

**EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA)
DI HUTAN PENDIDIKAN MANGROVE UNILA DESA MARGASARI
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

Skripsi

NOVA NATALIA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

EXPLORATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF) AT UNIVERSITY OF LAMPUNG MANGROVE EDUCATION FOREST AT MARGASARI VILLAGE LAMPUNG TIMUR REGENCY

By

NOVA NATALIA

University of Lampung Mangrove Education Forest located in Margasari village is dominated by two types of vegetation, namely *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina*. Both of these types occupied a different zoning. There is limited research about mikoriza on mangrove forest, therefore needs to explore arbuskular mycorrhizal fungi (AMF) in this side. The purpose of this research was to know how distances and types of vegetation against the total population of spores. Research conducted in Univesity of Lampung Mangrove Education Forest and Laboratory of Plantation Production, Department of Agrotechnology Faculty of Agriculture University of Lampung and taken in May – August 2015. The sampling method used to take soils and roots samples. Sampling done with transect method with 3 times repeat on 2 types of mangrove vegetation, sampling points taken 50 m for each distance from land to sea. The methods used to extract spores and observation of root infection is techniques pour strain and coloring roots method. Data taken were the percent infection of roots, the density of spores and frequency of spores. The result showed that number of spores found at a

distance of 0 m-150 m from land more than the distance 200 m- 350 m from land.
The number of spores found on a *R.mucronata* more than *M.avicennia*. But there was no AMF infection in mangrove roots.

Key words : *Avicennia marina*, Lampung, mangrove, mycorrhizae, *Rhizophora mucronata*.

ABSTRAK

EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) DI HUTAN PENDIDIKAN MANGROVE UNILA DESA MARGASARI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Oleh

NOVA NATALIA

Hutan pendidikan mangrove Unila Desa Margasari didominasi oleh 2 jenis vegetasi yaitu bakau besar (*Rhizophora mucronata*) dan api-api (*Avicennia marina*). Kedua jenis ini menempati zonasi yang berbeda. Penelitian mikoriza pada hutan mangrove sangat terbatas, maka dari itu perlu dilakukan eksplorasi fungi mikoriza arbuskula (FMA). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jarak dan jenis vegetasi terhadap jumlah populasi spora FMA. Penelitian dilakukan di Hutan Pendidikan Mangrove Unila dan Laboratorium Produksi Perkebunan, Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan berlangsung pada bulan Mei – Agustus 2015. Metode sampling yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah dan akar adalah metode transek dengan 3 kali ulangan pada 2 jenis vegetasi mangrove, titik pengambilan sampel berada pada setiap jarak 50 m dari darat ke laut. Metode yang digunakan untuk mengekstraksi spora dan pengamatan infeksi akar adalah metode teknik tuang saring dan pewarnaan akar. Data yang diambil meliputi persen infeksi akar, kepadatan spora dan frekuensi spora. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah spora yang

ditemukan pada jarak 0 m - 150 m dari darat lebih banyak daripada jarak 200 m - 350 m dari darat. Jumlah spora yang ditemukan pada jenis bakau besar lebih banyak daripada jenis api-api. Tetapi tidak ada infeksi FMA yang ditemukan pada akar mangrove.

Kata kunci : *Avicennia marina*, Lampung, mangrove, mikoriza, *Rhizophora mucronata*.

**EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) DI HUTAN
PENDIDIKAN MANGROVE UNILA DESA MARGASARI KABUPATEN
LAMPUNG TIMUR**

Oleh

Nova Natalia

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN

Pada

Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA
ARBUSKULA (FMA) DI HUTAN
PENDIDIKAN MANGROVE UNILA
DESA MARGASARI KABUPATEN
LAMPUNG TIMUR**

Nama Mahasiswa : **Nova Natalia**

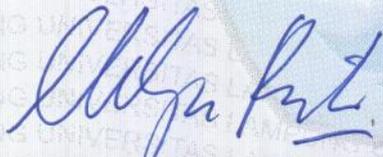
Nomor Pokok Mahasiswa : **1114151046**

Jurusan : **Kehutanan**

Fakultas : **Pertanian**

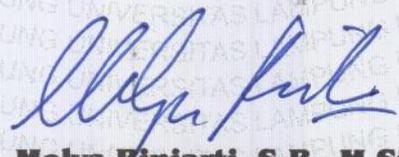
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002

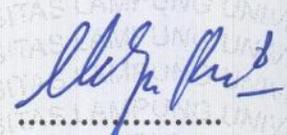

Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.
NIP 196603041990122001

2. Ketua Jurusan Kehutanan

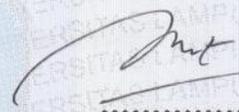

Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si. 

