. and Bordoloi, N.K. 2011. Bioremediation and reclamation of soil contaminated with petroleum oil hydrocarbons by exogenously seeded bacterial consortium: a pilot-scale study. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol 18 (3): 471-478.
- Napoleon, A. and Probowati, D.S. 2014. Exploration of hydrocarbon degrading bacteria on soils contaminated by crude oil from South Sumatera. *Journal Of Degraded And Mining Lands Management*, Vol. 1 (4): 201-206.
- Ni'matuzahroh, Surtiningsih, T. & Tanjung, M. 2002. *Mekanisme asimilasi hidrokarbon oleh bakteri hidrokarbon klasik Pseudomonas*. Faculty of Mathematics and Natural Science Airlangga University. Semarang.
- Nusantara, A.D. 2002. Tanggap Semai Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen Terhadap Inokulasi Ganda Cendawan Mikoriza Arbuskular dan *Rhizobium* sp. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 4:62-70.
- Pertamina. 2012. *Refinery Unit IV*. <http://www.Pertamina.com/en/our-business/downstream/refinery/refinery-unit/refinery-unit-iv>.
- Priadie, B. 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol. 10 (1): 38-48.
- Rossiana, N, 2009. Penurunan Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. (Nielsen)) Bermikoriza Dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi. *Laporan Penelitian*. Universitas Padjadjaran. Sumedang.
- Rossiana, N. 2005. Bioremediasi Lumpur Minyak Bumi dengan Zeolit dan Mikroorganisme serta pengujiannya dengan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen. *Disertasi*. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Rossiana, N., 2018. Bio-fitoremediasi Limbah Minyak bumi (oily Sludge). Unpad Press
- U.S. Environmental Protection Agency. 2003. *Aerobic Biodegradation of Oily Wastes A Field Guidance Book For Federal On-scene Coordinators*. Region 6 South Central Response and Prevention Branch. Dallas.
- Vale, J.A. and Meredith, T.J. 1981. Poisoning due to Aliphatic, Aromatic and Chlorinated Hydrocarbons. In *Poisoning: Diagnosis and Treatment*. London: Update books Ltd., p. 153.
- Van Epps, A. 2006. *Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons*. U.S. Environmental Protection Agency. Washington.
- Vidali, M. 2001. Bioremediation. *Pure appl. Chem.*, Vol. 73, (7): 163-172.
- Wackett, L.P. 2010. Aliphatic Hydrocarbons, Carbon–Carbon Bond, In: K. N. Timmis (ed.), *Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.

## **Evaluasi Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rumput *Brachiaria decumbens***

Oleh

**Panca Dewi Manu Hara Karti<sup>1\*</sup>, Iwan Prihantoro<sup>1</sup>, Agustinus Tri Aryanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jalan Agatis, Institut Pertanian Bogor, Fakultas Peternakan,  
Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan  
Divisi Ilmu dan Teknologi Tumbuhan Pakan dan Pastura

\* Email: pancadewifapetipb61@gmail.com; [pancadewi\\_fapetipb@yahoo.com](mailto:pancadewi_fapetipb@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

*Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dapat membantu tanaman untuk menyerap unsur hara terutama fosfor sehingga tanaman akan berproduksi secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula yang diperoleh dengan teknik hidroponik fertigasi yaitu spray, drip dan NFT (Nutrient Film Techniques) dengan penggunaan nutrisi yang berbeda yaitu Hyponex red dan AB mix pada rumput Brachiaria decumbens. Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 7 perlakuan yaitu kontrol, SP1 (Spray/Hyponex red), SP2 (Spray/AB mix), NP1 (NFT/Hyponex red), NP2 (NFT/AB mix), DP1 (Drip/Hyponex red), DP2 (Drip/AB mix). Variabel yang diukur adalah produksi bahan kering tajuk, kadar dan serapan fosfor, nitrogen dan protein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulum FMA nyata ( $p < 0,05$ ) meningkatkan produksi bahan kering tajuk, kandungan fosfor, nitrogen dan protein bila dibandingkan dengan kontrol. Serapan fosfor pada SP2 memberikan hasil terbaik tetapi tidak berbeda nyata dengan NP1, NP2 dan DP1, tetapi berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan SP1, DP2 dan kontrol. Inokulum FMA secara signifikan ( $p < 0,5$ ) meningkatkan serapan nitrogen dan protein bila dibandingkan dengan kontrol. Kesimpulan bahwa inokulum FMA meningkatkan bahan kering tauk, kandungan fosfor, nitrogen dan protein, serta serapan fosfor, nitrogen dan protein.*

**Kata kunci:** *Fungi Mikoriza Arbuskula, Hidroponik, Fertigasi, Brachiaria decumbens*

### **PENDAHULUAN**

Ketersediaan lahan yang subur di Indonesia semakin berkurang, pengembangan hijauan pada lahan suboptimal berpeluang besar untuk dilakukan. Indonesia memiliki lahan suboptimal yang cukup tinggi, antara lain lahan asam, lahan kering, lahan salin, lahan gambut dan lahan pasca tambang. Indonesia memiliki lahan marginal seluas 149,5 juta ha (Mulyani, 2017) yang perlu ditingkatkan produktivitasnya karena memiliki berbagai kendala dalam hal pemanfaatan yaitu cekaman kekeringan, ketersediaan hara rendah, pH rendah, fiksasi P tinggi, bahan organik rendah (Sanches, 2003), menurunkan kelarutan P dan Mo, menurunkan konsentrasi unsur N, Mg, Ca dan K, meningkatkan konsentrasi Al, Mn dan Fe, menghambat pertumbuhan akar dan penyerapan air, serta meningkatkan pencucian unsur hara (Karti, 2009). Lahan yang kurang optimal memiliki akar permasalahan dalam mencapai produktivitas tanaman yang berkelanjutan. Keberadaan tanah asam di Indonesia cukup tinggi, meliputi 30% atau 0,51 juta km<sup>2</sup> dari luas daratan Indonesia yang tersebar di wilayah Jawa Barat, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya. Penggunaan pupuk hayati seperti Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah di lahan suboptimal. FMA dapat membantu tanaman untuk mensuplai dan menyerap unsur P yang ketersediaannya rendah pada tanah

masam karena kemampuan FMA untuk beradaptasi pada tanah masam (Karti, 2011). Kemampuan FMA dalam meningkatkan status hara tanaman saat ini dapat digunakan sebagai strategi alternatif untuk menggantikan sebagian pupuk yang dibutuhkan tanaman yang tumbuh di lahan suboptimal. Penggunaan FMA terbukti dapat membantu tanaman tumbuh pada kondisi tanah yang kurang optimal seperti lahan asam, lahan kering, lahan salin dan lahan terdegradasi sehingga dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman melalui berbagai peran FMA. Fungi mikoriza arbuskula sebagai pupuk hayati dapat memelihara dan mendukung pertanian berkelanjutan karena perannya sebagai pupuk hayati terbukti dapat meningkatkan kandungan tanaman N, P, K, dan Ca serta Mg (Karti, 2018; Kung'u, 2004; Yoshitaka dan Yamamoto, 1986), meningkatkan produksi bahan segar, produksi bahan kering, biomassa akar *Arachis glabrata*, *Centrosema pubescens* dan *Pueraria javanica* (Mustapa *et al.*, 2014), meningkatkan ketahanan *Desmodium* sp terhadap kekeringan pada fase pertumbuhan awal, mekanisme ketahanan kekeringan pada *Stylosanthes seabrana* dengan bantuan FMA (Sowmen, 2014; Karti, 2012), peningkatan pertumbuhan dan produksi rumput *Setaria splendida* (Karti, 2004), peningkatan berat kering tajuk dan akar *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* dan *Panicum maksimum*, serta menunjukkan ketergantungan yang tinggi pada FMA pada produksi bahan kering dan serapan P pada tanah masam (Kanno *et al.*, 2006) dan sebagai pelindung hayati terhadap patogen jamur, bakteri, dan nematoda (Whipps, 2004; Pozo dan Azcon-Aquilar, 2007; Veresoglou and Rillig, 2012). Peningkatan kapasitas lahan marginal sumber hijauan dapat diwujudkan dengan ketersediaan pupuk hayati FMA dan mampu mendukung produktivitas hijauan. Ketersediaan FMA sebagai pupuk hayati membutuhkan dukungan produksi dalam skala besar. Teknologi produksi FMA telah berkembang sejak dikenal peran FMA bagi tanaman. Secara umum ada tiga kategori untuk teknik produksi FMA yaitu (1) sistem produksi klasik dengan menggunakan media tanah atau pasir, (2) sistem kultur tanpa substrat seperti hidroponik dan aeroponik dengan produksi inokulum FMA yang relatif bersih dan (3) sistem kultur in vitro berdasarkan akar potong atau disebut kultur organ akar (Root Organ Culture/ROC). Pertumbuhan tanaman dan FMA didukung oleh teknik fertigasi yang merupakan kombinasi penyiraman dan pemupukan. Penerapan teknik ini berkontribusi untuk mencapai hasil dan kualitas yang lebih baik dengan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (Imas, 1999). Beberapa keunggulan teknik fertigasi dibandingkan dengan pemupukan konvensional, yaitu fleksibilitas dan pengelolaan yang lebih mudah, efektivitas biaya, potensi peningkatan keseragaman distribusi dan efisiensi penggunaan pupuk, kehilangan pupuk yang lebih sedikit karena penurunan tekanan osmotik, dan kemungkinan pembagian penggunaan pupuk selama masa pertumbuhan (Ebrahimian *et al.*, 2014). Produksi inokulum FMA membutuhkan sistem produksi dalam jumlah besar dengan kualitas yang baik. Dengan teknik produksi inokulum FMA yang tepat diperlukan pemanfaatan teknologi, faktor lingkungan dan pengelolaan yang lebih efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi inokulum FMA yang diproduksi dengan sistem hidroponik dan fertigasi dengan larutan nutrisi yang berbeda pada rumput *Brachiaria decumbens*.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Bahan**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Agrostologi, Divisi Ilmu dan Teknologi Tumbuhan Pakan dan Pastura, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pols dari *Brachiaria decumbens* var. Mulato, inokulum FMA diperoleh dari Laboratorium Lapangan Agrostologi, Divisi Ilmu dan Teknologi Tumbuhan Pakan dan Pastura, dan latosol tanah, larutan nutrisi Hyponex Red dan AB Mix, aquades, tripan blue, KOH, HCl,

dan gliserol. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoclave, timbangan digital, pengukur pH, termometer, mikroskop, petridish, filter bertingkat (1000  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 45  $\mu\text{m}$ ), kaca objek, kaca penutup, pot plastik sistem fertigasi yaitu spray (semprot), drip (tetes) dan NFT (aliran nutrisi).

## **Metode**

### *Persiapan Inokulum*

Inokulum yang digunakan berasal dari produksi starter inokulum dengan perlakuan hidroponik berupa semprot (S), NFT (N) dan tetes (D) dengan dua jenis pupuk berbeda yaitu Hyponex red (P1) dan AB mix (P2). Jumlah spora per 50 g masing-masing perlakuan adalah SP1 (2048), SP2 (2687), NP1 (2023), NP2 (1783), DP1 (1487), DP2 (2067). Inokulum yang digunakan terdiri dari 5 jenis Fungi mikoriza Arbuskula.

### *Persiapan Lahan, Penanaman, Pemeliharaan dan Pemanenan*

Inokulum FMA dari masing-masing perlakuan diuji efektivitasnya menggunakan rumput *Brachiaria decumbens* var Mulato. Stek pols digunakan sebagai bahan tanam dan terdiri dari 2 pols/pot. *B. decumbens* var Mulato ditanam pada media tanah latosol 5 kg/pot dan ditambahkan inokulum FMA sebanyak 20 g/pot. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman menggunakan air sumur sebanyak 500 ml/pot. Pertumbuhan tanaman diamati selama 12 minggu setelah tanam (MST). *B. decumbens* var Mulato dipanen dengan cara mencacah tajuk tanaman dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 ° C selama 2 hari untuk mendapatkan bobot kering tajuk kemudian dilakukan analisis kandungan P, N dan protein dari tajuk.

### *Rancangan Percobaan dan Analisis Data*

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 7 perlakuan dan 10 ulangan untuk produksi bahan kering tajuk, dan 3 ulangan untuk kandungan Nitrogen, Fosfor dan protein. Adapun perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

Kontrol = tidak ada inokulan

SP1 = inokulan dari spray fertigasi + larutan nutrisi Hyponex Red

SP2 = inokulan dari spray fertigasi + larutan nutrisi AB Mix

NP1 = inokulan dari NFT fertigasi + larutan nutrisi Hyponex Red

NP2 = inokulan dari NFT fertigasi + larutan nutrisi AB Mix

DP1 = inokulan dari drip fertigasi + larutan nutrisi Hyponex Red

DP2 = inokulan dari drip fertigasi + larutan nutrisi AB Mix

Data yang diperoleh dianalisis dengan analysis of variance (ANOVA), dan data dengan signifikan respon kemudian diuji lebih lanjut dengan Duncan Multiple Range Test.

### *Pengamatan Parameter*

Parameter yang diamati adalah produksi bobot kering tajuk, kadar dan serapan N, P dan protein. Produksi berat kering tajuk diperoleh dengan memotong tajuk pada batas antara akar dan batang (1-2 cm dari permukaan tanah bagian atas), kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari dan selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven bersuhu. 60 ° C selama 2 hari. Analisis kandungan nitrogen dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2005). Analisis kandungan fosfor dilakukan dengan menggunakan metode kolorimetri mikro untuk penentuan fosfor anorganik (Taussky dan Shorr, 1953). Serapan nitrogen dan fosfor dihitung dari rata-rata kadar nitrogen dan fosfor dikalikan dengan rata-rata produksi berat kering tajuk. Produksi protein kasar dihitung dari rata-rata kadar protein kasar dikalikan dengan rata-rata produksi berat kering tajuk.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil Evaluasi Inokulum FMA pada produksi bahan kering tajuk, dan kadar P, N dan Protein dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) pada produksi bahan kering tajuk, kadar fosfor, nitrogen dan protein. Peningkatan tertinggi terjadi pada perlakuan DP1 sebesar 138%, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan SP1 (116%), SP2 (106%), NP1 (126%), NP2 (126%), dan DP2 (70%). Inokulasi dengan FMA berpengaruh terhadap konsentrasi P, konsentrasi P tertinggi diamati pada SP2 dengan nilai peningkatan sebesar 16,8%. Kandungan nitrogen tertinggi terdapat pada perlakuan SP1 dengan peningkatan sebesar 40,54% jika dibandingkan dengan kontrol, namun tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan SP2 (30,63%), NP1 (15,32%), NP2 (18,82%), DP1 (24,32%) dan DP2 (34,32%). Kadar protein tertinggi terdapat pada perlakuan SP1 dengan peningkatan nilai 41,10% jika dibandingkan dengan kontrol, namun tidak berbeda nyata dengan SP2 (31,55%), NP1 (16,06%), NP2 (19,10%), DP1 (25,18%) ) dan DP2 (34,59%).

**Tabel 1.** Evaluasi Inokulum FMA terhadap Produksi BK Tajuk, Kadar P, N dan Protein

Perlakuan Jenis Inokulum	Produksi BK Tajuk (g/pot)	Fosfor (ppm)	Nitrogen (%)	Protein (%)
Kontrol	3.2 34b ± 1.39	518.16 ab ± 175.79	1.11c ± 0.18	6.91 c ± 1.12
SP1	7.003a ± 2.44	323.55 c ± 23.40	1.56a ± 0.15	9.75 a ± 0.94
SP2	6.678a ± 1.27	605.48 a ± 49.46	1.45ab ± 0.01	9.09 ab ± 0.06
NP1	7.313a ± 1.56	384.66 bc ± 10.37	1.28bc ± 0.15	8.02 bc ± 0.92
NP2	7.336a ± 2.31	383.59bc ± 4.05	1.32abc ± 0.14	8.23 abc ± 0.88
DP1	7.697a ± 3.88	397.80 bc ± 0.82	1.38ab ± 0.18	8.65 ab ± 1.15
DP2	5.510a ± 1.12	456.10bc ± 24.88	1.49ab ± 0.10	9.30 ab ± 0.63

Notes : SP1 (Spray/Hyponex red), SP2(Spray/AB mix), NP1(NFT/Hyponex red), NP2 (NFT/AB mix), DP1(Drip/Hyponex red), DP2(Drip/AB mix)

Evaluasi Inokulum FMA terhadap Jumlah Spora, serapan P, N dan Protein dapat dilihat pada Tabel 2. Jumlah spora tertinggi pada SP2. Serapan P terbaik adalah SP2 dengan peningkatan sekitar 188% dan menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan DP2 (92%), SP1 (83%) dan kontrol, tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan NP1 (115%), NP2 (146%) dan DP1 (158%). Serapan nitrogen tertinggi adalah SP1 dengan peningkatan sekitar 314 % jika dibandingkan dengan kontrol, namun tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan SP2 (247 %), NP1 (238 %), NP2 (295 %), DP1 (312 %) dan DP2 (198 %). Serapan protein tertinggi adalah SP1 dengan peningkatan sebesar 314 % jika dibandingkan dengan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan SP2 (248 %), NP1 (239 %), NP2 (296 %), DP1 (313 %) dan DP2 (199 %). Jumlah spora tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dari semua perlakuan kesuburan dan perbedaan pemupukan, jumlah spora tertinggi pada perlakuan SP2. Jumlah spora yang tinggi akan menyebabkan kolonisasi FMA yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kandungan P, N dan protein (Karti, 2018). Peningkatan produksi bahan kering tajuk dapat disebabkan oleh peningkatan kadar dan serapan fosfor, nitrogen dan protein (Karti, 2018). Tingginya P dan N, kandungan protein dan serapan pada tanaman yang diinokulasi dengan FMA akan meningkatkan fotosintesis sehingga produksi bobot kering tajuk akan meningkat (Karti, 2018). Efek menguntungkan mikoriza pada pertumbuhan tanaman sering dikaitkan dengan peningkatan serapan hara yang *unmobile*, terutama fosfor (P). Mekanisme peningkatan serapan P pada tanaman yang diinokulasi FMA adalah pergerakan P lebih cepat ke dalam hifa mikoriza; pelarutan fosfor tanah; pergerakan P yang lebih cepat ke dalam hifa mikoriza dicapai dengan meningkatkan afinitas ion P dan dengan menurunkan konsentrasi

ambang yang diperlukan untuk absorpsi P; Pelarutan P tanah dicapai dengan pelepasan asam organik dan enzim fosfatase dan dengan meningkatkan luas permukaan untuk penyerapan nutrisi (Bolan, 1991)

**Tabel 2.** Evaluasi Inokulum FMA pada Jumlah Spora, dab Serapan P, N dan Protein

Perlakuan Jenis Inokulum	Jumlah Spora Inokulum (50 g)	Serapan P (g/pot)	Serapan N (g/pot)	Serapan Protein (g/pot)
Kontrol	-	0.0156c±0.006	0.333b±0.035	2.077 b ± 0.22
SP1	2047.90 ± 1106.23	0.0286b±0.005	1.380a±0.041	8.607 a ± 0.26
SP2	2687.00 ± 1237.66	0.0450a±0.005	1.157a±0.065	7.220 a ± 0.41
NP1	2023.30 ± 833.40	0.0336ab±0.003	1.126a±0.235	7.047 a ± 1.47
NP2	1783.00 ± 518.04	0.0383ab±0.003	1.316a±0.184	8.223 a ± 1.15
DP1	1487.40 ± 553.19	0.0403ab±0.015	1.373a±0.456	8.587 a ± 2.85
DP2	2067.40 ± 717.37	0.0300b±0.003	0.993a±0.157	6.207 a ± 0.98

Notes : SP1 (Spray/Hyponex red), SP2(Spray/AB mix), NP1(NFT/Hyponex red),  
 NP2 (NFT/AB mix), DP1(Drip/Hyponex red), DP2(Drip/AB mix)

### Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah inokulum FMA meningkatkan produksi bahan kering tajuk, kadar fosfor, nitrogen dan protein, serta serapan fosfor, nitrogen dan protein.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil* 134 (189-207).
- Ebrahimian H, Keshavarz MR, Playán E. 2014. Surface fertigation: a review, gaps and needs. *Spanish J Agric Res.* 12(3): 820-837
- Imas P. 1999. Recent techniques in fertigation of horticultural crops in Israel. In *Recent Trends in Nutrition Management in Horticultural Crops. IPI-PRIKKV Workshop*; 1999 Feb 11-12; Maharashtra, India. Maharashtra (IN): International Potash Institute. hlm 1-15.
- Kanno T, Saito M, Ando Y, Macedo MCM, Nakamura T, Miranda CHB. 2006. Importance of indigenous arbuscular mycorrhiza for growth and phosphorus uptake in tropical forage grasses growing on an acid, infertile soil from the Brazilian savannas. *Tropical Grasslands.* 40(2):94-101
- Karti P.D.M.H. 2004. Pengaruh pemberian cendawan mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan dan produksi rumput *Setaria splendida* stapf yang mengalami cekaman kekeringan. *Media Petern.* 27(2):63-68.
- Karti PDMH, Budi SW, Mardatin NF. 2009. Optimalisasi kerja *mycofer* dengan augmentasi mikroorganisme tanah potensial dan asam humat untuk rehabilitasi lahan marginal dan terdegradasi di Indonesia. *JlPI.* 14(2):118-131.
- Karti, P. D. M. H. & Y. Setiadi. 2011. Respon pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput terhadap penambahan fungi mikoriza arbuskula dan asam humat pada tanah masam dengan aluminium tinggi. *JITV* 16:104-111
- Karti, P. D. M. H., D. A. Astuti, & S. Nofyangtri. 2012. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in enhancing productivity, nutritional quality, and drought tolerance mechanism of *Stylosanthes seabrana*. *Med. Pet.* 35: 67-72..

- Karti, P. D. M. H, I. Prihantoro, & M. A. Setiana 2018 Evaluation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculum on Production and Nutrient Content of *Pennisetum purpureum*. *TASJ* 41(2):114-120.
- Kung'u JB. 2004. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Inoculation on Growth Performance of *Senna spectabilis*. In: Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa, Bationo, A. (Ed.). Nairobi (KE). Academy Science Publishers.
- Mulyani A, Nursyamsi D, Harnowo D. 2017. Potensi dan Tantangan Pemanfaatan Lahan Suboptimal untuk Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Di dalam: Rahmianna AA, Harnowo D, Sholihin, Nugrahaeni N, Taufiq A, Suharsono, Yusnawan E, Ginting E, Rozi F, Hermanto, editor. *Inovasi Teknologi Lahan Suboptimal untuk Pengembangan Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Mendukung Pencapaian Kedaulatan Pangan. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*; 2016 Mei 25; Malang, Indonesia. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm 16-30.
- Mustapa A, Hanafi AD, Sembiring I. 2014. Pengaruh pemberian berbagai tingkat mikoriza arbuskula pada tanah ultisol terhadap produktivitas tanaman leguminosa. *J Peternakan Integratif*. 3(1):84-95.
- Pozo M.J., and Azcon-Aquilar, 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10(4):393-8
- Sanchez PA, Palm CA, Buol SW. 2003. Fertility capability soil classification, a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma*. 114(3-4):157– 185.
- Sowmen S, Abdullah L, Karti PDMH, Soepandi D. 2014. Adaptasi legum pohon yang diinokulasi dengan fungi mikoriza arbuskular (FMA) saat cekaman kekeringan. *J Petern Indones*. 16(1):46-54.
- Veresoglou SD, Rillig MC, 2012. Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology Letters* 8, 214–7.
- Whipps J. M. 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Canadian Journal of Botany*, 2004, 82(8): 1198-1227
- Yoshitaka K, Yamamoto Y. 1986. Increase in the formation and nitrogen fixation of soybean nodules by vesicular arbuscular mycorrhiza. *Plant Cell Physiol*. 27(3):399-405.

## **Pengaruh Kapsul Mikoriza terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Tanaman Cabai Rawit, Cabai Keriting dan Tomat**

Oleh:

**Rahayu Ning Janati<sup>1\*</sup>, Fatimah Nur Istiqomah<sup>1</sup>, Atok Urasid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>PT. Intidaya Agrolestari

Jalan Raya Jampang KM. 7 Karihkil, Cibeuteung Udik, Kec. Ciseeng, Bogor

\*E-mail: rahayu@inagro.co.id

### **ABSTRAK**

*Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dengan akar tanaman. Selama ini mikoriza yang beredar dipasaran dalam bentuk granul. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kapsul Mikoriza “MZ2000” dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai rawit, cabai keriting dan tomat. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dari bulan Oktober 2019 sampai Januari 2020 di lahan percobaan dan laboratorium PT. Intidaya Agrolestari, Bogor. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan yaitu tanpa kapsul, satu kapsul, dan dua kapsul dengan 5 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan pemberian dua kapsul mikoriza pada tanaman cabai rawit berpengaruh nyata terhadap tinggi, diameter, dan jumlah buah masing-masing sebesar 36.39%, 52.17%, dan 413.75% dibanding kontrol. Pada cabai keriting pemberian dua kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi, jumlah bunga dan jumlah buah masing-masing sebesar 41.59%, 291.67%, dan 1713.33% dibanding kontrol. Pada tomat pemberian satu kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi, jumlah bunga dan jumlah buah masing-masing 9.39%, 267.74%, dan 150% dibanding kontrol. Infeksi akar tanaman cabai rawit, cabai keriting, dan tomat yang diberikan kapsul mikoriza diatas 50% yang tergolong sedang-tinggi. Kapsul mikoriza efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman cabai rawit, cabai keriting dan tomat.*

**Kata kunci:** infeksi akar, kapsul, mikoriza

### **PENDAHULUAN**

Komoditas cabai dan tomat bukan termasuk pangan pokok bagi masyarakat Indonesia, akan tetapi perannya sebagai bumbu pelengkap masakan yang diminati masyarakat membuat angka permintaan tinggi. Data dari Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura dari tahun 2015 sampai tahun 2019 menyatakan bahwa produksi cabai rawit mengalami peningkatan dari 869,938 ton menjadi 1,374,217 ton. Sama dengan cabai rawit, produksi tomat dari tahun 2015 sampai tahun 2019 juga mengalami peningkatan dari 877,792 ton menjadi 1,020,333 ton (BPS, 2020). Salah satu bagian yang menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman cabai dan tomat yaitu pupuk. Penggunaan pupuk hayati mikoriza diduga dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai rawit, cabai keriting dan tomat.

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dengan akar tanaman. Mikoriza juga berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman agrikultur, hortikultura, dan tanaman hutan (Wubet *et al.*, 2003). Hifa mikoriza membantu akar untuk menyerap unsur hara sesuai dengan penelitian Madusari *et al.* (2018) menyatakan bahwa fungsi

mikoriza akan bersimbiosis dengan akar tanaman dengan membentuk hifa eksternal yang dapat membantu penyerapan unsur P. Semakin banyak perlakuan mikoriza maka semakin banyak unsur P yang dapat diserap oleh tanaman. Reguar *et al.* (2003), menyatakan pengaplikasian mikoriza pada tanaman tomat dapat memperpanjang masa berbuah tomat.

Pupuk hayati mikoriza yang selama ini beredar dipasaran dalam bentuk granul. Kekurangan mikoriza dalam bentuk granul yaitu para petani harus menimbanginya terlebih dahulu apabila ingin menggunakannya. Sehingga diperlukan media lain untuk menjadi pembawa mikoriza arbuskula. Dalam penelitian ini, mikoriza yang digunakan dalam bentuk kapsul. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kapsul Mikoriza “MZ2000” dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai rawit, cabai keriting dan tomat.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dari bulan Oktober 2019 sampai Januari 2020 di lahan percobaan dan laboratorium PT. Intidaya Agrolestari, Bogor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit cabai rawit, cabai keriting, tomat, kapsul mikoriza MZ2000, bahan pewarnaan akar meliputi KOH 2.5%, HCL 0.1 N, *trypan blue* 0.02%, gliserin 50%, dan asam laktat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cangkul, kaliper, kamera, label, dan penggaris 100 cm. Selain itu terdapat alat laboratorium untuk analisis infeksi akar meliputi timbangan analitik, mikroskop stereo, botol kaca, kaca preparat, *cover glass*, pinset, gunting, kamera, sendok, label, dan alat tulis.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan yaitu K0 = kontrol (tanpa kapsul), K1 = 1 kapsul, K2 = 2 kapsul. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali dan setiap ulangan terdiri dari 2 tanaman.

Cabai rawit, cabai keriting, dan tomat di semai di tray semai dengan media arang sekam. Lahan yang akan digunakan dicangkul untuk digemburkan. Setelah 4 minggu bibit ditanam ke lahan yang telah ditugal menggunakan tongkat kayu, kemudian kapsul dimasukkan dalam lubang tanam tersebut (akar kontak langsung dengan kapsul). Jarak tanam untuk bibit cabai dan tomat antar lubang yaitu 50 cm. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari dan pengendalian gulma dilakukan 2 minggu sekali.

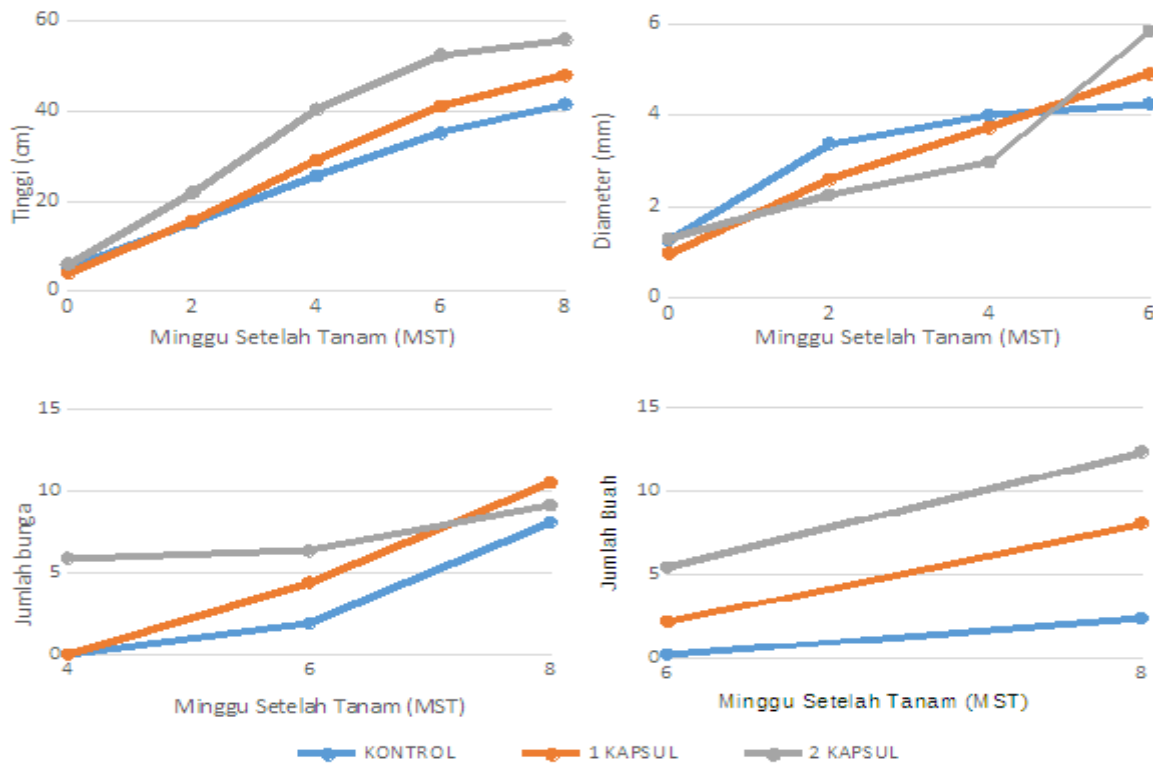
Pengamatan yang dilakukan adalah pertambahan tinggi dan diameter batang (cm), jumlah bunga, jumlah buah, total bobot buah (gram), dan persentase infeksi FMA (%). Tinggi dan diameter batang diukur setiap 2 minggu. Pengukuran tinggi dimulai dari pangkal batang sampai titik tumbuh pucuk apikal. Pengukuran diameter dilakukan menggunakan caliper, diukur pada ketinggian sekitar 1 cm di atas pangkal batang. Jumlah bunga dan buah dihitung setiap 2 minggu. Bunga yang dihitung adalah calon bunga yang masih kuncup dan bunga yang terbuka sempurna. Semua buah yang terbentuk dihitung. Setelah tanaman dipanen, ditimbang bobot buahnya. Data bobot buah diambil dari tiga kali panen untuk tanaman cabai rawit dan cabai keriting. Persentase infeksi FMA (%) adalah persentase akar yang terinfeksi mikoriza dengan ciri-ciri adanya hifa atau vesikula. Pengamatan dilakukan setelah panen. Pewarnaan akar menggunakan metode Rajapakse dan Miller (1992) yang dimodifikasi. Akar serabut yang masih muda (berwarna putih kecoklatan) diambil dan dicuci sampai bersih. Akar direndam dalam KOH 2.5% selama 12-24 jam, dicuci dengan air dan dicelupkan dalam HCl 0.1 N. Akar direndam dalam larutan *trypan blue* selama 4 jam. Akar dibuat preparat, satu preparat memuat 10 potong akar berukuran 2 cm. Setiap 5 potong akar ditutup dengan *cover glass* dan diolesi kutek pada pinggirannya. Preparat diamati di bawah *mikroskop*. Rumus menghitung persen infeksi akar (Rajapakse dan Miller (1992)):

$$\text{Akar terinfeksi} = \frac{\sum \text{bidang pandang terinfeksi}}{\sum \text{bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

Pengolahan data dilakukan dengan uji F taraf  $\alpha$  5%. Perlakuan yang berpengaruh nyata pada uji F diuji lanjut dengan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf  $\alpha$  5%. Seluruh proses analisis data menggunakan perangkat lunak LibreOffice Calc 6.4 dan SAS System for Windows 9.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Cabai Rawit



**Gambar 1.** Pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai rawit

Tanaman cabai rawit yang diberikan kapsul mikoriza mengalami pertumbuhan vegetatif lebih cepat dibandingkan kontrol (Gambar 1). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 2 kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter cabai rawit (Tabel 1). Pemberian 2 kapsul mikoriza dapat mempercepat pertumbuhan tinggi sebesar 36.39% dibandingkan kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Milla *et al.* (2016), yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk Mikoriza memberikan peningkatan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman cabai paprika dibandingkan dengan tanpa pemberian Mikoriza. Pemberian 2 kapsul mikoriza juga dapat mempercepat pertumbuhan diameter sebesar 52.17% dibandingkan kontrol. Madusari *et al.* (2018) menyatakan bahwa semakin banyak mikoriza yang diberikan maka diameter batang tanaman juga semakin besar. Besarnya diameter batang salah satunya karena ketersediaan unsur P pada tanah. Fungi mikoriza akan bersimbiosis dengan akar tanaman dengan membentuk hifa eksternal yang dapat membantu penyerapan unsur P. Semakin banyak perlakuan mikoriza maka semakin banyak unsur P yang dapat diserap oleh tanaman.

**Tabel 1.** Pertumbuhan vegetatif dan generatif serta infeksi akar pada tanaman cabai rawit

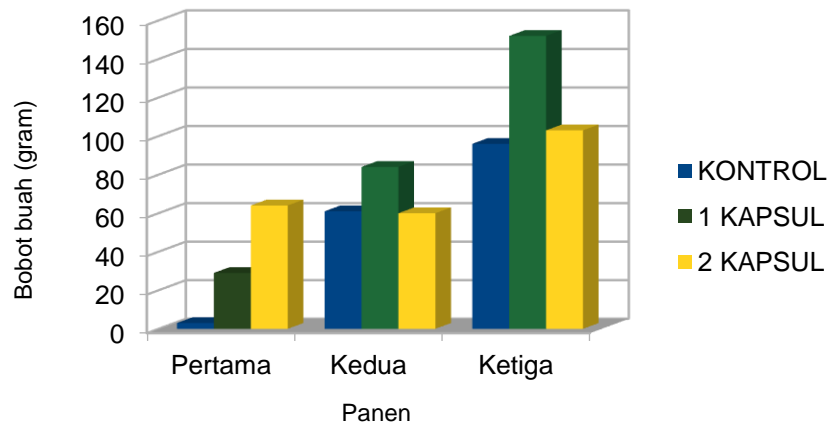
Perlakuan	6 MST	8 MST		Infeksi akar (%)	Kriteria*	
	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	∑ Bunga			∑ Buah
Kontrol	2.99b	36.58b	6.40	2.40b	20.00b	Rendah
1 Kapsul	3.93a	44.00ab	11.20	8.00a	66.67a	Tinggi
2 Kapsul	4.55a	49.89a	8.00	12.33a	63.33a	Tinggi

Keterangan :

\*Kriteria berdasarkan metode Rajapakse dan Miller (1992)

- Sangat Rendah = 0 – 5 %
- Rendah = 6 - 25 %
- Sedang = 26 - 50 %
- Tinggi = 51 - 75 %
- Sangat tinggi = 76 - 100 %

Tanaman cabai rawit yang diberikan kapsul mikoriza mengalami pertumbuhan generatif lebih cepat dibandingkan kontrol. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap pembentukan buah cabai rawit (Tabel 1). Pembungaan dan pembuahan cabai rawit juga lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan kontrol. Pada umur 4 MST, perlakuan 2 kapsul mikoriza telah berbunga dan pada umur 6 MST pemberian kapsul mikoriza telah berbuah (Gambar 1). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Milla *et al.* (2016), bahwa umur saat berbunga, umur saat berbuah dan umur saat panen pertama pada perlakuan beberapa waktu pemberian pupuk Mikoriza selalu lebih awal atau lebih cepat dibandingkan dengan kontrol (tanpa pemberian pupuk Mikoriza) pada tanaman cabai paprika. Pemberian 1 kapsul mikoriza dapat memperbanyak jumlah bunga sebesar 75% dan pemberian 2 kapsul mikoriza dapat memperbanyak jumlah buah sebesar 413.75% dibandingkan kontrol.