Sekretaris : Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc. 

**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Afif Bintoro, M.P.** 

Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Mei 2016

TERUNTUK

Ayah dan ibu di surga, kupersembahkan karya ini untuk kalian berdua. Terimakasih sudah mengizinkan aku menyelesaikan pendidikan ini. Doakan anakmu semoga berhasil di dunia ini.

The more that you read, the more things you will know. The more that you learn, the more places you'll go.

- Dr. Seuss -

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabanjahe pada tanggal 19 November 1993, sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari Bapak (alm) Pendi Tarigan dan Ibu (almh) Marta br Ginting.

Penulis memulai pendidikan sekolah dasar (SD) di SD Santo Xaverius 3 Kabanjahe pada tahun 1999 dan selesai pada tahun 2005, kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah pertama (SMP) di SMP Santo Xaverius 1 Kabanjahe dan selesai pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah umum (SMU) di SMAN 1 Tigapanah dan selesai pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang universitas melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis dan diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2011.

Selama menjadi mahasiswa penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Kehutanan (HIMASYLVA) sebagai anggota utama dan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian (BEM – FP) sebagai anggota bidang dinas penelitian, pengembangan dan seminar. Agustus 2014, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Kepala Resort Pemangkuan Hutan (KRPH) Pucung, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Randubalitung, Perum Perhutani Divisi

Regional Jawa Tengah selama 30 hari. Januari 2015, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sido Mukti, Kecamatan Gedong Aji Baru, Kabupaten Tulang Bawang selama 40 hari.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan hikmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul "*Eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari Kabupaten Lampung Timur*" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada.

- 1) Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan S. Banuwa, M. Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- 2) Ibu Dr. Melya Riniarti, S. P., M. Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan pembimbing utama dalam penyusunan skripsi, atas segala bimbingan dan saran selama proses penyelesaian skripsi ini;
- 3) Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M. Sc., selaku pembimbing kedua, atas kesediaan memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
- 4) Bapak Drs. Afif Bintoro, M. P., selaku penguji, atas saran dan kritik yang membangun dalam menyelesaikan skripsi ini;

- 5) Ibu Dr. Asihing Kustanti, S. Hut., M. Si., selaku pembimbing akademik yang sudah memberi saran dan arahan selama proses perkuliahan dan proses penyelesaian skripsi ini;
- 6) Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Pegawai di Jurusan Kehutanan Universitas Lampung yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kehutanan Universitas Lampung;
- 7) Keluarga penulis : Bang tua Chandra Gunawan Tarigan, bang tengah Charles David Tarigan, bang uda Chery Yunus Tarigan, kak Megawati br Sitepu, bang Ronal Purba, kak Deswita br Barus, Bibi Sribujandi dan kila, bibi Uda, dan bang Malemta Alfianus Ginting yang sudah mendoakan, mendukung dan menyemangati dalam menyelesaikan skripsi ini, “*bujur melala*”;
- 8) Sahabat-sahabat penulis tercinta “**CELEBI**” yang sudah seperti keluarga atas dukungan dan bantuan selama proses penyelesaian skripsi ini;
- 9) Saudara-saudari kehutanan 2011 “**FOREVER**” atas waktu dan kebersamaan baik dalam suka maupun duka.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Bandar Lampung, Juni 2016

Penulis,

NOVA NATALIA

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Kerangka Pemikiran	4
F. Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Mangrove	7
B. Zonasi Mangrove.....	7
C. Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari Lampung Timur ...	10
D. Mikoriza	11
E. Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)	12
F. Karakteristik Fungi Mikoriza Arbuskula.....	13
G. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Mikoriza.....	14
1. Cahaya.....	14
2. Suhu.....	14
3. Kandungan air tanah.....	15
4. pH tanah	15
5. Bahan organik	16
6. Logam berat dan unsur lain	16
III. METODE PENELITIAN	17
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	17
B. Bahan dan Alat	18
C. Metode Penelitian.....	18
D. Data yang Dikumpulkan	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Hasil Penelitian	24
B. Pembahasan	27
1. Akar	27
2. Spora.....	30
V. SIMPULAN DAN SARAN	35
A. Simpulan.....	35
B. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kategori akar terkolonisasi	24
2. Persentasi akar terinfeksi FMA pada akar bakau besar dan api-api.....	25
3. Frekuensi spora dalam semua sampel pada bakau besar dan api-api dari darat menuju laut.....	26
4. Kepadatan spora/100 g tanah berdasarkan jenis (bakau besar dan api-api) dan jarak (0-350m) pada hutan mangrove	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pola zonasi mangrove	9
2. Peta Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari.....	17
3. Ilustrasi jarak dan vegetasi di Hutan Mangrove Desa Margasari	20
4. Pengambilan sampel tanah dan akar mangrove dengan metode transek dari darat ke arah laut dengan titik pengamatan setiap 50m di Hutan Mangrove Desa Margasari.....	20
5. Sel akar mangrove yang diambil di Desa Margasari. (a) sel bakau besar dan (b) sel api-api.....	25
6. Perbedaan bentuk perakaran dari 2 jenis vegetasi Hutan Mangrove Desa Margasari, (a) perakaran bakau besar dan (b) perakaran api-api	32

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mangrove merupakan sekumpulan pohon yang membentuk suatu ekosistem hutan di sepanjang garis pantai maupun di lahan yang berawa atau berair payau. Hutan mangrove dapat dikatakan sebagai salah satu sumber daya alam yang tumbuh di pinggir pantai. Manfaat yang dirasakan dari hutan mangrove tidak hanya dari segi ekologis melainkan dari segi ekonomis dan sosial. Menurut FAO (2007), hutan mangrove merupakan tipe hutan yang khas dan tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai, yaitu di daerah tropis dan subtropis.

Hutan mangrove Desa Margasari memiliki luas lebih kurang 700 hektar pada tahun 2005 (Kustanti, 2011). Duryat dan Riniarti (2015) menyatakan bahwa pada tahun 2014 luas hutan mangrove mencapai 1200 hektar. Hutan mangrove tersebut telah diserahkan oleh Pemerintah Kabupaten Lampung Timur untuk dikelola oleh Universitas Lampung berdasarkan Nota Kesepakatan bernomor 572.1/940/-08/UK/2005 dan 4093/J26/KL/2005 tanggal 15 Desember 2005 sebagai upaya pendidikan dan pengabdian kepada masyarakat (Kustanti, 2011).

Yudha (2007) menyatakan bahwa hutan mangrove Desa Margasari didominasi jenis bakau besar (*Rhizophora mucronata*) yang ditanam oleh masyarakat dan pemerintah dan api-api (*Avicennia marina*) yang tumbuh secara alami. Jenis mangrove ini tumbuh dengan formasi/zonasi yang unik, dikatakan demikian karena tanaman bakau besar tumbuh lebih dekat dengan darat dan selanjutnya di depan tanaman bakau besar barulah tumbuh tanaman api-api yang cenderung lebih dekat dengan laut. Sehingga kedua tanaman ini memiliki jarak yang berbeda dari darat ke laut. Menurut Bengen dan Dutton (2004), faktor-faktor yang mempengaruhi zonasi dari hutan mangrove adalah salinitas, toleransi terhadap ombak dan angin, toleransi terhadap lumpur (substrat) dan frekuensi genangan air.