**Gambar 2.** Grafik panen cabai rawit selama 3 kali panen

Cabai rawit dipanen saat umur 8 MST. Pada panen pertama, cabai rawit yang diberikan 2 kapsul mikoriza memiliki bobot terberat yaitu 64 gram, sedangkan pemberian 1 kapsul mikoriza memiliki bobot 29 gram, dan kontrol memiliki bobot 3 gram. Pada panen kedua dan ketiga, pemberian 1 kapsul mikoriza memiliki bobot terberat dibandingkan perlakuan yang lain (Gambar 2). Pada panen kedua, pemberian 1 kapsul mikoriza menghasilkan buah dengan bobot 37.7% lebih berat dibandingkan kontrol. Pada panen ketiga, pemberian 1 kapsul mikoriza menghasilkan buah dengan bobot 58.33% lebih berat dibandingkan kontrol (Gambar 3).

Pemberian mikoriza dapat meningkatkan bobot basah dan bobot kering buah cabai. Bobot basah dan bobot kering tertinggi dihasilkan pada tanaman yang diberi perlakuan mikoriza 5 gram per



tanaman (Madusari *et al.*, 2018).

**Gambar 3.** Panen buah cabai rawit kedua (a) dan ketiga (b)

Rata-rata infeksi akar mikoriza pada tanaman cabai rawit tinggi untuk yang diberikan kapsul dan rendah untuk kontrol (Tabel 1). Infeksi spora mikoriza ditandai dengan adanya hifa/vasikula/arbuskula di dalam jaringan akar. Hasil pengamatan menunjukkan infeksi mikoriza banyak ditemukan hifa (Gambar 4). Pada umur 2 bulan spora mikoriza sudah masuk menginfeksi akar dan sedang proses memperbanyak hifa. Hifa tersebut kemudian menjadi banyak dan selanjutnya berubah menjadi vasikula (tempat menyimpan makanan cadangan). Spora mikoriza baru dalam tahap penetrasi masuk menginfeksi akar cabai rawit .



**Gambar 4.** Perbandingan kontrol, pemberian 1 kapsul dan 2 kapsul mikoriza (a), Hifa diakar cabai rawit (b)

### Cabai Keriting

**Tabel 2.** Pertumbuhan vegetatif dan generatif serta infeksi akar pada tanaman cabai keriting

Perlakuan	6 MST	8 MST		Infeksi akar (%)	Kriteria*
	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	∑ Bunga		
Kontrol	4.66ab	40.44b	4.80b	0.30b	Sedang
1 Kapsul	2.68b	47.02b	22.60a	2.30b	Tinggi
2 Kapsul	4.93a	57.26a	18.80a	5.44a	Sedang

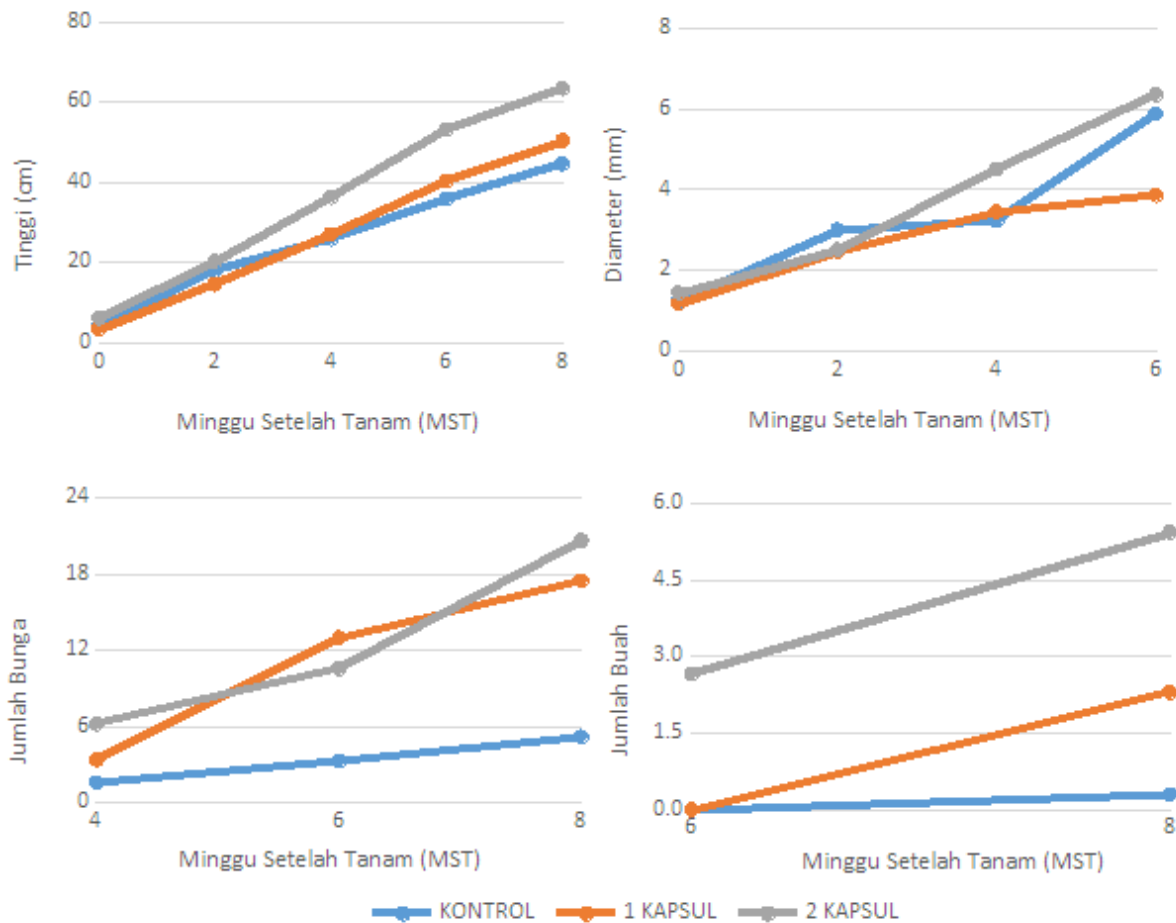
Keterangan :

\*Kriteria berdasarkan metode Rajapakse dan Miller (1992)

- Sangat Rendah = 0 – 5 %
- Rendah = 6 - 25 %
- Sedang = 26 - 50 %

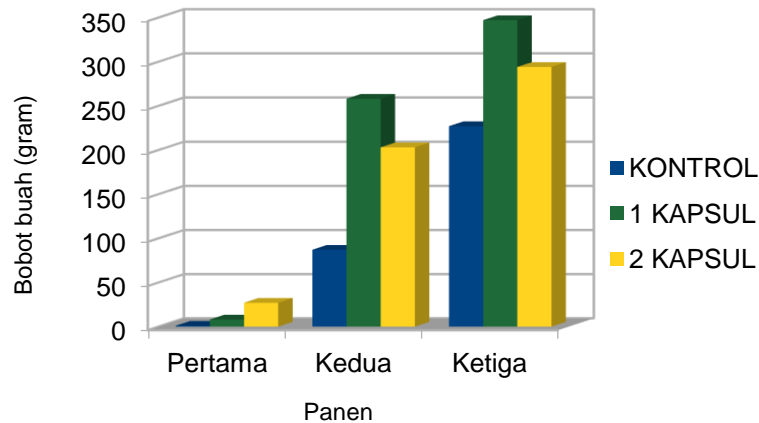
- Tinggi = 51 - 75 %
- Sangat tinggi = 76 - 100 %

Tanaman cabai keriting yang diberikan kapsul mikoriza mengalami pertumbuhan vegetatif lebih cepat dibandingkan kontrol. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa 2 kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter cabai keriting (Tabel 2). Pemberian 2 kapsul mikoriza dapat mempercepat pertumbuhan tinggi sebesar 41.59% dan diameter sebesar 5.79% dibandingkan kontrol. Hal ini sama dengan hasil penelitian cabai rawit diatas. Demikian pula dengan penelitian Arma *et al.* (2013), bahwa pemberian mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman tanpa pemberian mikoriza pada tanaman cabai.



**Gambar 5.** Pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai keriting

Tanaman cabai keriting yang diberikan kapsul mikoriza mengalami pertumbuhan generatif lebih cepat dibandingkan kontrol. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian 2 kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap pembentukan bunga dan buah cabai keriting (Tabel 2). Pembungaan dan pembuahan cabai keriting juga lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan kontrol. Pada umur 4 MST, perlakuan kapsul mikoriza telah banyak yang berbunga dan pada umur 6 MST pemberian 2 kapsul mikoriza telah berbuah (Gambar 5). Pemberian 1 kapsul mikoriza dapat memperbanyak jumlah bunga sebesar 370.83% dan pemberian 2 kapsul mikoriza dapat memperbanyak jumlah buah sebesar 1,713.33% dibandingkan kontrol.



**Gambar 6.** Grafik panen cabai keriting selama 3 kali panen

Cabai keriting dipanen saat umur 8 MST. Cabai keriting yang diberikan 2 kapsul mikoriza memiliki bobot terberat yaitu 27 gram, sedangkan pemberian 1 kapsul memiliki bobot 8 gram, dan kontrol memiliki bobot 1 gram (Gambar 6). Pada panen kedua dan ketiga, pemberian 1 kapsul mikoriza memiliki bobot terberat dibandingkan perlakuan yang lain. Pada panen kedua, pemberian 1 kapsul mikoriza menghasilkan buah dengan bobot 196.55% lebih berat dibandingkan kontrol. Pada panen ketiga, pemberian 1 kapsul mikoriza menghasilkan buah dengan bobot 52.86% lebih berat dibandingkan kontrol (Gambar 7). Peningkatan bobot buah cabai sejalan dengan penelitian Milla *et al.* (2016), yang menunjukkan bahwa berat segar buah pertanaman perlakuan pemberian pupuk Mikoriza selalu memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (tanpa pemberian pupuk Mikoriza).



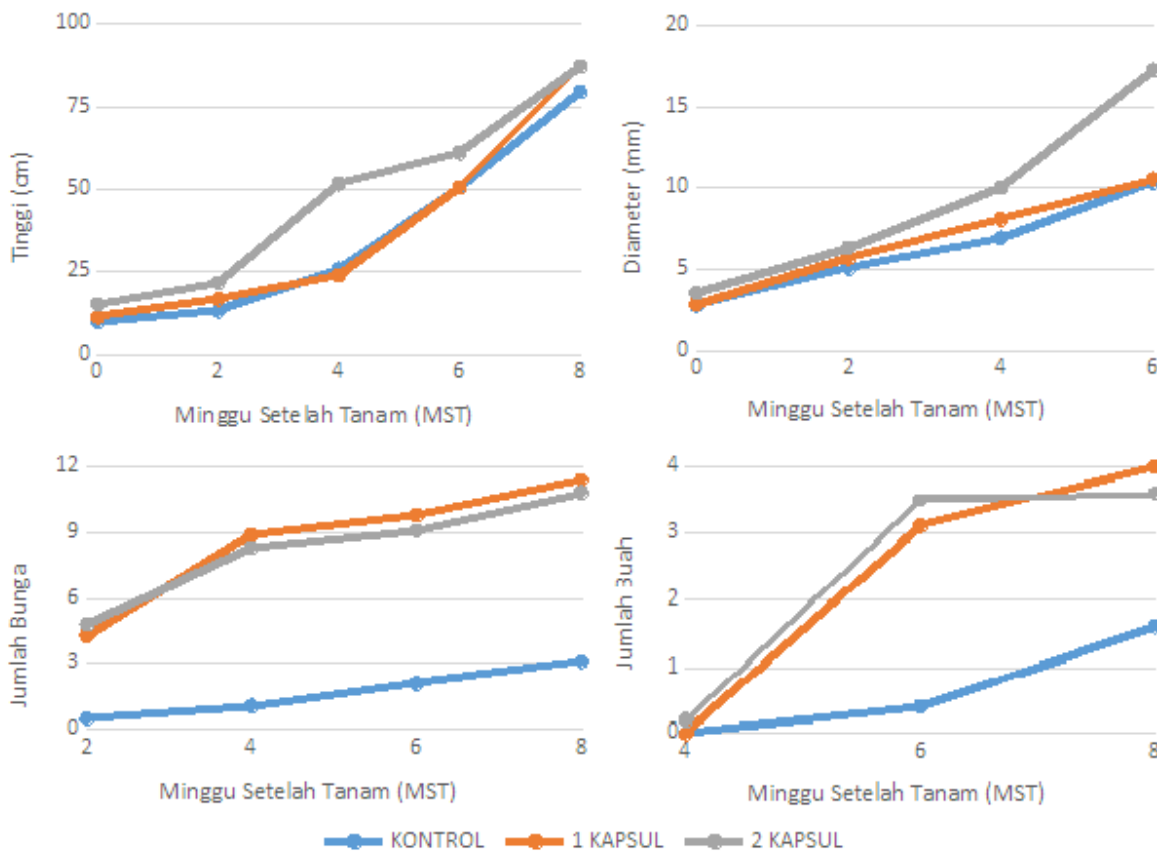
**Gambar 7.** Panen buah cabai keriting kedua (a) dan ketiga (b)

Rata-rata infeksi akar mikoriza pada tanaman cabai keriting sedang-tinggi (Tabel 2). Hasil pengamatan menunjukkan infeksi mikoriza banyak ditemukan hifa (Gambar 8). Sama seperti pada cabai rawit, spora mikoriza baru dalam tahap penetrasi masuk menginfeksi akar cabai keriting.



**Gambar 8.** Perbandingan kontrol, pemberian 1 kapsul mikoriza dan 2 kapsul mikoriza (a), Hifa diakar cabai keriting (b)

**Tomat**



**Gambar 9.** Pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman tomat

Tanaman tomat yang diberikan kapsul mikoriza mengalami pertumbuhan vegetatif lebih cepat dibandingkan kontrol (Gambar 9). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian 2 kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter batang tomat (Tabel 3). Pemberian 1 kapsul mikoriza dapat mempercepat pertumbuhan tinggi sebesar 9.39% dan pemberian 2 kapsul mikoriza dapat mempercepat pertumbuhan diameter sebesar 81.61% dibandingkan kontrol.

**Tabel 3.** Pertumbuhan vegetatif dan generatif serta infeksi akar pada tanaman tomat

Perlakuan	6 MST	8 MST		Infeksi akar (%)	Kriteria*	
	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Σ Bunga			Σ Buah
Kontrol	7.56b	69.40	3.10b	1.60b	10.00b	Rendah
1 Kapsul	7.70b	75.92	11.40a	4.00a	43.33a	Sedang
2 Kapsul	13.73a	72.03	10.80a	3.60a	50.00a	Sedang

Keterangan :

\*Kriteria berdasarkan metode Rajapakse dan Miller (1992)

- Sangat Rendah = 0 – 5 %
- Rendah = 6 - 25 %
- Sedang = 26 - 50 %
- Tinggi = 51 - 75 %
- Sangat tinggi = 76 - 100 %

Tanaman tomat yang diberikan kapsul mikoriza mengalami pertumbuhan generatif lebih cepat dibandingkan kontrol. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap perbanyakannya bunga dan buah tomat (Tabel 3). Pembungaan dan pembuahan tomat juga lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan kontrol. Pemberian 1 kapsul mikoriza dapat memperbanyak jumlah bunga sebesar 267.74% dan jumlah buah sebesar 150% dibandingkan kontrol. Gunandi *et al.* (2007) menyatakan bahwa jumlah bunga per tanaman pada perlakuan dengan mikoriza lebih banyak dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa mikoriza. Tomat dipanen saat umur 8 MST. Tomat yang diberikan 2 kapsul mikoriza memiliki bobot terberat yaitu 842 gram, sedangkan pemberian 1 kapsul memiliki bobot 390 gram, dan kontrol memiliki bobot 114 gram. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aulia *et al.* (2016), tomat yang mendapatkan perlakuan pupuk hayati + mikoriza menghasilkan buah dengan bobot segar 122 g lebih berat daripada tanpa perlakuan.



**Gambar 10.** Perbandingan kontrol, pemberian 1 kapsul mikoriza dan 2 kapsul mikoriza (a), Hifa diakar tomat (b)

Rata-rata infeksi akar mikoriza pada tanaman tomat sedang (Tabel 3). Hasil pengamatan menunjukkan infeksi mikoriza banyak ditemukan hifa (Gambar 10). Sama seperti pada cabai rawit dan cabai keriting, spora mikoriza baru dalam tahap penetrasi masuk menginfeksi akar tomat.