Tomlinson (1986) dalam Onrizal (2005) menyatakan bahwa, adaptasi tumbuhan mangrove secara anatomi terhadap keadaan tanah dan kekurangan oksigen adalah melalui sistem perakaran yang khas dan lentisel pada akar nafas, batang, dan organ lainnya. Onrizal (2005) juga menyatakan hutan mangrove secara rutin digenangi oleh pasang surut air laut, maka lingkungan (tanah dan air) hutan mangrove bersifat salin.

Mikoriza merupakan salah satu bentuk hubungan mutualisme antara fungi tertentu dengan sistem perakaran tanaman. Hubungan tersebut memberikan keuntungan baik untuk fungi maupun tanaman (Supriyanto dan Mansur, 2009). Salah satu jenis fungi mikoriza yang ada yaitu Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). Menurut Setiadi (2001) dalam Yusni (2011), bahwa FMA merupakan salah satu jenis fungi tanah yang memiliki tingkat penyebaran tinggi, karena kemampuannya bersimbiosis dengan hampir 90% jenis tanaman. Fungi mikoriza pada umumnya dapat

ditemukan pada spesies tanaman tingkat tinggi yang tumbuh pada berbagai tipe habitat dan iklim. Adapun penyebarannya bervariasi menurut iklim, lingkungan, dan tipe penggunaan lahan.

Keberadaan fungi mikoriza di alam bersifat kosmopolitan, artinya fungi mikoriza hampir pasti ada dalam kondisi tanah apapun. Keberadaan fungi mikoriza dibatasi oleh beberapa faktor antara lain kondisi tanah yang memiliki kadar salinitas yang tinggi (Siradz dan Kabirun, 2007). Dari teori tersebut timbul dugaan bahwa keberadaan mikoriza membantu ketahanan mangrove terhadap salinitas, seperti yang diketahui bahwa mikoriza mampu bersimbiosis dengan berbagai jenis tanaman termasuk di tempat yang salin. Hermawan *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa mikoriza tidak hanya berkembang pada tanah berdrainase baik, tetapi juga pada lahan tergenang.

Meskipun telah diketahui bahwa fungi mikoriza berperan dalam pertumbuhan tanaman pada kondisi salin, namun keberadaan fungi mikoriza asal tanah salin belum dipelajari secara lengkap. Hal ini ditunjukkan oleh sebagian besar penelitian mengenai keberadaan dan pemanfaatan fungi mikoriza pada kondisi salin mengu nakan fungi mikoriza yang berasal dari tanah tidak salin (Hirrel dan Gerdemann, 1980; Delvian, 2003).

B. Rumusan Masalah

1. Apakah jarak dari darat menuju laut mempengaruhi populasi FMA ?
2. Apakah populasi FMA berbeda antara tegakan bakau besar dan api-api pada Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari Lampung Timur ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Mengetahui pengaruh jarak dari darat ke laut terhadap populasi FMA di Hutan Mangrove Unila Desa Margasari Lampung Timur.
2. Mengetahui perbedaan populasi FMA pada tegakan bakau besar dan api-api di Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari Lampung Timur.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sumber informasi mengenai keberadaan populasi FMA di Hutan Pendidikan Mangrove Unila pada tegakan bakau besar dan api-api.

E. Kerangka Pemikiran

Hutan mangrove merupakan salah satu sumberdaya alam pantai yang dapat tumbuh di air laut yang salin, yang artinya mengandung kadar garam tinggi. Tanaman yang biasa tidak akan dapat tumbuh pada dataran dengan salinitas tinggi, namun karena mangrove memiliki kemampuan toleransi konsentrasi garam yang terdapat pada air laut, tanaman ini mampu hidup pada kondisi tersebut. Istomo (1992) dalam Onrizal (2005) menyatakan bahwa pada dasarnya karakteristik dari ekosistem mangrove adalah berkaitan dengan keadaan tanah, salinitas, penggenangan, pasang surut, dan kandungan oksigen tanah. Adapun adaptasi mangrove

terhadap habitat tersebut tampak pada fisiologi dan komposisi struktur tumbuhan mangrove.