## KESIMPULAN

Pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai rawit, cabai keriting, dan tomat lebih cepat ketika diberikan kapsul mikoriza MZ2000 dibandingkan kontrol. Rata-rata parameter pengamatan pada tanaman cabai rawit, cabai keriting, dan tomat terbaik pada pemberian 2 kapsul mikoriza. Pemberian dua kapsul mikoriza pada tanaman cabai rawit berpengaruh nyata terhadap tinggi, diameter, dan jumlah buah masing-masing sebesar 36.39%, 52.17%, dan 413.75% dibanding kontrol. Pada cabai keriting pemberian dua kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi, jumlah bunga dan jumlah buah masing-masing sebesar 41.59%, 291.67%, dan 1713.33% dibanding kontrol. Pada tomat pemberian satu kapsul mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi, jumlah bunga dan jumlah buah masing-masing 9.39%, 267.74%, dan 150% dibanding kontrol. Infeksi akar tanaman cabai rawit, cabai keriting, dan tomat yang diberikan kapsul mikoriza di atas 50% yang tergolong sedang-tinggi. Kapsul mikoriza efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman cabai rawit, cabai keriting dan tomat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arma, M.J., Risnawati, Gusnawaty, H.S. 2013. Pengaruh fungi mikoriza arbuskula dan nutrisi organik terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah besar (*Capsicum annuum L.*). *Jurnal Agroteknos.* 3: 133-138.
- Aulia, F., Susanti, H., Fikri, E.N. 2016. Pengaruh pemberian pupuk hayati dan mikoriza terhadap intensitas serangan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. *Ziraa'ah.* 41: 250-260.
- Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Hortikultura, 2020. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61> [Diakses pada tanggal 28 September 2020].
- Gunandi, N. dan Subhan. 2007. Respons tanaman tomat terhadap penggunaan jamur mikoriza di lahan marjinal. *J. Hort.* 17: 138-149.
- Madusari, S., Yama, D.I., Jumardin, Liadi, B.T., dan Baedowi, R.A. 2018. Pengaruh inokulasi jamur mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai (*Capsicum annuum L.*). [jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek](http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek).
- Milla, Y.N., Widnyana, I.K., Pandawani, N.P. 2016. Pengaruh waktu pemberian pupuk mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman paprika (*Capsicum annum var. grossum L.*). *Agrimeta: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem.* pp 66-76. <https://media.neliti.com/media/publications/89866-ID-pengaruh-waktu-pemberian-pupuk-mikoriza.pdf>
- Rajapakse, S. and Miller, J.J.C. 1992. Methods for studying vesicular–arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. *Methods Microbiol,* 24: 302–316.
- Reguar, M., Mikus, K.V., and Severkar, T. 2003. Effect of AMF inoculums from field isolates on the yield of green pepper, parsley, carrot, and tomato. *Folia Geobotanica.* 38: 223-234.
- Wubet, T., Kottke, I., Teketay, D., and Oberwinkler, F. 2003. Mycorrhizal status of indigenous trees in dry afro-montane forest of Ethiopia. *Ethiopian Agricultural Research. Forest Ecology And Management.* 179: 387 – 399.

## **Status Dan Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Kemiringan Lahan Agak Curam Di Perkebunan Malabar**

Oleh:

**Rahmat Saputra**

Pegawai Balai Pengelolaan Hutan Produksi Wilayah I Banda Aceh, Jalan Cut Nyak Dhien Km 1,2 Banda Aceh (Email : rahmatsaputra.270592@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di dalam tanah memiliki keanekaragaman yang berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan banyak faktor seperti kemiringan lahan. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui status dan keanekaragaman FMA pada lahan dengan klasifikasi kemiringan agak curam sehingga dapat memberikan rekomendasi pemupukan di lokasi tersebut. Metode yang digunakan adalah pengambilan sampel secara acak di Perkebunan Malabar. Hasil yang diperoleh dari pengamatan pada lahan dengan klasifikasi kemiringan agak curam, jumlah spora dapat dipengaruhi tingkat ketinggian sedangkan keanekaragaman FMA tidak dipengaruhi tingkat ketinggian. Spora terbanyak ada pada sampel tanah di tingkat ketinggian paling tinggi. Oleh karena itu, sebaiknya pemberian pupuk dengan kuantitas besar dilakukan pada tanaman budidaya di tingkat ketinggian paling tinggi.*

**Kata kunci** : spora, ketinggian, pemupukan

### **PENDAHULUAN**

Agroforestri menjadi salah satu dari banyak sistem yang dapat digunakan dalam kegiatan budidaya. Sistem agroforestri merupakan sistem perpaduan antara tanaman pertanian (semusim) dengan tanaman kehutanan (tahunan) (Prayudyaningsih *et al.*, 2013; Agustina *et al.*, 2013). Sistem tersebut dapat dijadikan sebagai solusi untuk meningkatkan produktivitas suatu lahan ketika lahan yang dikelola tidak memenuhi target produksi. Namun produktivitas dari suatu lahan tidak hanya dipengaruhi sistem agroforestri, faktor lain yang mendukung juga dapat mempengaruhi hal tersebut. Produktivitas erat kaitannya dengan pengelolaannya dimana pemeliharaan diasumsikan memiliki peran yang besar.

Pemeliharaan umumnya terdiri dari penyulaman, penyiraman, pemupukan, dan pengendalian (hama penyakit). Pemupukan adalah tahapan pemeliharaan yang mengeluarkan biaya cukup besar saat kegiatan dilakukan. Oleh karena itu, kegiatan pemupukan perlu dilakukan sebaik mungkin dengan mempertimbangkan banyak hal. Metode menjadi salah satu yang perlu dipertimbangkan tetapi masih ada beberapa hal yang dapat dipertimbangkan seperti peran mikroorganisme di dalam tanah. Peran mikroorganisme dapat dijadikan sebagai peluang besar sehingga pemupukan yang dilakukan menjadi optimal.

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) atau mikoriza merupakan mikroorganisme tanah yang dapat membantu pertumbuhan tanaman. Mikoriza adalah bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan perakaran tanaman (Nurhalimah *et al.*, 2014; Warouw dan Kainde, 2010). Pada tanaman kehutanan, FMA dapat ditemukan pada jabon (*Anthocephalus cadamba*) (Budi dan Dewi, 2016), suren (*Toona sureni*) (Irianto, 2014), dan mahoni (*Swietenia mahagoni*) (Simamora *et al.*, 2015a) sedangkan FMA pada tanaman pertanian dapat ditemukan pada iles-iles (*Amorphophallus campanulatus*) (Prayudyaningsih dan Nursyamsi, 2015), sorgum manis (*Sorghum bicolor*) (Rupaedah, 2014), dan jagung (*Zea mays*) (Sianturietal,

2015). Hal ini menunjukkan bahwa FMA mampu bersimbiosis pada banyak tanaman (Nurhalimah *et al.*, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui status FMA pada kemiringan lahan agak curam di Perkebunan Malabar dan (2) mengetahui keanekaragaman FMA pada kemiringan lahan agak curam di Perkebunan Malabar. Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk: (1) pertimbangan terhadap pemupukan yang dilakukan di Perkebunan Malabar dan (2) bisa dijadikan informasi terhadap keanekaragaman FMA.

## **METODE**

### **Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian**

Lokasi penelitian untuk pengambilan data berada di BKPH Banjaran (KPH Bandung Selatan) serta tempat pengamatan sampel penelitian di Laboratorium Teknologi Mikoriza dan Peningkatan Kualitas Bibit Departemen Silvikultur, Kehutanan IPB. Penelitian dilakukan pada November 2017 sampai Juli 2018.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan, yaitu cangkul, pisau belati, spidol, counter, sieve (satu set penyaring berukuran diameter mata saring 500 $\mu$ m, 125 $\mu$ m, dan 63 $\mu$ m), piala gelas (Beakerglass), tabung sentrifugasi, cawan Petri, penyaring teh, pinset, object glass, coverslip, jarum, tusuk gigi, mikroskop stereo, dan mikroskop compound. Bahan yang digunakan, yaitu akar tanaman, kantong plastik, kertas label, contoh tanah yang dikompositkan, air, sukrosa 60%, spora hasil penyaringan, larutan PVL Gataupolyvinil lactoglycerol, air destilata, KOH 10%, HCl 2%, larutan laktogliserin atau destaining, dan larutan pewarna biru tripan.

### **Prosedur Percobaan**

#### **A. Pengambilan Contoh Tanah dan Akar**

Metode yang digunakan untuk pengambilan contoh tanah dan akar menurut Nusantara *et al.* (2012). Luasan atau areal yang akan diteliti potensi FMA ditentukan terlebih dahulu dan diperhatikan sebaran nabatah, kelerengan, budidaya tanaman, dan sebagainya. Akar tanaman beserta tanah diangkat dengan bantuan cangkul. Tanaman sebaiknya tidak dicabut secara paksa karena dapat menyebabkan tertinggalnya sebagian akar di dalam tanah (khusus tanaman pertanian). Jenis pohon sebagai tanaman inang, diduga terlebih dahulu letak ujung akar dimana dirunut dari akar lateral yang besar. Kemudian digali menggunakan pisau belati agar tidak merusak akar tanaman. Akar pohon yang dikumpulkan adalah akar berdiameter < 1 mm. Tanah dan akar diambil dari beberapa titik pengamatan yang memiliki nabatah hampir sama dan dijadikan satu agar menjadi contoh komposit. Setiap tanaman inang diwakili oleh satu contoh komposit tanah dan akar. Pengamatan keanekaragaman pada individu tanaman atau pohon dari jenis yang sama maka satu wadah (kantong plastik) berisi satu tanaman.

Label diletakkan pada bagian luar kantong plastik. Label tersebut bertuliskan informasi mengenai tanggal dan lokasi pengambilan sampel, jenis tanaman, tata guna lahan (*land use*), dan informasi lainnya. Tulisan pada label sebaiknya tidak hilang karena basah atau gesekan. Kantong plastik dibiarkan tetap terbuka selama beberapa saat. Ini bertujuan untuk membiarkan tanah sudah cukup dingin dan akar harus segera diproses sesampainya di laboratorium atau dimasukkan ke lemari pendingin jika tidak dapat langsung diproses. Akar dicuci bersih kemudian di simpan dalam larutan alkohol 75%. Simpanan akar dapat digunakan untuk menganalisis karakter-karakter morfologi FMA dalam akar tetapi tidak digunakan untuk analisis terhadap keheraan dan biokimia (Nusantara *et al.*, 2012).

## **B. Ekstraksi Spora**

Metode yang digunakan untuk ekstraksi spora menurut Nusantara *et al.* (2012). Contoh tanah dimasukkan ke dalam wadah, air ditambahkan secukupnya. Agregat tanah dapat dihancurkan dengan diremas menggunakan tangan yang selanjutnya dilakukan pengadukan. Akar-akar tanaman yang menempel di agregat atau bongkah tanah dapat dikeluarkan. Akar sebaiknya tidak dibuang, akar dapat digunakan untuk prosedur berikutnya karena kebanyakan dari FMA membentuk spora intra radikal kecuali *Gigaspora sp.* Dan beberapa genus FMA lainnya. Suspensi tanah dan akar dituangkan ke penyaring bertingkat. Bagian teratas ialah penyaring dengan ukuran terbesar (500 $\mu$ m) dan bagian terbawah ialah penyaring dengan ukuran terkecil (63 $\mu$ m). Ukuran saringan antara 38-63  $\mu$ m dapat menangkap sebagian besar spora FMA. Biasanya partikel-partikel liat masih terbawa sehingga dapat mengotori hasil penyaringan.

Endapan yang ada pada penyaring terbawah (ukuran lubang paling kecil) dipindahkan ke gelas piala (Beaker glass) dengan bantuan air dari botol semprot. Selanjutnya diaduk dan dituang ke tabung sentrifugasi. Tinggi ekstrak sebaiknya tidak melebihi 1 cm dan harus tersedia cukup ruangan agar suspensi tidak tumpah. Larutan gula 60% dituangkan ke dalam suspensi tanah sebanyak 2 kali dari volume ekstrak. Lalu dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 5 menit. Spora akan mengapung ke permukaan penyaring berukuran 63  $\mu$ m, segera disiram dengan air mengalir untuk mencegah terjadinya lisis spora. Semprotan air dari botol semprot dapat membantu dalam memindahkan spora ke cawan Petri (Nusantara *et al.*, 2012).

## **C. Identifikasi Morfologi Spora**

### **1. Populasi Spora**

Populasi spora ditentukan berdasarkan jumlah spora hasil penyaringan (sieving). Cawan Petri disiapkan dan dibuat garis grid pada bagian bawahnya, masing-masing selebar 0.5cm atau 1.0 cm tergantung kepada jumlah spora. Garis grid dapat dibuat pada kertas saring sebagai alas dari cawan Petri. Hasil penyaringan (air bercampur spora) dituangkan ke cawan Petri. Jumlah spora dihitung dengan bantuan mikroskop pada setiap bidang pandang sampai seluruh cawan Petri teramati. Jumlah spora dinyatakan dalam spora per 50 g tanah (Brundrett *et al.*, 1996).

Penyaringan menggunakan kertas saring dapat memudahkan pengamatan. Ini dapat dilakukan dengan cara menyaring kembali hasil penyaringan di cawan Petri. Pengamatan untuk populasi spora dan pengambilan spora pada preparat kering menjadi lebih cepat menggunakan metode ini. Spora yang diamati, dihitung dengan counter. Saat memindahkan spora pada kertas saring dapat menggunakan jarum atau tusuk gigi.

### **2. Pembuatan Preparat Kering**

Object glass disiapkan, pada bagian sebelah kiri diteteskan larutan PVLG dan bagian sebelah kanan diteteskan larutan Melzer. Spora sejenis 5-10 bentuk diletakkan pada setiap tetes larutan tersebut, kemudian masing-masing bagian ditutup dengan coverslip. Spora dipecahkan dengan cara ditekan permukaan coverslip dengan tusuk gigi. Object glass diletakkan pada mikroskop compound. Bila sudah kering, diolesi tepi cover slip dengan cutex yang jernih agar coverslip tidak lepas sekaligus mencegah masuknya kotoran. Ciri morfologi spora yang diamati untuk genus adalah berdasarkan ukuran, warna, lapisan dinding sel, ornamen, dan bentuk hifa yang melekat pada dinding spora (bulbous suspensor, dudukan hifa, atau *subtending hyphae*) sedangkan ciri i morfologi dalam membedakan spesies adalah warna dan bentuk. Gambar spora diambil dengan kamera digital (Brundrett *et al.*, 1996).

#### D. Pewarnaan Akar

Metode yang digunakan untuk pewarnaan akar menurut Philips dan Hayman (1970). Akar dicuci sampai bersih dengan air destilata, pencucian 3 kali biasanya sudah cukup bersih. Selanjutnya direndam dalam KOH 2.5% selama 2 hari. Akar dicuci dengan air 3-5 kali, digunakan penyaring teh sebagai wadah. Jika akarnya masih tetap berwarna kelam, rendam kembali semalam. Kemudian dicuci dengan air 3-5 kali. Lalu direndam akar dalam HCl 2% selama 12 jam sampai pH larutan mencapai 0.8-1.4. Akar direndam dalam larutan pewarna biru tripan dingin selama 1218 jam. Berikutnya direndam dalam larutan destaining untuk menghilangkan kelebihan larutan pewarna biru tripan. Akar dipotong sepanjang <1cm dan kemudian letakkan berjajar pada object glass. Setiap 5 potong akar ditutup dengan sebuah cover slip. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase akar terkolonisasi sebagai berikut:

$$\text{persentase akar terkolonisasi} = \frac{\sum \text{bidang pandang bermikoriza}}{\sum \text{bidang pandang pengamatan}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Agroforestri di Perkebunan Malabar

Perkebunan Malabar merupakan salah satu perkebunan kopi di Indonesia dan nama dari perkebunan ini sudah dikenal secara nasional dan internasional. Luas perkebunan sekitar ±150ha yang terbagi menjadi beberapa blok dengan komoditi agroforestri yang berbeda-beda. Keunikan dari pengelolaan di perkebunan ini, yaitu terdapat rorak di setiap lahann yang berguna dalam pengomposan. Kopi dan suren menjadi komponen pada agroforestri yang mendominasi. Varietas kopi di perkebunan tersebut juga beragam seperti Sigarar Utang, Andungsari, Yellow Caturra, dan lain-lain. Sigarar Utang menjadi varietas unggulan sehingga banyak dibudidayakan karena hasil panen yang tergolong tinggi di setiap lahan. Lahan di perkebunan tersebut juga cukup beragam antara datar sampai agak curam. Namun lahan yang diamati adalah lahan dengan klasifikasi agak curam (15% -25%) atau kelas lereng 8° -16°.

### Status dan Keanekaragaman FMA

FMA umumnya terdapat di dalam tanah tepatnya daerah perakaran dan hampir setiap jenis tanaman mampu bersimbiosis dengan FMA. Keberadaan dari FMA pada tanaman dapat dilihat melalui persentase kolonisasi dan jumlah spora. Oleh karena itu, contoh tanah dan contoh akar yang diambil di lapangan menjadi objek untuk pengamatan. Hasil pengamatan mengenai FMA disajikan pada Tabel 1.

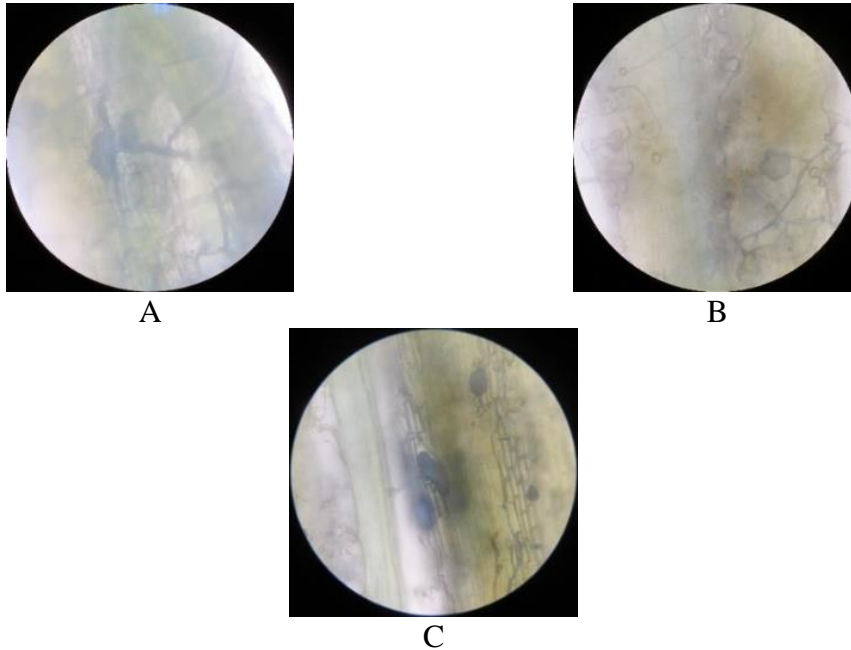
**Tabel 1.** Persentase kolonisasi, jumlah spora, dan tipe morfologi spora FMA pada lahan pengamatan di Perkebunan Malabar

PC	Persentase Kolonisasi	Jumlah Spora	Tipe Morfologi	Status	Keterangan (m dpl)
1	69.1	116	3	K, S	1580
2	71.1	153	3	K, S	1585
3	71.9	202	4	K, S	1590
4	77.4	259	4	K, S, E	1595
5	77.4	272	4	K, S, E	1600

Keterangan: PC = Petak Contoh, K = Kopi, S = Suren, E = Ekaliptus

Pada Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa persentase kolonisasi, jumlah spora, dan tipe morfologi berpengaruh terhadap kemiringan lahan. Kemiringan lahan berbanding lurus


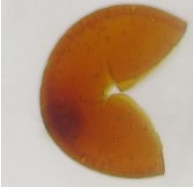
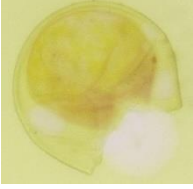




dengan persentase kolonisasi, jumlah spora, dan tipe morfologi. Lalu ditinjau dari manfaat FMA terhadap tanaman yang besar seperti peningkatan pertumbuhan, tanaman (Prayudyaningsih *et al.*, 2013; Nurhalimah *et al.*, 2014; Muryati, 2016), resistensi penyakit khususnya penyakit akar (Husna *et al.*, 2016), dan lain-lain maka kegiatan pemupukan dalam upaya pemeliharaan dapat disesuaikan. Penyesuaian tersebut berupa tingkat pemupukan secara optimal dengan cara pemupukan yang akan dilakukan berbanding terbalik antara ketinggian tempat dan jumlah pupuk.



**Gambar 1.** Beberapa tanda kolonisasi FMA dengan perbesaran 40 x: (a) vesikula berbentuk lonjong pada akar, (b) vesikula berbentuk tidak beraturan pada akar, (c) tanda kolonisasi berupa hifa, vesikula, dan arbuskula pada akar

Pengamatan akar dilakukan untuk memperkuat asumsi bahwa spora yang diamati merupakan spora yang berasal dari inang yang diamati. Tanda-tanda jika terjadinya simbiosis antara FMA dengan tanaman, ditemukannya hifa, vesikula, atau arbuskula di akar tanaman seperti pada Gambar 1. Pada pengamatan yang dilakukan dapat diperoleh asumsi bahwa jumlah spora dapat dipengaruhi oleh persentase kolonisasi. Hal ini sesuai dengan Delvian (2010) yang menyatakan bahwa kepadatan spora yang besar dapat dipengaruhi oleh persentase kolonisasi yang tinggi.

**Tabel 2.** Identifikasi beberapa spora FMA dari contoh tanah di Perkebunan Malabar

Spora	Morfologi (perbesaran 40 x)
	Berwarna coklat kekuningan dan berbentuk bulat
Glomus sp.1	
	Berwarna coklat kemerahan dan berbentuk bulat
Glomus sp.2	
	Berwarna kuning dan ungu, berbentuk bulat, berlapis dinding, dan bereaksi dengan Melzer
Acaulospora sp.1	
	Berwarna kuning dan orange, berbentuk bulat, berlapisan dinding, dan bereaksi dengan Melzer
Acaulospora sp.2	
	Berwarna putih kecokelatan dan berbentuk bulat
Glomus sp.3	
	Berwarna coklat muda dan berbentuk bulat
Glomus sp.4	
	Berwarna orange dan berbentuk bulat
Glomus sp.5	

Keanekaragaman FMA ditentukan berdasarkan perbedaan spora yang ditemukan melalui pengamatan. Pada pengamatan ditemukan Glomus sebanyak 5 tipe dan Acaulospora sebanyak 2 tipe untuk seluruh contoh tanah yang diambil di lapangan sesuai pada Tabel 2. Tipe tersebut secara umum sering ditemukan ketika pengamatan contoh tanah. Hal ini sesuai dengan Sianturi *et al.* (2015), Zulfredi *et al.* (2015), dan Sihombing *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa Glomus dan Acaulospora adalah jenis yang sering ditemukan di seluruh contoh tanah pengamatan pada umumnya.

## KESIMPULAN

Spora terbanyak ada pada sampel tanah di tingkat ketinggian paling tinggi. Oleh karena itu, sebaiknya pemberian pupuk dengan kuantitas besar dilakukan pada tanaman budidaya di tingkat ketinggian paling tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu dalam berjalannya penelitian ini karena tanpa hal tersebut maka penelitian ini mungkin sulit untuk diselesaikan. Ucapan terima kasih terkhusus kepada teman-teman di Silvikultur Tropika Universitas IPB Angkatan 2016 juga tidak lupa untuk penulis sampaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, N., Kivat, W.E., Alya, R.T., dan Ulinuha, Z. 2013. Upaya pemanfaatan lahan bekas tambang dengan teknologi kombinasi agroforestri dan mikoriza arbuskula (MVA) untuk mendukung Indonesia swasembada pangan. Di dalam: editor. *Pemanfaatan Lahan Marjinal Berbasis Sumberdaya Lokal untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional*. Purwokerto.
- Brundrett, M.C, Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Budi, S.W. dan Dewi, A.P. 2016. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula di bawah tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*) di Madiun, Jawa Timur. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(3):146-152.
- Delvian. 2010. Keberadaan cendawan mikoriza arbuskula di hutan pantai berdasarkan gradien salinitas. *JID*. 11(2):133-142.
- Husna, Budi, R.S.W., Mansur, I, dan Kusmana, C. 2016. Growth and nutrient status of kayu kuku (*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw) with mycorrhiza in soil media of nickel post mining site. *Pak J Biol Sci*. 19(4):158-170.
- Irianto, R.S.B. 2014. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan bibit suren (*Toona sureni* Merr) dalam menunjang keberhasilan konservasi ex-situ. *JPHKA*. 11(3):315-323.
- Muryati, S., Mansur, I, dan Budi, S.W. 2016. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizosfer *Desmodium* spp. asal PT. Cibaliung Sumberdaya, Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(3):188-197.

- Nurhalimah, S., Nurhatika, S., dan Muhibuddin A. 2014. Eksplorasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) indigenous pada tanah regosol di Pamekasan, Madura. *JSS POMITS*. 3(1):2337-3520.
- Nusantara, A.D., Bertham, Y.H, dan Mansur, I. 2012. *Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula*. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP.
- Phillips, J.M. and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transact Brit Mycol Soc*. 55:158-161.
- Prayudyaningsih, R. dan Nursyamsi. 2015. Keragaman tanaman umbi dan fungi mikoriza arbuskula (FMA) di bawah tegakan hutan rakyat Sulawesi Selatan. *Wallacea*. 4(1):81-92.
- Prayudyaningsih, R., Prasetyawati, C.A., dan Allo, M.K. 2013. Aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pot media semai dalam rehabilitasi lahan bekas tanah longsor dengan pola tanam agroforestri di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. hlm. 1-10 in *Seminar Nasional Agroforestry*. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. Banjarbaru.
- Rupaedah, B. 2014. Peranan fungi mikoriza arbuskula dan rizobakteri dalam meningkatkan produksi gula dan efisiensi penyerapan hara sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sianturi, R.P., Delvian, dan Elfiati, D. 2015. Keanekaragaman mikoriza arbuskula pada beberapa tegakan di areal arboretum, Universitas Sumatera Utara. *PFSJ*. 4(2):128-138.
- Sihombing, S.A., Delvian, dan Elfiati, D. 2016. Eksplorasi mikoriza pada lahan bekas tambang emas masyarakat di Mandailing Natal. *PFSJ*. 5(3):17-25.
- Simamora, A.S, Delvian, dan Elfiati, D. 2015a. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula pada Hutan Tri Dharma Universitas Sumatera Utara. *PFSJ*. 4(4):133-141.
- Warouw, V., dan Kainde, R.P. 2010. Populasi jamur mikoriza vesikular arbuskular (MVA) pada zone perakaran jati. *Eugenia*. 16(1):38-45.
- Zulfredi, Elfiati D, dan Delvian. 2015. Status dan keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada lahan produktif dan lahan non produktif. *PFSJ*. 4(4):124-132.

## **Pengaruh Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif pada Tanaman Singkong**

Oleh:

**Fatimah Nur Istiqomah<sup>1\*</sup>, Rahayu Ning Janati<sup>1</sup>, Atok Urasid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> PT Intidaya Agrolestari, Jl Raya Jampang Karihkil Km 7, Cibeteung Udik, Ciseeng, Bogor

\*E-mail: [fatimah.mikoriza@inagro.co.id](mailto:fatimah.mikoriza@inagro.co.id)

### **ABSTRAK**

*Mikoriza merupakan sejenis pupuk hayati yang terbuat dari jamur. Mikoriza hidup di dalam akar tanaman dan membentuk simbiosis mutualise antara akar tanaman dengan jamur mikoriza, dimana keduanya saling menguntungkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikoriza “MZ2000” terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman singkong. Penelitian berlangsung selama 6 bulan di lahan percobaan dan laboratorium PT. Intidaya Agrolestari, Bogor. Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK) dengan 2 perlakuan, yaitu mikoriza MZ2000 10 gr/batang dan tanpa mikoriza. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali dan setiap ulangan terdiri dari 20 batang singkong. Hasil parameter vegetatif menunjukkan bahwa singkong dengan perlakuan mikoriza lebih tinggi 70.04% dibandingkan dengan kontrol. Sementara itu, parameter panjang dan lebar lobus daun, rasio panjang : lebar lobus, dan panjang tangkai daun tidak berbeda nyata antara perlakuan mikoriza dan kontrol. Hasil parameter generatif menunjukkan bahwa jumlah umbi komersil singkong perlakuan mikoriza lebih banyak 100% dibandingkan dengan kontrol dan bobot umbi perlakuan mikoriza 86.21% lebih berat dibandingkan dengan kontrol. Infeksi akar perlakuan mikoriza pada singkong tergolong sangat tinggi yaitu 86.67%.*

**Keywords:** *Generatif, Mikoriza, Singkong, Vegetatif*

### **PENDAHULUAN**

Mikoriza adalah simbiosis mutualisme antara fungi (mykes) dengan perakaran (rhiza) (Setiadi, 1992). Fungi mendapatkan karbohidrat dari hasil fotosintesis tanaman, sedangkan tanaman mendapatkan zat hara dari fungi khususnya fosfat. Menurut Permentan No 70 tahun 2011, pupuk hayati adalah produk biologi aktif terdiri atas mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan, dan kesehatan tanah. Mikoriza di dalam permentan tersebut tergolong sebagai pupuk hayati, karena terbuat dari mikroorganisme jamur yang berfungsi untuk mengefisienkan pemupukan.

Mikoriza sangat banyak manfaatnya bagi tanaman inang. Menurut Brundrett *et al.* (1996), mikoriza dapat membantu akar menyerap unsur hara di dalam tanah yang tidak bisa diserap oleh bulu akar, meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan kondisi salinitas tinggi. Selain itu menurut Setiadi (1992), mikoriza mampu memperbaiki nutrisi tanaman, meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen, dan membantu pertumbuhan tanaman pada kondisi tercemar logam berat.

Singkong atau ubi kayu merupakan salah satu tanaman pokok yang banyak ditanam petani di Indonesia. Permintaan singkong di pasaran juga semakin meningkat khususnya untuk

keperluan industri pembuatan tepung tapioka dan keperluan lain. Kondisi tersebut harus diimbangi dengan pengadaan singkong yang berkelanjutan. Salah satu bagian yang menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman singkong adalah pupuk. Penggunaan pupuk hayati mikoriza diduga dapat meningkatkan pertumbuhan singkong dengan tetap memperhatikan unsur alami (tanpa pupuk kimia). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian mikoriza dalam meningkatkan hasil vegetatif dan generatif pada tanaman singkong.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilakukan selama 6 bulan (Mei sampai November 2020) di lahan percobaan dan laboratorium PT. Intidaya Agrolestari, Bogor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit singkong mentega, pupuk hayati mikoriza MZ2000, dan bahan pewarna akar berupa KOH 2.5%, HCL 0.1 N, *trypan blue* 0.02%, gliserin 50%, dan asam laktat. Alat yang digunakan adalah cangkul, meteran, timbangan, karung, botol kaca, preparat, mikroskop stereo, kamera dan alat tulis.

Percobaan dilakukan dengan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) dengan 2 perlakuan, yaitu mikoriza dan tanpa mikoriza. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 6 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 20 batang singkong.

Tanah digemburkan dengan cara dicangkul. Singkong diperbanyak dengan cara stek batang, yaitu dengan memotong-motong batang singkong dengan panjang 20 cm. Bibit singkong ditanam sedalam 1/3 dari panjang batang stek, mata tunas jangan sampai terbalik. Stek batang ditanam satu stek per lubang tanam. Jarak tanam antar tanaman 60 – 70 cm dan jarak antar baris 90 – 100 cm. Dosis mikoriza yang diberikan 20 gram per lubang tanam (Gambar 1). Pengendalian rumput atau gulma dilakukan 2 minggu sekali. Perempelan terhadap tanaman yang memiliki banyak tunas agar singkong berbuah maksimal.



**Gambar 1.** Aplikasi mikoriza MZ2000 pada tanaman singkong.

Pengamatan vegetatif singkong dilakukan secara sampling dengan pengamatan 6 tanaman bermikoriza dan 6 tanpa mikoriza setiap bulan. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan secara vertikal dari permukaan tanah hingga atas kanopi. Pengukuran lobus daun dilakukan dengan mengambil bagian daun yang ditengah dan kemudian mengukurnya dengan penggaris pada bagian yang paling lebar. Pengukuran panjang tangkai daun dilakukan dengan mengambil dua tangkai daun yang berada ditengah tanaman kemudian durata-rata.

Pengamatan generatif juga dilakukan saat panen secara sampling dengan memanen 6 tanaman dengan perlakuan mikoriza dan 6 tanaman tanpa mikoriza. Jumlah umbi singkong dihitung dan ditimbang bobotnya per tanaman sampling.

Pengamatan infeksi akar mikoriza dilakukan di bulan ke 3 saat akar singkong masih muda. Sampel akar diambil di daerah perakarakan menggunakan gunting. Pewarnaan akar

menggunakan metode Rajapakse dan Miller (1992) yang dimodifikasi. Akar dimasukan dalam larutan KOH 2.5%, lalu dioven pada suhu 90<sup>0</sup>C selama 30-40 menit. Selanjutnya akar dicuci di bawah air mengalir untuk menghilangkan sisa KOH yang menempel. Selanjutnya akar dimasukan dalam larutan HCL 0.1 N selama 10 menit, lalu akar dicuci kembali untuk menghilangkan sisa HCL. Akar diwarnai menggunakan larutan *trypan blue*, kemudian dioven pada suhu 90<sup>0</sup>C selama 30-40 menit. Akar dicuci dari larutan *trypan blue* dan terakhir akar dimasukan dalam larutan gliserin 50 % dan asam laktat sampai akar siap diamati di bawah mikroskop.

Pengamatan persen infeksi akar dilakukan dengan memotong akar yang telah diwarnai sepanjang 1 cm, kemudian akar ditata di atas preparat dan ditutup dengan cover glass. Jumlah akar tiap preparat sebanyak 10 potong. Infeksi akar dapat dilihat melalui adanya vasikula, arbuskula, hifa, maupun spora yang menginfeksi akar. Persen infeksi akar dihitung menggunakan rumus (Giovanenetti dan Moose, 1980).

$$\text{Akar terinfeksi} = \frac{\sum \text{bidang pandang terinfeksi}}{\sum \text{bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Vegetatif Singkong

Hasil pertumbuhan vegetatif tanaman singkong dengan perlakuan mikoriza dan tanpa mikoriza dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengamatan vegetatif singkong umur 6 bulan

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Panjang lobus tengah (cm)	Lebar lobus tengah (cm)	Rasio P:L lobus	Panjang tangkai daun (cm)
Mikoriza	271.11a	17.67a	5.36a	3.30a	29.22a
Kontrol	159.44b	17.06a	5.11a	3.31a	24.56a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5% dengan uji duncan (*Duncan's Multiple Range Test*).

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian mikoriza berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman singkong, sedangkan parameter lainnya tidak berpengaruh nyata. Parameter panjang dan lebar lobus daun, rasio panjang:lebar lobus, dan panjang tangkai daun tidak berbeda nyata. Hal ini diduga pertumbuhan vegetatif singkong terfokus kepada tinggi, bukan pada daun. Tanaman singkong dengan pemberian mikoriza 20gr/tanaman rata-rata lebih tinggi 70.04% dibandingkan kontrol. Adanya mikoriza di daerah perakaran singkong menyebabkan terbentuknya hifa yang berfungsi membantu penyerapan unsur hara bagi tanaman. Hifa mikoriza sangat lembut, tipis dan panjang sehingga jangkauannya luas dalam menembus tanah untuk mencari unsur hara dan air. Mikoriza juga mampu menyediakan unsur hara yang terikat di dalam tanah menjadi tersedia, sehingga mudah diserap oleh tanaman. Adanya pasokan unsur hara dan air pada tanaman singkong bermikoriza inilah yang menyebabkan pertumbuhan tinggi lebih baik dibandingkan kontrol. Menurut Musafa *et al.* (2015), mikoriza mampu membantu akar dalam meningkatkan serapan unsur hara, serta menyediakan unsur yang terikat atau yang terjerap pada partikel liat, yang mana unsur hara yang ditingkatkan termasuk unsur hara N, P, dan K. Phospor (P) yang tersedia dapat mempercepat pembelahan sel terutama pada perkembangan meristem sehingga berakibat labih lanjut terhadap pertumbuhan tinggi tanaman.

Visualisasi pertumbuhan singkong di lahan percobaan dengan perlakuan mikoriza dan tanpa mikoriza dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pertumbuhan tanaman singkong di lahan percobaan dengan perlakuan mikoriza dan tanpa mikoriza.

### **Infeksi Akar Mikoriza**

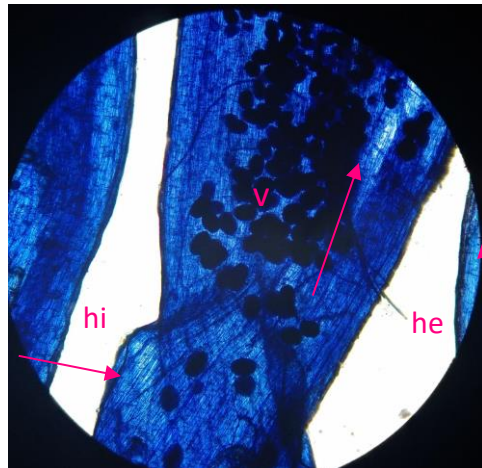
Hasil infeksi akar mikoriza pada tanaman singkong umur 3 bulan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil infeksi akar pada tanaman singkong umur 3 bulan

Perlakuan	Infeksi Akar (%)	Kriteria
MZ2000	86.67a	Sangat Tinggi
Kontrol	20.00b	Rendah

Tabel 2 menunjukkan bahwa infeksi akar mikoriza sangat tinggi pada perlakuan mikoriza yaitu 86.67%, sedangkan tanaman kontrol tergolong rendah yaitu 20%. Infeksi akar oleh mikoriza (endomikoriza) ditentukan oleh kemampuan spora mikoriza untuk menginfeksi tanaman inang dan respon tanaman inang terhadap infeksi mikoriza tersebut. Spora mikoriza MZ2000 cukup infeksi dalam menginfeksi tanaman singkong. Perlakuan kontrol juga ditemukan infeksi akar, hal tersebut diduga di dalam tanah terdapat spora indigenous yang aktif menginfeksi akar singkong, namun persen infeksi tergolong rendah. Fakuara (1988) menjelaskan bahwa infeksi mikoriza pada tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi: pemupukan, pestisida, intensitas cahaya, musim, kondisi tanah, pH, jenis tanaman dan jenis inokulum mikoriza.