Kondisi hutan mangrove seperti diketahui mengalami salin dan selalu tergenang. Nandakwang *et al.* (2008) menyatakan bahwa keberadaan FMA sangat penting dalam kaitannya dengan kesuburan tanah dari suatu ekosistem, terutama dalam ekosistem hutan. Beberapa penelitian menunjukkan adanya keterkaitan antara keberadaan mikoriza di suatu tempat dengan kondisi lahan dan pertumbuhan suatu jenis pohon. Kondisi tanah tersebut dapat mempengaruhi keberadaan mikoriza. Semakin banyak genangan air dalam tanah dapat semakin menekan keberadaan mikoriza, maka dari itu jarak dari darat menuju laut dapat mempengaruhi jumlah populasi ditemukannya mikoriza. Semakin menuju ke laut, substrat dalam tanah semakin berkurang, tanah semakin tergenang dan semakin mengalami salin. Semakin salin tempat tersebut maka semakin sulit bagi mikoriza untuk tumbuh, seperti penelitian Delvian (2010) dan, Ragupathy dan Mahadevan (1991).

Hetrick (1984) *dalam* Delvian (2005) menyimpulkan bahwa kolonisasi akar dan produksi spora dipengaruhi oleh dua faktor, salah satunya adalah lingkungan. Pernyataan Smith dan Read (2008) mengenai persentase kolonisasi fungi tergantung pada jenis FMA dan tanaman inang itu sendiri dan sering dikaitkan dengan pertumbuhan akar maupun kepekaan akar. Daft dan Nicolson (1972) *dalam* Delvian (2005) juga menyatakan, tidak ada hubungan yang erat antara kolonisasi dengan produksi spora, sehingga tidak dapat dijadikan ukuran.

Tanaman yang tumbuh di hutan pendidikan mangrove Unila Desa Margasari didominasi oleh vegetasi bakau besar dan api-api. Kedua spesies tersebut memiliki

bentuk akar dan kepekaan akar yang berbeda, sehingga kedua spesies ini tumbuh pada zonasi yang berbeda pula. Bakau besar biasanya tumbuh dekat dengan darat sedangkan api-api tumbuh dekat dengan laut atau berhadapan langsung dengan laut. Maka dari itu dilakukan penelitian untuk mengeksplor mikoriza dengan melihat adakah perbedaan jumlah spora yang ditemukan pada mangrove dengan jarak dan jenis yang berbeda.

F. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah.

1. Semakin jauh dari darat semakin kecil jumlah spora FMA yang ditemukan pada hutan mangrove Desa Margasari.
2. Terdapat perbedaan jumlah populasi FMA antara tegakan bakau besar dan api-api.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mangrove

Kata mangrove mempunyai dua arti, pertama sebagai komunitas, yaitu komunitas atau masyarakat tumbuhan atau hutan yang tahan terhadap kadar garam/salinitas dan kedua sebagai individu spesies (Supriharyono, 2000 *dalam* Rochana, 2006). Hutan mangrove oleh masyarakat sering disebut pula dengan hutan bakau atau hutan payau. Namun menurut Rochana (2006), penyebutan mangrove sebagai bakau nampaknya kurang tepat karena bakau merupakan salah satu nama kelompok jenis tumbuhan yang ada di mangrove.

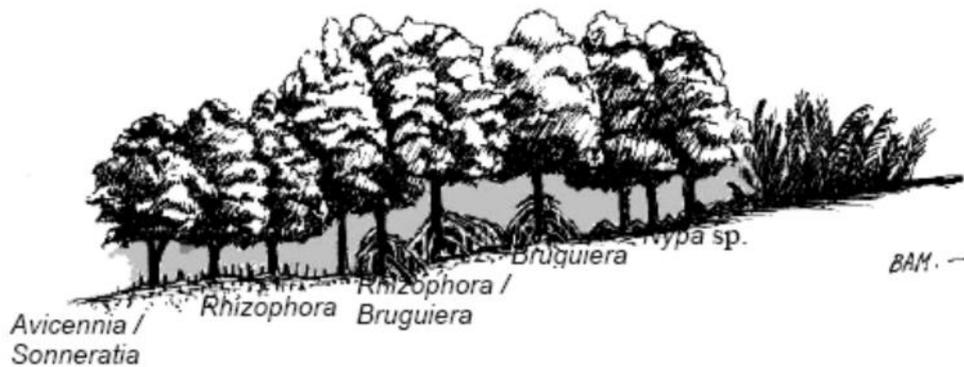
Hutan mangrove merupakan formasi hutan yang tumbuh dan berkembang pada daerah landai di muara sungai dan pesisir pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Oleh karena kawasan hutan mangrove secara rutin digenangi oleh pasang air laut, maka lingkungan (tanah dan air) hutan mangrove bersifat salin dan tanahnya jenuh air. Vegetasi yang hidup di lingkungan salin, baik lingkungan tersebut kering maupun basah, disebut halopita (Onrizal, 2005).