Infeksi mikoriza ditandai dengan adanya hifa/vasikula/arbuskula di dalam jaringan akar. Hasil pengamatan menunjukkan infeksi mikoriza paling banyak ditemukan hifa dan vasikula. Hifa adalah serabut panjang berwarna putih yang berfungsi menyerap air dan unsur hara, terdapat hifa internal di dalam jaringan akar dan hifa eksternal yang berada di luar akar. Vasikula ditemukan di dalam jaringan akar, berbentuk lonjong dan berfungsi sebagai tempat menyimpan makanan cadangan di dalam akar. Visualisasi infeksi akar pada tanaman singkong dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Infeksi akar mikoriza pada tanaman singkong terdapat hifa internal (hi), hifa eksternal (he), dan vasikula (v).

### Hasil Generatif Singkong

Hasil generatif tanaman singkong dengan perlakuan mikoriza dan tanpa mikoriza dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil pengamatan generatif tanaman singkong umur 6 bulan

Perlakuan	Jumlah umbi (umbi)	Bobot umbi (kg)
Mikoriza	5.56a	5.94a
Kontrol	2.78b	3.19b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5% dengan uji duncan (Duncan's Multiple Range Test).

Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah umbi komersil dengan perlakuan mikoriza rata-rata lebih banyak 100% dibandingkan dengan kontrol dan bobot umbi singkong perlakuan mikoriza 86.21% lebih berat dibandingkan dengan kontrol. Pemberian mikoriza berpengaruh sangat nyata dalam meningkatkan jumlah dan bobot umbi. Hifa mikoriza membantu menyerap unsur hara lebih banyak dan disimpan dalam akar singkong/umbi sehingga hasil umbinya lebih banyak.

Menurut Hajoeningtjas dan Purwanto (2007), aplikasi pupuk hayati mikoriza 50 g/tanaman menghasilkan panen umbi ubi kayu 156 kg per 32 batang pada areal pertanaman biasa, sedangkan penambahan pupuk urea dan SP 36 masing-masing 400 kg yang dilakukan petani panen umbi ubi kayu 160 kg per 32 batang tanaman. Berdasarkan hasil penelitian tersebut selisih bobot panen 4 kg lebih banyak jika menggunakan pupuk kimia, namun dari segi lingkungan pupuk hayati mikoriza jauh lebih ramah lingkungan, dari segi dosis lebih sedikit, dan dari segi ekonomi lebih hemat.

Hasil pengamatan generatif singkong jenis mentega dipanen saat umur 6 bulan dan bobot hasilnya cukup bagus. Rata-rata setiap tanaman singkong yang diberi perlakuan mikoriza menghasilkan 5-9 umbi dengan bobot per tanaman 5-8 kg. Masa panen singkong juga lebih maju 1 bulan dibandingkan dengan jenis singkong mentega lainnya. Pemberian pupuk hayati mikoriza diduga dapat mempercepat masa panen singkong tersebut. Pupuk hayati mikoriza lebih responsif terhadap tanah miskin hara, dimana spora mikoriza lebih aktif dalam menginfeksi akar tanaman dan membantu tanaman dalam mencukupi kebutuhan pertumbuhannya. Sesuai dengan pernyataan Galii *et al.* (1993) bahwa mikoriza meningkatkan

pertumbuhan tanaman pada tingkat kesuburan tanah yang rendah, dan membantu memperluas fungsi sistem perakaran dalam memperoleh nutrisi. Visualisasi hasil panen singkong dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil panen singkong umur 6 bulan dengan perlakuan mikoriza dan tanpa mikoriza (a) sampel 3 tanaman dan (b) sampel 1 tanaman

## KESIMPULAN

Pemberian pupuk hayati mikoriza berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tinggi, yaitu 70.04% lebih tinggi dibandingkan tanaman kontrol. Mikoriza juga berpengaruh meningkatkan hasil pertumbuhan generatif, yaitu meningkatkan jumlah umbi komersial 100% lebih banyak dan bobot umbi 86.21% lebih berat dibandingkan tanaman kontrol. Infeksi akar mikoriza pada singkong tergolong sangat tinggi, yaitu 86.67% artinya spora mikoriza MZ2000 sangat infeksiif menginfeksi akar tanaman singkong.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brundrett, M.C., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra.
- Fakuara, Y. 1988. Mikoriza, Teori dan Kegunaan dalam Praktek. Fakultas Kehutanan IPB: Bogor, Indonesia.
- Galii, U., Meier, M. and Brunold, C. 1993. Effect of cadmium on non-mycorrhizal and mycorrhizal fungus (*Laccaria laccata* Scop.Ex.Fr) Bk and Br : sulphate reduction, thiols and distribution of the heavy metal. *New Phytologist*. 125 (1): 837-843.
- Giovannetti, S. and Mosse, B. 1980. An Evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*. 84: 489-500.
- Hajoeningtjas, O.D. dan Purnawanto, A.M. 2007. Teknologi Budidaya Ubi Kayu Menggunakan Pupuk Hayati Mikoriza. *Agritech*. 9 (1): 79-93.
- Musafa, M.K., Aini, L.Q., and Prasetya, B. 2015. Peran mikoriza arbuskula dan bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung pada andisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2 (2):191-197.
- Rajapakse, S. and Miller, J.C. 1992. Methods for studying vesicular–arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. *Methods Microbio*. 24: 302–316.
- Setiadi, Y. 1992. Mengenal Mikoriza, Rhizobium, dan Aktinorizal untuk Tanaman Kehutanan. Fakultas Kehutanan IPB: Bogor, Indonesia.

# **The Potential Of Arbuscular Mycorrhizae In Rehabilitating The Degraded Mangrove Areas**

Oleh

**Agusrianto Yusuf**

Health Medical Laboratory Program/Science, Technology, and Health Faculty/Bina Mandiri Gorontalo  
University Gorontalo Province, Indonesia

\*email: [agusyusuf012@gmail.com](mailto:agusyusuf012@gmail.com)

## **ABSTRACT**

*The current study aims to determinate the potential of Arbuscular mycorrhizae in supporting the mangrove growth, the role of Arbuscular mycorrhizae on the improvement of mangrove growth in terms of its colonization level with the mangrove roots, the mangrove ability of Arbuscular mycorrhizae in the way of supporting the rehabilitation of mangroves, and giving the recommendation to the local government related to the potential of mycorrhizal fungi in rehabilitating the degraded mangrove areas living in the coastal areas of Kwandang, North Gorontalo regency. Moreover, this study used a descriptive qualitative analysis method using ex-post-facto approach. To collect the data, it used a purposive sampling on rhizosphere and mangrove roots in order to observe the spore density, the diversity and the mycorrhizal colonization. The results of this study show that the ability of Arbuscular mycorrhizae in supporting the mangrove growth is categorized in the high level. It can be seen from the spore density. On average in research location, the number of the spores that were successfully isolated is 42 spores/ 100 grams of soil. Arbuscular mycorrhizae has a role in the way of increasing the mangrove growth. This can be seen from the high percentage of colonization with mangrove roots whereas 57,87%. Arbuscular mycorrhizae in the mangrove area has a diversity index of 1.03 or a medium diversity category, a uniformity index value of 0.92 means that the community is stable and the simpsons dominance index is at the level of 0.34 meaning there is no dominant type.*

**Keywords:** *Mangrove, Mikoriza Arbuskula, Rehabilitation*

## **INTRODUCTION**

The mangrove forest is considered as one of the important ecosystems in coastal areas, both ecologically and economically. This forest has high productivity, a primary producer in estuary water, and in turn as well as supporting fisheries. Mangrove forests are very useful, especially as an ideal habitat for the survival of living things around the coast. Mangrove forests also play a role in tourism, conservation, education, and research area (Saparinto, 2007).

According to the data from the Directorate General of Land Rehabilitation and Social Forestry, Indonesia's mangrove forest area is 8.6 million ha, consisting of 3.8 million ha in forest areas and 4.8 million ha outside forest areas. The mangrove ecosystem covering an area of 8.6 million hectares shows that 44.73% in forest areas and 87.50% in non-forest areas have been damaged or degraded (Gustian, 2015). The damage is generally caused by excessive mangrove conversion, conversion to ponds, rice fields, plantations, industry, settlements, pollution, sedimentation, pests and diseases, and other influences. The rapid loss of mangrove forests has triggered increased coastal erosion, which has caused damage to the natural habitat

of fish and shrimp, the increased intrusion of seawater into the land, and affected the livelihoods of coastal fishermen.

In fact, one of the mangrove areas in Indonesia is located in the coastal area of Kwandang, North Gorontalo District, Gorontalo Province. This mangrove area has advantages in terms of biodiversity and is unique from a variety of species that live not based on zoning patterns in general (Katili, 2009). One of the rare mangrove species in the world is found on the coast of Kwandang, namely *Ceriops decandra*. Ecologically, this area is faced with the problem of local ecosystem damage, particularly mangrove forest damage. Most of the mangrove forest area in this area has experienced shrinkage due to human activities logging and harvesting mangrove wood for fuelwood fulfillment and building construction. This is proven by the results of the study conducted by Baderan (2013). That study stated that mangrove damage in 2010 reached an increase of 41% comparing to 21% in 2000, therefore, the total damage to mangroves in 2010 had reached 62%. Importantly, the mangrove areas that have been damaged have reached 687.3 acres.

The efforts of rehabilitations carried out in the mangrove area include replanting, but the success rate is very low (Anwar and Gunawan, 2006). The low success of reforestation is thought to be due to poor mangrove growth, or mangroves are attacked by pests and diseases. To improve the success of rehabilitation of mangrove forests and coastal forests, it is necessary to know the condition of the soil in the presence of microorganisms in these locations. One of the microorganisms that play a role in mangrove growth is Arbuscular mycorrhizae. An Arbuscular mycorrhiza is a form of a symbiotic relationship between fungi and higher plant roots. The role of arbuscular mycorrhizae is very important, especially in terms of conservation of the nutrient cycle, helping to improve soil structure, transferring of carbon in the root system, overcoming degradation of soil fertility, and protecting plants from disease. The presence of mycorrhizae is very important for the resilience of an ecosystem, plant stability, and maintenance of biological diversity.

## **RESEARCH METHODOLOGY**

### **Location and Time**

The current study was conducted in the coastal areas of mangroves located in Kwandang, north Gorontalo regency of Gorontalo province. It was also conducted in the biology laboratory of the science faculty of Gorontalo State University.

### **Research Method**

The study used a descriptive-qualitative analysis using Ex-post-facto approach.

### **Research Tools and Materials**

Tools used for the present study: Laminar airflow, oven, water bath, beaker, Erlenmeyer, centrifuge, centrifuge tubes, Compound and binocular microscopes, analytical scales, spore filters (425  $\mu\text{m}$ , 212  $\mu\text{m}$ , 106 and 45  $\mu\text{m}$ ), test tubes, Petridis, pH-meters, Salinometers, lux meters, hygrometers, thermometers, microscopes, glass objects, Bunsen lights, and cameras. Materials used: mangrove rhizosphere sediment (100g soil/sample point), mangrove roots, 60% sucrose, Trypan blue, 1% HCL, 10% KOH, glycerol, and Aquadest.

### **Research Procedures**

#### *1. Soil Sampling and Mangrove Roots*

One sample was taken by obtaining  $\pm 3$  points of soil around the tree and on all different tree species with a depth of 10-30 cm, then the soil sample was composited by stirring, and then

1 kg was taken as a sample. Along with soil sampling, root samples were also taken to see the AMF colonization contained in it. The roots taken are good in tree roots with a depth of 10-30 cm.

### *2. Isolation of Mycorrhizal Spores*

In relation to research procedure, the technique used in isolation was the pour-filter method (Pacioni, in Ansiga 2017) followed by the centrifugation method (Brundrett et al., 1996). The working step of the filter pouring technique is to weigh the soil sample as much as 100 grams then mix it with 300 ml of water and stir evenly, then filtered in a filter set with sizes 425  $\mu\text{m}$ , 212  $\mu\text{m}$ , 106, and 63  $\mu\text{m}$  respectively from top to bottom. At the top of the filter, it is sprayed with tap water to make it easier for the filter material to pass. The material passing through the bottom filter and the second from the bottom is then transferred to the centrifuge tube. The filter results are added with 60% of sucrose. The centrifuge tube is tightly closed and centrifuged at 3000 rpm for 5 minutes. Furthermore, the supernatant solution was poured into 0.5 mm filter paper, rinsed with flowing distilled water to remove sucrose. The remaining sediment is put into a petri dish and then spore observation was carried out using a compound microscope to calculate the number of spore populations per sample.

### *3. Arbuscular Mycorrhizal Colonization in Plant Roots*

The AMF Observation of root colonization in mangrove plants used coloring techniques, namely, the roots were washed thoroughly with distilled water. Then the roots were soaked in 10% KOH and put in a water bath, temperature 80°C for 10 minutes. Then the roots were washed with running water 3-5 times, the roots then were soaked in 1% HCL solution for 1 day and washed with distilled water, then given 0.05% Trypan blue dye and left for 1 day. The next step The roots are cut along 2 cm and then placed in a row on the object-glass. Every 5 pieces of roots were covered with a cover glass and then observed each piece of roots under a microscope. In the observation book, a minus sign (-) is given for each field of view where there is no Mycorrhizal structure and a sign (+) for each field of view where mycorrhizae are found (hyphae, Arbuscular, vesicles, or intra-radical spores).

## **RESULTS AND DISCUSSIONS**

### **1. Arbuscular mycorrhizae Support Capacity in Supporting the Mangrove Growth in terms of Spore Density.**

Its results based on the identification results obtained 2 genes namely *Glomus* and *Gigaspora*.

The *Glomus* classification is as follows:

Class : Zygomycetes  
Order : Glomeromycota  
Sub order : Glomineae  
Family : Glomeraceae  
Genus : *Glomus*  
Species : *Glomus versiformes*, *Glomus ambisporum*, *Glomus bareale*, *Glomus canadense*, *glomus etunicatum*, *Glomus constrictum*.

Source: Brundet (1996), INVAM, (2013), and Husna (2015)


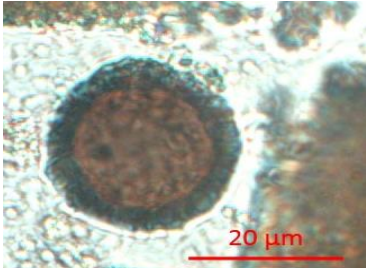


The *Gigaspora* classification is as follows:

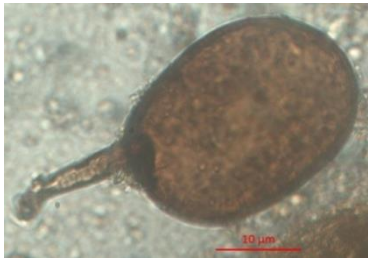

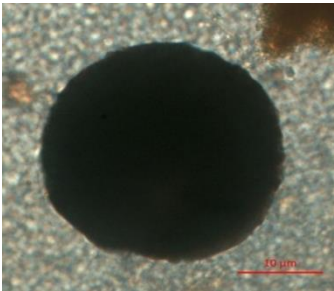
Class : Zygomycetes  
Order : Glomeromycota  
Sub order : Glomineae

Family : Glomeraceae  
 Genus : Gigaspora  
 Species : *Gigaspora* sp  
 Source: Brundet (1996) and INVAM (2013)

The identification results of Arbuscular Mycorrhizal spores isolated from rhizosphere of mangroves are illustrated in table 1.

**Tabel 1.** The identification results of Arbuscular Mycorrhizal spores isolated from rhizosphere of mangrove plants.

NO	Arbuscular Mycorrhizal	Description	Spore areas
1	 <i>Glomus versiformes</i>	The spore is round. Its color is brown. The surface of the spore is smooth and its hyphae is released	2902,673 $\mu\text{m}^2$
2	 <i>Gigaspora</i> sp	The spore is round. Its color is blackish brown. Its surface is smooth and the hyphae of the spore is released	491,194 $\mu\text{m}^2$
3	 <i>Glomus</i> sp	The spore is round. Its color is clear yellow. Its surface is smooth and its hyphae is still attached without bulbous suspensors	273,906 $\mu\text{m}^2$
4	 <i>Glomus ambisporum</i>	The spore is round. Its color is black. Its surface is smooth and there are supporting hyphae	477,242 $\mu\text{m}^2$

5	 <p><i>Glomus boreale</i></p>	The spore is oval. Its color is brown. Its surface is smooth and the hyphae are still attached without bulbous suspensors	482,993 µm <sup>2</sup>
6	 <p><i>Glomus canadense</i></p>	The spore is oval. Its color is yellow. The surface of the spore is smooth and the hyphae are still attached without the bulbous suspensor	77,898 µm <sup>2</sup>
7	 <p><i>Glomus constrictum</i></p>	The spore is round. Its color is black. Its surface is smooth and the hyphae is released.	617,285 µm <sup>2</sup>

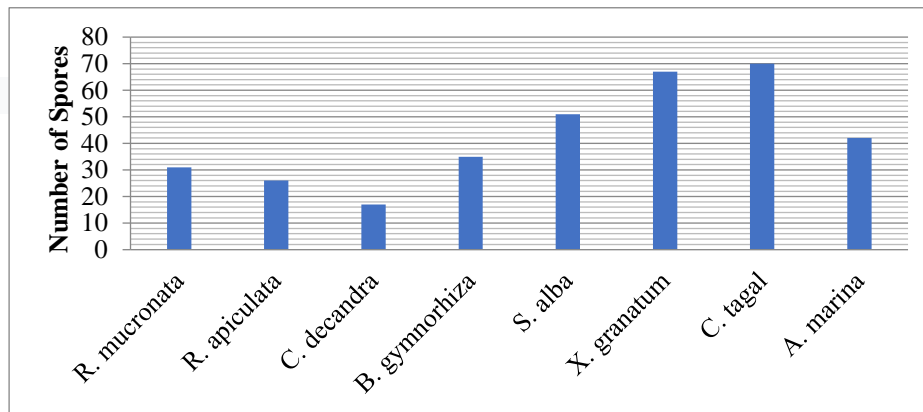
Source: Primary data 2018

**Table 2.** Types of Arbuscular Mycorrhizal Spores Found in Mangroves

No	Arbuscular Mycorrhizal species	Host Plants							
		<i>R. mucronata</i>	<i>R. apiculata</i>	<i>C. decandra</i>	<i>B. gymnorhiza</i>	<i>S. alba</i>	<i>X. granatum</i>	<i>C. tagal</i>	<i>A. marina</i>
1	<i>Glomus constrictum</i>	√	√	√		√	√	√	√
2	<i>Glomus versiforme</i>	√	√	√		√	√	√	√
3	<i>Glomus boreale</i>				√			√	
4	<i>Gigaspora</i>								√
5	<i>Glomus ambisporum</i>			√	√	√	√	√	√
6	<i>Glomus canadense</i>							√	
7	<i>Glomus sp</i>							√	

## 2. Spore Density and Diversity

The results show that the arbuscular mycorrhizal population contained in the rhizosphere of mangrove plants at the research site has a high-density value. The density of mycorrhizal spores in mangrove plants is presented in Figure 1.



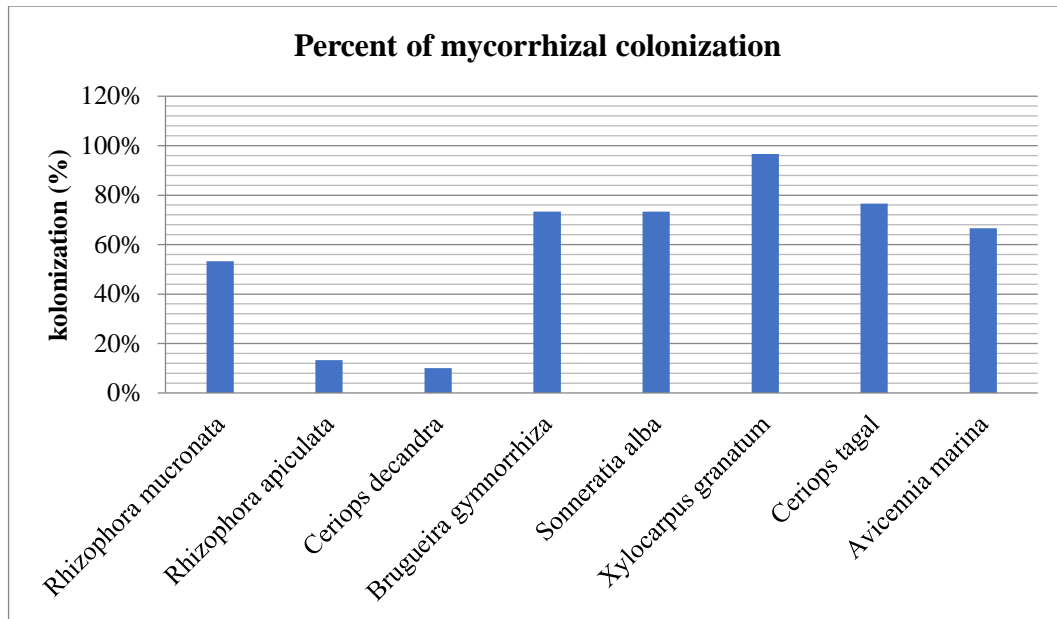
**Fig. 1.** The spore density of mangroves in Kwandang

**Table 3.** Density (K), Frequency(F), Relative abundance (KR), Important value (NP), Diversity (H'), Uniformity (E), and Dominance (D) of Arbuscular Mycorrhizae of Mangroves in Kwandang

Kinds of host plants	INP Mangrove (%)							
		K/100g	F	KR	INP	H'	E	D
<i>R. mucronata</i>	8.05	31	0.23	79	39.61	0.06	0.86	0.56
<i>R. apiculata</i>	22.8	26	0.04	15	7.52	1.173	0.84	0.31
<i>C. decandra</i>	13.1	17	0.23	80	40.11	1.085	0.98	0.31
<i>B. gymnorhiza</i>	25.2	35	0.34	118	59.17	0.692	0.99	0.48
<i>S. alba</i>	54.2	51	0.08	28	14.04	1.09	0.78	0.32
<i>X. granatum</i>	4.95	67	0.02	10	5.01	1.059	0.96	0.35
<i>C. tagal</i>	7.75	70	0.002	1	0.50	1.773	0.98	0.16
<i>A. marina</i>	36.5	42	0.02	8	4.01	1.352	0.97	0.24
Average		42	0.12	42.3	21.24	1.03	0.92	0.34

## 2. The Role of Arbuscular Mycorrhizae in Increasing Mangrove Growth in terms of the level of colonization with mangrove roots.

In 8 species of mangrove plants studied are known to be colonized with Arbuscular mycorrhizae. The presence of mycorrhizae is characterized by the presence of internal hyphae, external hyphae, vesicles, and Arbuscular in the root system of plants. The percentage of mycorrhizal root colonization at the study location is presented in Figure 2.

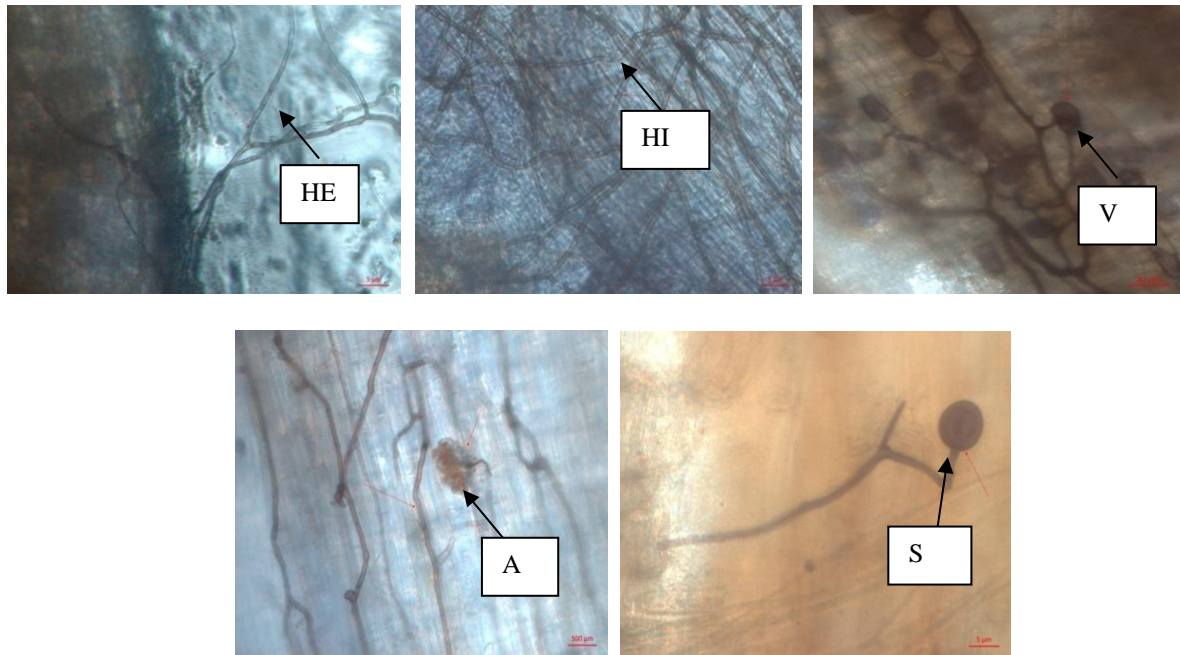


**Fig. 2.** Percent of Mycorrhizal root colonization in the area of mangroves in Kwandang

**Table 4.** The structures of Arbuscular Mycorrhizal and the percent colonization of Mycorrhizal roots in the mangrove areas of Kwandang

Host plants	Arbuscular Mycorrhizal structures				Colonization (%)
	HI	HE	V	A	
<i>Rhizophora mucronata</i>	4	2	10	0	53,3%
<i>Rhizophora apiculata</i>	3	1	0	0	13,3 %
<i>Ceriops decandra</i>	1	2	0	0	10%
<i>Brugueira gymnorrhiza</i>	18	1	3	0	73,3%
<i>Sonneratia alba</i>	16	0	5	1	73,3 %
<i>Xylocarpus granatum</i>	11	2	15	1	96,6 %
<i>Ceriops tagal</i>	17	1	5	0	76,6 %
<i>Avicennia marina</i>	14	4	1	1	66,6 %
<i>Average</i>					57,87 %

Note: HI: internal hyphae, HE: External hyphae. V: vesicle, A: Arbuscular



**Fig. 3.** Colonization of Arbuscular Mycorrhizal with mangroves, HI; *Internal Hyphae*, HE; *External Hyphae*, V; *Vesicles*, A; *Arbuscular* and S; *Internal spores*

### **3. Ability of Arbuscular Mycorrhizae in Supporting Mangrove Forest Rehabilitation**

The ability of arbuscular mycorrhizae to support mangrove forest rehabilitation can be seen from the relationship between mangroves and spore density, spore diversity, and its colonization with mangrove roots. The correlation value between mangroves and spore density is  $R = 0.085$ . Based on the characteristics of the correlation according to Sugiyono (2000). This value is included in the weak relationship category. The relationship between IVI of mangroves and the level of mycorrhizal colonization of root arbuscles, the correlation value of  $R = 0.05$  in the weak relationship category. The relationship between spore diversity and mycorrhizae is in the weak category with a value of  $R = 0.47$ .

## **Discussion**

### **1. The carrying capacity of Arbuscular Mycorrhizae in supporting mangrove growth in terms of spore density.**

The Arbuscular Mycorrhizae status in the soil can be seen from the density of spores per gram of soil. In this case, per 100 grams of soil is taken from the rhizosphere of the sample plants. Referring to Walker (1992) in Widiastuti and Kramadibrata (1993), the population of Arbuscular mycorrhizae spores is categorized as high if the number is 14-161 per 100 grams of soil. Based on the results of research, the Arbuscular Mycorrhizae spores that were isolated from the research location are in the high category, on average, 42 spores per 100gr of soil samples. The high population of Arbuscular Mycorrhizae spores in saline soil is because of the types of Arbuscular Mycorrhizae at the study location. It has an osmoregulation mechanism such as the osmotic adjustment mechanism of halophytes in saline soil by storing sodium and chloride ions. Thus, the osmotic potential in the cells is lower than the soil solution (Flowers et al., 1977).

The high density of Arbuscular mycorrhizae spores gives great support for the growth of the host, in this case, mangroves. According to Rohimat (2002) in Sariasih (2014), the highest number of spores in a plant shows the best results on all observation variables. This is supported by the results of research by Sariasih (2014) that a high number of spores can increase the

growth and yield of chili plants. The more spores found, the greater the chance that symbiosis will occur between mycorrhizae and mangroves. This symbiotic relationship provides enormous benefits for mangroves for their survival because mycorrhizae play an important role, especially in terms of conservation of the nutrient cycle, helping to improve soil structure, transporting carbon in the root system, overcoming degradation of soil fertility and protecting plants from disease.

Related to the results of the calculation of Mycorrhizal spore diversity in the research site, it has a moderate Mycorrhizal diversity. A diversity index is used to determine the level of diversity of species in a community. A community is said to have high diversity if the community is composed of many species with the same and almost the same species abundance. Conversely, if a community is composed of a few species and if only a few species are dominant, the species diversity is low. The results of the calculation show that the average Mycorrhizal diversity in the Kwandang mangrove area is at the value of  $H' = 1.03$ , which means that Mycorrhizal diversity is in the medium category. This shows that the Mycorrhizal consortium has moderate diversity, sufficient productivity, fairly balanced ecosystem conditions and moderate ecological pressure (Brower, 1990). This condition can be seen from the results of research that only found 7 species with different abundances. The lowest abundance of 1 was found in the host plant of *Ceriops tagal* and the highest abundance was 118 in the host plant of *Brugueira gymnorrhiza*. The difference in the number of high abundance influences the diversity of a community. The role of the host tree on the abundance of Mycorrhizal spores in the rhizosphere is related to the resulting root exudate, where the root exudate which is a source of energy will affect the germination of Arbuscular Mycorrhizae spores.

## **2. The Role of Arbuscular Mycorrhizae in Increasing Mangrove Growth in terms of the level of colonization with mangrove roots.**

Based on the results of the study, the average percent of colonization obtained by the research location, namely the mangrove area, is in the high category, namely 57.87%. This is following the statement of O'Connor et al. (2001) emphasized that the percent colonization of more than 30% is included in the high category. These data indicate that all mangrove species sampled were able to colonize with arbuscular mycorrhizae. Mycorrhizal colonization with roots can be seen from the formation of arbuscular mycorrhizal structures in the mangrove roots consisting of hyphae (external and internal), vesicles, arbuscules and internal spores.

Gaining the data from the calculation of the percent of colonization illustrates that there is great potential for mycorrhizae to be used as biological agents for mangroves so that they can help in the growth process. This is expected to compensate for the degradation that occurs continuously due to human activities. Large-scale deforestation without reforestation will harm the mangrove ecosystem. The impact of mangrove damage has a major impact on the biotic life around it. Various types of biota such as fish, shrimp, crab, shellfish and birds have lost their habitat to find food or make nests to live in, this can cause these biota to lack food and eventually die. Besides, the loss of mangrove forests is very dangerous for the lives of people on the coast. Tsunamis and strong winds from sea to land can at any time threaten the people living in the area.

Importantly, the role of arbuscular mycorrhizae in mangrove growth is its ability to absorb phosphorus nutrients. Besides, roots that have mycorrhizae can absorb nutrients in bound form and those that are not available to plants. This is supported by Abbot and Robson (1984), who stated that mycorrhizal roots can increase nutrient uptake capacity because the life time of the colonized roots is extended and the degree of branching and root diameter is enlarged, so that the surface area of root absorption is expanded. External hyphae on mycorrhizae can absorb elemental phosphate from the soil, and are immediately converted into polyphosphate

compounds. The polyphosphate compound is then transferred into the hyphae and broken down into organic phosphate which can be absorbed by plant cells. The increase in plant nutrient absorption facilitated by mycorrhizal fungi will increase plant response in the form of vegetative growth and increase in the growth of the generative phase which in turn increases plant production (Smith and Smith, 2011). Another factor that affects plant growth is faster, namely the association between arbuscular mycorrhizae and plants which can stimulate the production of hormones such as IAA (indole acetic acid), cytokinins, auxins and gibberellins (Hanafiah et al., 2010).

The results of Sutarman's (2016) research show that Arbuscular Mycorrhizae can increase plant growth and increase resistance to biotic and abiotic stresses in many agricultural plants. Inoculation of Mycorrhizal fungi increased potato yield, namely the number of tubers was greater and the size of potato tubers was larger. According to Ansiga (2017), Arbuscular Mycorrhizae can increase plant productivity by around 25% - 50% which includes plant health, yield quality, tolerance to water stress, fertilization efficiency and can suppress the development of pathogenic microbes in the soil. Several previous studies explained that arbuscular mycorrhizae can increase plant growth. This of course also applies to mangrove plants, the greater the mycorrhizal infection, the higher the growth of the host. This is very important to support the restoration of degraded mangrove ecosystems. Another function of soil function in general is to play a role in determining the carbon cycle in forest areas. Meanwhile, mangrove forests play an important role in the global carbon cycle, which is considered an important and sustainable carbon sink (Sutarman, 2010). Seeing this connection, arbuscular mycorrhizae can indirectly reduce global warming which is currently an environmental problem. Damage to the mangrove ecosystem is not only caused by humans but also caused by pests and diseases. Arbuscular mycorrhizae have an important role in preventing pathogenic microbes that can cause disease in mangroves. Mycorrhizae will use up all the excess carbohydrates and root exudates, creating an environment unsuitable for pathogenic growth. Besides, there are mycorrhizal fungi that can produce antibiotics that can inhibit pathogens (Hanafiah et al, 2010). This is supported by the results of research (Putri et al, 2016) which states that mycorrhizae can reduce the development of root rot caused by *Rigidoporus microporus*.

### **3. Ability of Arbuscular Mycorrhizae in Supporting Mangrove Forest Rehabilitation**

Arbuscular mycorrhizae have a major role in restoring the function of mangrove forests because they see the large mycorrhizal function for plant survival. According to Nusantara (2012) that arbuscular mycorrhizal fungi have four functional roles, namely: Bioprocessor; able to act as a live pump and pipe because it can help plants to absorb nutrients and water from locations that are not reached by the hair roots. Bioprotectors or live shields can protect plants from biotic (pathogens, pests, and weeds) and abiotic (temperature, moisture, soil density, and heavy metals) stresses. Bio-activators are proven to be able to help increase carbon storage in the rhizosphere, thereby increasing the activity of microorganisms to carry out biogeochemical processes, and bio-aggregators because they are proven to increase soil aggregation. The high number of arbuscular mycorrhizal spores and their level of colonization with mangrove roots illustrates that mangrove growth in the coastal area of Kwandang cannot be separated from the role of arbuscular mycorrhizae. The rapid growth of mangroves will be able to compensate for the degradation that occurs so that the balance of the ecosystem is maintained. The high spore density and the degree of mycorrhizal colonization with mangroves in the coastal area of Kwandang provide great potential for the area to be rehabilitated by utilizing arbuscular mycorrhizae as biological agents. This is supported by Zubek et al. in Husna (2015) that arbuscular mycorrhizae can significantly accelerate the succession and success of plant species in conservation and rehabilitation programs. Based on the correlation value, there is a positive relationship between spore density, spore diversity, and mycorrhizal colonization with

mangroves. This relationship illustrates that arbuscular mycorrhizae provide a large carrying capacity for the survival of the host plant.

## CONCLUSIONS

As the conclusions, the current study presents some concluding important points which are follows:

1. The carrying capacity of arbuscular mycorrhizae in supporting mangrove growth in the coastal area of Kwandang, North Gorontalo Regency is determined in the high level. This can be seen from the density of spores. The average number of spores isolated was 42 spores / 100 grams of soil.
2. Arbuscular mycorrhizae play a role in increasing mangrove growth. This can be seen from the high percentage of colonization with mangrove roots, showing 57.87%.
3. The arbuscular mycorrhizae ability in supporting the rehabilitation of mangrove forests can be evidenced by carrying capacity and ability to increase mangrove growth. This can be measured by the number of spores and the level of colonization with mangrove roots.
4. Arbuscular mycorrhizae have the potential to rehabilitate degraded mangrove areas, therefore, they can be used as biological agents in helping mangrove growth.

## REFERENCES

- Ansiga, R.A., Rumambi, D., dan Kaligis, I.M. 2017. Eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Rizosfir Hijauan Pakan. *Jurnal Zootek*. 37 (1): 167 –178.
- Baderan, Dewi. 2013. *Model Valuasi Ekonomi Sebagai Dasar Untuk Rehabilitasi Kerusakan Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo*
- Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. and Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research GPO Box 1571, Canberra.
- Brower, J.E., Jerrold, H.Z., and Car, I.N.V.E. 1990. *Field dan di Laboratory Methods for General Ecology. Third Edition*. Wm.C.Brown Publisher, USA, New York.
- Flowers, T.J., Troke, P.F., and Yeo, A.R.. 1977. *The mechanism of salt tolerance in halophytes*. *Ann. Rev. Plant Physiol* 28 : 89-121.
- Gustian, Burhanuddin, dan Ratna Herawatiningsih. 2015. Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskula Pada *Avicennia spp.* *Jurnal Hutan Lestari*. 3 (3):411 – 422
- Hanafiah, Kemas Ali, Napoleon A, dan Ghofar Nuni. 2010. *Biologi Tanah: ekologi dan mikrobiologi tanah*. PT. Jakarta
- Husna. 2015. *Potensi Fungi Mikoriza Arbuskula (Fma) Lokal Dalam Konservasi Ex- Situ Jenis Terancam Punah Kayu Kuku [Pericopsis mooniana (Thw.) Thw.]*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- INVAM. 2013. *International Culture Collection of Vesikular Arbuscular Mychoriza Fungi (US)*
- Katili, A.S. 2009. *Struktur Komunitas Dan Pola Zonasi Mangrove Serta Hubungannya Sebagai Sumberdaya Hayati Pesisir Di Wilayah Kwandang Provinsi Gorontalo*. Tesis. Fakultas Biologi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Nusantara, A.D., Bertham, Y.H., dan Mansur, I. 2012. *Bekerja Dengan Fungi Mikoriza Arbuskula*. SEAMEO BIOTROP Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology. Bogor.

- O'Connor, P. J., Smit, S. E., and Smith, F. A.. 2001. *Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Shouthern Simpson desert. Aust. J. Bot.* 49: 493- 499.
- Putri, D.N., Nasir, and Alamsyah, F. 2016. The effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on white root disease (*Rigidoporus microporus*) in rubber seedlings (*Hevea brasiliensis*). *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON.* 2 (1): 2407-8050.
- Saparinto. C. 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove. Dahara Prize*
- Sariasih, Y., Sutrawati, M. dan Hartal. 2014. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai terhadap Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Berbagai Media Pasir. *J. Agrotek. Trop.* 3 (1): 27-31
- Smith SE & Smith FA. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant Biology* 62: 227-250.
- Sutarman, 2016. *Biofertilizer Fungi: Trichoderma & Mikoriza.* UMSIDA PRESS. Sidoarjo.

## **Perbaikan Sifat Fisika Ultisol Melalui Peran *Glomalin* Mikoriza dan Bahan Organik Pada Tanaman Jagung (*Zea mays*, L.)**

Oleh

**Eti Farda Husin, Eddiwal**

Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang

### **ABSTRAK**

*Ultisol termasuk lahan yang memiliki banyak kendala bagi tanaman terutama sifat fisika, serta kandungan bahan organik tanah yang sangat rendah. Produktifitas tanaman terutama jagung pada ultisol dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan mikoriza indigeneus. Mikoriza merupakan jamur yang mampu membentuk simbiosis mutualisme dengan tanaman jagung, hifa dari mikoriza mengandung **glomalin** yang membantu penyerapan hara dan air tanaman sekaligus memperbaiki sifat fisika tanah lainnya secara berkelanjutan. Jamur/fungi mikoriza membutuhkan nitrogen (N) dari bahan organik untuk memproduksi glomalin. Dari hasil penelitian aplikasi mikoriza terpilih pemberian bahan organik dapat meningkatkan produksi glomalin mikoriza sehingga bahan organik terlihat meningkatkan produksi glomalin pada tanaman jagung dan mampu memperbaiki sifat fisika ultisol. Hasil penelitian ini menemukan Sembilan (9) spesies mikoriza indigeneus dari tanah ultisol yaitu *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus etunicatum*, *Glomus luteum*, *Glomus mosseae*, *Glomus verruculosum*, *Glomus versiforme*, *Scutellospora gregaria*, *Scutellospora heterogama* and *Gigaspora Sp.* Hasil pengujian terhadap kemampuan infeksi dan produksi glomalin ditetapkan 3 spesies FMA terpilih yaitu *G. luteum*, *G. verruculosum*, dan *G. versiforme* yang menghasilkan glomalin tertinggi sebesar 11,06 dan 13,64 mg.g<sup>-1</sup> berturut turut sehingga berpengaruh lebih baik pada fisika tanah dan respon pertumbuhan tanaman jagung pada Ultisol dengan pemanfaatan inokulan Mikoriza plus bahan organik setara 30 mg N dari *G. versiforme* diperoleh produksi pipilan kering tertinggi sebesar 6,52 ton/ha. Peningkatan produksi jagung pada Ultisol dengan pemanfaatan inokulan mikoriza plus bahan organik mencapai 84% dibanding tanpa pemberian inokulan mikoriza.*

**Kata kunci :** *glomalin, indigenous, simbiosis, Ultisol*

### **PENDAHULUAN**

Ultisol adalah salah satu jenis tanah di Indonesia yang dominan dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Ultisol dapat dikatakan sebagai lahan marginal yang sukar subur dimanfaatkan sebagai lahan pertanian lagi, kecuali dilakukan tindakan-tindakan tertentu yang dapat membantu tanaman agar mampu hidup di tanah tersebut malahan mampu memberikan hasil yang memuaskan. Untuk mereklamasi lahan ultisol ini antara lain memperbaiki sifat fisika nya, bagaimana jalan terbaik untuk mengkonservasi tanah dan air tanaman, antara lain dengan cara pemilihan jenis tanaman atau pohon yang cocok tumbuh di lahan tersebut, pengolahan tanah yang tepat antara lain dengan memanfaatkan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA).

Mikoriza adalah suatu bentuk hubungan yang simbiosis mutualisme antara fungi/cendawan (mykes) dengan perakaran (rhyza) tumbuhan tingkat tinggi, hubungan ini dicirikan dengan adanya arbuskula, sehingga fungi/cendawan ini dikenal dengan nama FMA. Adanya hubungan

ini akan saling menguntungkan bagi fungi dan bagi tanaman, karena fungi mampu memperoleh karbohidrat dari tanaman, sedangkan tanaman beruntung karena mampu mengabsorpsi hara dan air yang jauh lebih banyak dari sebelumnya tidak terambil dan tidak tersedia (Mosse, 1981).

Pupuk FMA sering disebut sebagai pupuk hayati karena sumbernya dari mikroorganisme (Jamur/fungi/cendawan). Tetapi, FMA bukan diberikan atau menggantikan hara bagi tanaman inangnya karena hanya membantu tanaman untuk bisa menyerap air dan hara yang lebih banyak terutama melalui hifa yang terbentuk dari tubuhnya yang keluar berupa rambut-rambut akar tanaman. Karena itu, aplikasi FMA pada tanah marginal seperti Ultisol akan memberikan hasil tanaman kalau saat memberikan FMA pada tanah seiring dengan diberikannya 50% pupuk. Dari hasil penelitian Husin (1992) terbukti bahwa pemberian FMA dan pupuk hijau di Ultisol Jawa Barat dapat meningkatkan serapan hara P tanaman jagung 12 kali lebih banyak yaitu 0.48 mg/pot menjadi 5,96 mg/pot. Aplikasi FMA dengan pupuk buatan terhadap tanaman jagung dan cabai juga terbukti dapat meningkatkan serapan hara dan bobot kering tanaman tersebut (Husin, 1997). Selain membantu tanaman dalam penyerapan hara, FMA juga tekanan lingkungan seperti kekeringan. Hasil penelitian Husin, Kasli Yurnalis dan Halim (1997) membuktikan bahwa inokulasi FMA pada akar tanaman sengon dapat meningkatkan toleransi tanaman tersebut terhadap kekeringan melalui peningkatan efisiensi penggunaan air tanaman. Terbukti pada tanaman sengon yang hanya mendapatkan 50% air untuk kebutuhan hidupnya tetapi diinokulasi FMA ternyata mampu hidup dan memberikan hasil tanaman yang sama dengan tanaman sengon yang mendapatkan 100% air tetapi tanpa diinokulasi FMA.

Aktifitas FMA memiliki fungsi penting pada ekosistem berupa sumbangannya terhadap perbaikan sifat fisika tanah terutama perbaikan struktur tanah Ultisol yang sangat berhubungan dengan stabilitas agregat dan kualitas lingkungan (Treseder and Turner, 2007). Peranan FMA terhadap agregasi tanah adalah melalui aktifitas FMA yang menghasilkan protein tanah sebagai glikoprotein yang dinamai *glomalin*. Pertama kali ditemukan Glomalin oleh Wring and Upadhyaya tahun 1996. Rilling (2004) menggunakan istilah baru protein tanah ini yang disebut "Glomalin Related Soil Protein" (GRSP) yang sebagai sumber C (carbon) dan N (Nitrogen) tanah yang penting dalam siklus hara dan sistem karena lebih dari 80% penyusun hifa dan dinding spora FMA adalah glomalin (Driver, Holben dan, Rilling, 2005).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian glomalin dilakukan dalam bentuk 3 tahap, yaitu:

1. Pengambilan sampel tanah dan sifat fisika tanah
2. Penapisan dan perbanyak spora FMA
3. Pengujian total glomalin, formulasi, dan perbanyak FMA

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Sifat fisika tanah awal dan sesudah aplikasikan FMA.**

Sifat tanah yang diuji adalah sampel tanah komposit dari dua lokasi (Pisang berebus dan sungai Langkok) yang diambil pada 5 tempat penanaman jagung petani. Hasil pengamatan sifat fisika tanah awal dari kedua lokasi ditampilkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Pengamatan sifat fisika tanah awal di dua lokasi

No.	Ciri fisika tanah	Hasil analisis awal	Hasil Analisis setelah di + FMA
1.	BV (g.cm <sup>-3</sup> )	0.84	0.78
2.	Total Ruang Pori (%)	60.6 <sup>s</sup>	61.8 <sup>s</sup>
3.	pF 1.0	53.4	60.5
4.	pF 2.0	42.3	48.3
5.	pF 2.54	36.2	43.3
6.	pF 4.2	28.5	28.7
7.	Pori Makro	24.4	18.5
8.	Pori Mikro	36.2	43.3
9.	Pori drainase cepat	18.3 <sup>t</sup>	0.76
10.	Pori drainase lambat	6.1 <sup>r</sup>	13.5 <sup>s</sup>
11.	Pori air tersedia (%)	7,7 <sup>r</sup>	5.0 <sup>r</sup>
12.	Stabilitas aggregate (NSI)	0.81	14.6 <sup>r</sup>

Hasil sifat fisika Ultisol pada kedua lokasi dalam tabel 1 tidak begitu jelek, tapi dengan adanya aplikasi FMA dan bahan organik melalui perbaikan sifat fisik tanah tanaman jagung memberikan hasil yang lebih tinggi. Perubahan sifat fisika yang dihasilkan oleh FMA dapat disebabkan akibat glumalin berupa perekat (*glue*) yang aktifitasnya sebagai pengangkut hara dan air sehingga melindungi hifa dari kekeringan dan perusakan oleh mikroba lainnya. Setelah aktifitas hifa terhenti (dalam beberapa minggu) glumalin terlepas bersama hifa dan menyatu dengan mineral tanah (pasir, debu, dan liat) dan dengan bahan organik membentuk gumpalan agregat tanah yang stabil (Riligi,2004). Agregat tanah yang stabil merupakan salah satu perubahan sifat fisika tanah akibat glumalin sehingga tanah tahan terhadap erosi air dan angin, cukup porous untuk udara, air dan perkembangan akar jadi lebih baik.

#### *Pengamatan spora*

Spesies FMA yang ditemukan pada kedua lokasi ultisol sebanyak 9 spesies dari 10 sampel rhizosfir tanaman jagung. Spesies yang ditemukan dominan pada ultisol dapat dilihat di tabel 2.

**Tabel 2.** Kelimpahan relative dan frekuensi isolasi FMA

No.	Fungi Mikoriza Arbuskula	Lokasi pisang berebus			Lokasi Sungai langkok		
		Jumlah Spora	RA (%)	IF (%)	Jumlah Spora	RA (%)	IF (%)
1	<i>Acaulospora scorbiculata</i>	35	1,29	80	0	0	0
2	<i>Glomus etunicatum</i>	172	6,34	80	42	11,44	80
3	<i>Glomus luteum</i>	1009	37,18	100	107	29,16	100
4	<i>Glomus mosseae</i>	159	5,86	100	36	9,81	80
5	<i>Glomus verruculosum</i>	183	6,74	80	32	8,72	40
6	<i>Glomus versiforme</i>	999	36,81	100	134	36,52	100
7	<i>Scutellospora gregaria</i>	79	2,91	100	12	3,3	40
8	<i>Scutellaspota heterogama</i>	42	1,55	60	0	0	0
9	<i>Gigaspora</i> sp.	36	1,33	80	4	1,09	40
	Total	2714	100		367	100	

Keterangan:

RA : Keragaman yang dimiliki

IF : Indeks keragaman

Kerapan spora pada kedua lokasi juga berbeda yang menunjukkan korelasi positif dengan kandungan glomalin tanah. Total glomalin tertinggi ditemukan pada lokasi pisang rebus yaitu 2.14 -4.54 mg.g<sup>-1</sup> dengan kerapatan spora antara 1824 – 4199 spora per 100 gr tanah. Pada lokasi sungai langkok glumalin lebih rendah dengan jumlah spora antara 155 – 637.

#### Total Glomalin dan kolonisasi FMA

Hasil pengujian terhadap produksi glumalin dan kolonisasi FMA dari presentasi akar dari tanaman yang terinfeksi memperlihatkan kandungan glomalin dan pengamatan koloniasasi FMA dalam persentasi infeksi akar dapat di lihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Kandungan glomalin dan kolonisasi FMA dalam persentase infeksi akar

No	Perlakuan Inokulasi FMA	Rata-rata Glomalin (mg/g)	Rata-rata persentase akar (%)
1	<i>Acaulospora scorbiculata</i>	1.2900 A	91.333 A
2	<i>Glomus etunicatum</i>	1.667 A	87.333 A
3	<i>Glomus luteum</i>	1.1533 A	80.000 AB
4	<i>Glomus mosseae</i>	0.6467 B	76.000 AB
5	<i>Glomus verruculosum</i>	0.4833 BC	56.000 BC
6	<i>Glomus versiforme</i>	0.4633 BCD	56.000 BC
7	<i>Scutellospora gregaria</i>	0.4400 CD	40.667 CD
8	<i>Scutellaspota heterogama</i>	0.2733 DE	26.000 DE
9	<i>Gigaspora</i> sp.	0.1767 EF	15.333 EF
10	Tanpa FMA	0.0367 F	0.000 F

Total glumalin dari 9 spesies pada tabel 3 di atas menunjukkan perbedaan nyata dimana *G. verruculosum*, *G. Versiforme*, dan *G. luteum* lebih tinggi dibandingkan spesies lain. Kolonisasi FMA diukur dari persentase akar tanaman dan *G. versiforme* memperlihatkan infeksi FMA tertinggi sebaliknya spesies *A. scrobiculata* memiliki infeksi terendah, sedangkan perlakuan tanpa FMA tidak ditemukan pada infeksi akar.

Berdasarkan total glomalin dan infeksi FMA terhadap akar pada penelitian ini memperlihatkan bahwa *G. verruculosum*, *G. Versiforme*, dan *G. luteum* adalah yang terbaik dalam pengujian kultur pot media steril. Kolonisasi akar >80 % merupakan kategori tinggi (Giovenetti dan Mosse, 1980) yang dapat digunakan sebagai bahan inokulan.

## KESIMPULAN

Spesies FMA Indigenus dari Ultisol Damasraya ditemukan 9 spesies, yaitu *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus verruculosum*, *Glomus versiforme*, *Glomus luteum*, *Glomus mosseae*, *Scutellospora gregaria*, *Scutellospora heterogama*, *A. Scrobiculata*, dan *Gigaspora. sp.*

Kolonisasi yang lebih baik pada tanam jagung di ultisol ini adalah *G. luteum*, *G. verruculosum*, dan *G. versiforme* karena menghasilkan glomalin lebih tinggi sehingga ciri fisika tanah meningkat lebih baik yaitu kandungan air dan porous tanah lebih meningkat sehingga drainase lebih mudah diatur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Husin,E.F. 1992. *Perbaikan Beberapa Sifat Tanah Podsolik dengan Pemberian Pupuk Hijau dan Fungi Arbuskula Mikoriza Serta Efeknya Terhadap Serapan Hara dan Hasil Hanaman Jagung*. Disertasi Doktor, Pasca Sarjana Universitas Padjadjaran Bandung.
- Husin,E.F. 1997. Respon Beberapa Jenis Tanaman Terhadap Mikoriza dan Pupuk Fosfat pada Tanah Jenis Ultisol Pasir Pangarayan. Proc. Seminar Hasil Penelitian BKS-PTN Wilayah Indonesia Barat. ISSN: 0850-7394.
- Husin,E.F ; Kasli; Yurnalis dan Marah Halim. 1997. *Respon Pertumbuhan Bibit Sengon (Abizia Falcarita) Terhadap Fungi Mikoriza Arbuskula Dalam Keadaan Cekaman Air*. Seminar Hasil Penelitian BKS-PTN Wilayah Barat di Universitas Jambi.
- Mosse,B. 1991. *Vesicular Mycorhyza. Research For Tropical Agriculture*. Ress Bull. 194. Haway Inst.TRp. Gric Human. Resources.
- Rilling,M.C. 2004. Arbuscular Mycorrhizae, Glomalyn, and Soil Aggregation. Can.J.Soil Sci. 84: 355-363.
- Treseder,K.K and K.M. Turner. 2007. Glomayn and Ecosystem. Soil Science Society Of American Journal. 71 (4): 1257-1266
- Wright,S.F and A.Upadhyaya. 1996. *Extraction of an Abundant an Unusual Protein From Soil and Comparison With Hyphal Protein of Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. Soil Science. 161 (9): 575-586.
- Wright,S.F ; K.A ; L.Jawson ; L.McKenna and A.Almendras. 2001. *Glomalyn-A Manageable Soil Glue*. Soil Science Society of America Special Publication of Chapter 21.