B. Zonasi Mangrove

Ekosistem mangrove dapat tumbuh dengan baik pada zona pasang-surut di sepanjang garis pantai daerah tropis seperti laguna, rawa, delta, dan muara sungai.

Ekosistem mangrove bersifat kompleks dan dinamis tetapi labil. Kompleks, karena di dalam ekosistem mangrove dan perairan maupun tanah di bawahnya merupakan habitat berbagai jenis satwa daratan dan biota perairan. Dinamis, karena ekosistem mangrove dapat terus tumbuh dan berkembang serta mengalami suksesi serta perubahan zonasi sesuai dengan tempat tumbuh. Labil, karena mudah sekali rusak dan sulit untuk pulih kembali (Kusmana, 1995). Pertumbuhan mangrove akan menurun jika suplai air tawar dan sedimen rendah. Keragaman jenis hutan mangrove secara umum relatif rendah jika dibandingkan dengan hutan alam tipe lainnya, hal ini disebabkan oleh kondisi lahan hutan mangrove yang senantiasa atau secara periodik digenangi oleh air laut, sehingga mempunyai salinitas yang tinggi dan berpengaruh terhadap keberadaan jenisnya. Jenis yang dapat tumbuh pada ekosistem mangrove adalah jenis *halofit*, yaitu jenis-jenis tegakan yang mampu bertahan pada tanah yang mengandung garam dari genangan air laut.

Kondisi-kondisi lingkungan luar yang terdapat di kawasan mangrove cenderung bervariasi di sepanjang gradien dari laut ke darat. Banyak spesies mangrove telah beradaptasi terhadap gradien ini dengan berbagai cara, sehingga di dalam suatu kawasan suatu spesies mungkin tumbuh secara lebih efisien daripada spesies lain. Tergantung pada kombinasi dari kondisi-kondisi kimia dan fisik setempat, karena hal ini, jalur-jalur atau zona-zona dari spesies tunggal atau asosiasi-asosiasi sederhana sering kali berkembang di sepanjang garis pantai (Gambar 1).



Gambar 1. Pola Zonasi Mangrove (Bengen dan Dutton, 2004).

Watson (1928) dalam Kusmana (1995) berpendapat bahwa hutan mangrove dapat dibagi menjadi lima bagian berdasarkan frekuensi air pasang, yaitu; zonasi yang terdekat dengan laut, akan didominasi oleh *Avicennia* spp dan *Sonneratia* spp, tumbuh pada lumpur lunak dengan kandungan organik yang tinggi. *Avicennia* spp tumbuh pada substrat yang agak keras, sedangkan *Avicennia alba* tumbuh pada substrat yang agak lunak; zonasi yang tumbuh pada tanah kuat dan cukup keras serta dicapai oleh beberapa air pasang. Ke arah daratan zonasi didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata*. Jenis *R.mucronata* lebih banyak dijumpai pada kondisi yang agak basah dan lumpur yang agak dalam. Pohon-pohon mangrove dapat tumbuh setinggi 35-40 m.

Menurut Bengen dan Dutton (2004) zonasi mangrove dipengaruhi oleh salinitas, toleransi terhadap ombak dan angin, toleransi terhadap lumpur (keadaan tanah), dan frekuensi tergenang oleh air laut. Zonasi menggambarkan tahapan suksesi yang sejalan dengan perubahan tempat tumbuh. Perubahan tempat tumbuh sangat

bersifat dinamis yang disebabkan oleh laju pengendapan atau pengikisan. Daya adaptasi tiap jenis akan menentukan komposisi jenis tiap zonasi.

C. Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari Lampung Timur

Hutan mangrove Desa Margasari memiliki luas lebih kurang 700 hektar pada tahun 2005 (Kustanti 2011). Duryat dan Riniarti (2015) menyatakan bahwa pada tahun 2014 hutan mangrove telah mencapai 1200 hektar. Hutan mangrove ini merupakan hasil rehabilitasi Dinas Kehutanan Provinsi Lampung pada tahun 1995 dan 1997. Hutan mangrove tersebut telah diserahkan oleh Pemerintah Kabupaten Lampung Timur untuk dikelola oleh Universitas Lampung berdasarkan Nota Kesepakatan bernomor 572.1/940/08/UK/2005 dan 4093/J26/KL/2005 tanggal 15 Desember 2005 sebagai upaya pendidikan dan pengabdian kepada masyarakat (Kustanti, 2011).

Jenis vegetasi yang mendominasi hutan mangrove Desa Margasari adalah api-api (*A. marina*) dan bakau besar (*R. mucronata*). Fauna yang ditemukan di hutan mangrove tersebut diantaranya adalah monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*), kepiting bakau (*Scylla serrata*), burung belibis (*Dendrocygna arcuata*), burung raja udang biru (*Alcedo caerulescens*), burung bangau (*Ciconiidae sp.*), burung elang laut (*Fregata ariel*), burung kuntul kerbau (*Bulbucus ibis*) dan burung blekok sawah (*Ardeola speciosa*).

D. Mikoriza

Mikoriza adalah suatu bentuk asosiasi simbiotik antara akar tumbuhan tingkat tinggi dan fungi tertentu. Nama mikoriza pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan Jerman, A. B. Frank pada tanggal 17 April 1885. Tanggal ini kemudian disepakati oleh para pakar sebagai titik awal sejarah mikoriza.

Nuhamara (1994) *dalam* Dewi (2007) menyatakan bahwa mikoriza adalah suatu struktur yang khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu autotrof/tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikrobion dalam ruang dan waktu. Struktur yang terbentuk dari asosiasi ini tersusun secara beraturan dan memperlihatkan spektrum yang sangat luas, baik dalam hal tanaman inang, jenis fungi maupun penyebarannya. Mikoriza tersebar dari artik tundra sampai ke daerah tropis dan dari daerah bergurun pasir sampai ke hutan hujan yang melibatkan 80% jenis tumbuhan yang ada.

Berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang, mikoriza dapat digolongkan menjadi 2 kelompok besar (tipe) yaitu ektomikoriza dan endomikoriza (Rao, 1994 *dalam* Dewi, 2007). Namun ada juga yang membedakan menjadi 3 kelompok dengan menambah jenis ketiga yaitu peralihan dari 2 bentuk tersebut yang disebut ektendomikoriza. Pola asosiasi antara fungi dengan akar tanaman inang menyebabkan terjadinya perbedaan morfologi akar antara ektomikoriza dengan endomikoriza. Pada ektomikoriza, jaringan hifa fungi tidak sampai masuk ke dalam sel tapi berkembang diantara sel kortek akar membentuk "hartig net dan mantel" di permukaan akar. Sedangkan endomikoriza, jaringan hifa fungi masuk ke dalam sel kortek akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval

yang disebut vesikel dan sistem percabangan hifa yang disebut arbuskula, sehingga endomikoriza disebut juga vesicular-arbuscular micorrhizae (VAM) (Dewi, 2007).

E. Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan salah satu tipe fungi endomikoriza yang masuk dalam kelas Zygomycetes dengan ordo Glomales. Terdiri dari dua sub ordo yaitu sub ordo satu Gigasporineae famili Gigasporaceae dengan dua genus yaitu *Gigaspora* dan *Scutellospora*, sub ordo dua yaitu Glomineae dan terdiri dari dua famili yaitu Glomaceae dengan genus *Sclerocytis* dan *Glomus*, famili Acaulosporaceae dengan genus *Acaulospora* dan *Entrophospora* (Kramadibrata, 1999 dalam Simamora, 2015). FMA dapat dibedakan dari ektomikoriza dengan memperhatikan karakteristik sebagai berikut : (1) sistem perakaran yang terinfeksi tidak membesar, (2) fungsinya membentuk struktur lapisan hifa tipis dan tidak merata pada permukaan akar, (3) hifa menyerang kedalam individu sel jaringan korteks, (4) pada umumnya ditemukan struktur khusus berbentuk oval yang disebut vesikel. Pada tipe FMA dikenal enam genus yaitu : *Glomus*, *Sclerocytis*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Acaulaspora*, dan *Entrophospora* (Setiadi, 2001).

F. Karakteristik Fungi Mikoriza Arbuskula

Dewi (2007) menyatakan struktur utama FMA adalah Arbuskula, vesikula, hifa eksternal dan spora antara lain adalah :

1. Arbuskula adalah struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon-pohon kecil yang mirip haustorium (membentuk pola dikotom), berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Struktur ini mulai terbentuk 2-3 hari setelah infeksi, diawali dengan penetrasi cabang hifa lateral yang dibentuk oleh hifa ekstraseluler dan intraseluler ke dalam dinding sel inang. Arbuskula menyediakan area permukaan yang lebih luas untuk pertukaran metabolik. Arbuskula merupakan struktur FMA yang bersifat labil di dalam akar tanaman. Sifat kelabilan tersebut sangat tergantung pada metabolisme tanaman, bahan makanan dan intensitas radiasi matahari (Mosse, 1981).
2. Vesikel merupakan suatu struktur berbentuk lonjong atau bulat, mengandung cairan lemak, yang berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan atau berkembang menjadi klamidospora, yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan. Vesikel biasanya dibentuk lebih banyak di luar jaringan korteks pada daerah infeksi yang sudah tua, dan terbentuk setelah pembentukan arbuskul. Jika suplai metabolik dari tanaman inang berkurang, cadangan makanan itu akan digunakan oleh cendawan sehingga vesikula mengalami degenerasi. Pada ordo Glomales tidak semua genus memiliki vesikula.
3. Hifa Eksternal merupakan struktur lain dari FMA yang berkembang di luar akar. Hifa ini berfungsi menyerap hara dan air di dalam tanah. Adanya hifa eksternal yang berasosiasi dengan tanaman akan berperan penting dalam per-

luasan bidang adsorpsi akar sehingga memungkinkan akar menyerap hara dan air dalam jangkauan yang lebih jauh (Mosse, 1981).

4. Spora, merupakan propagul yang bertahan hidup dibandingkan dengan hifa yang ada di dalam akar tanah. Spora terdapat pada ujung hifa eksternal dan dapat hidup selama berbulan-bulan, bahkan bertahun-tahun. Perkecambahan spora bergantung pada lingkungan seperti pH, temperatur, dan kelembaban tanah serta kadar bahan organik.

G. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Mikoriza

1. Cahaya

Adanya naungan yang berlebihan terutama untuk tanaman yang senang cahaya dapat mengurangi infeksi akar dan produksi spora, selain itu respon tanaman terhadap fungi mikoriza akan berkurang. Hal ini disebabkan adanya hambatan pertumbuhan dan perkembangan internal hifa dalam akar yang berakibat terbatasnya perkembangan eksternal hifa pada rizosfer (Setiadi, 2001 *dalam* Simamora, 2015).

2. Suhu

Suhu berpengaruh terhadap infeksi yakni pada perkembangan spora, penetrasi hifa pada sel akar dan perkembangan pada korteks akar, selain itu suhu juga berpengaruh pada ketahanan dan simbiosis. Semakin tinggi suhu semakin besar terbentuknya kolonisasi dan meningkatnya produksi spora. Schenk dan Schroder (1974) *dalam* Simamora (2015) menyatakan FMA akan mencapai pertumbuhan maksimal pada suhu 30° C, tetapi kolonisasi miselia pada permukaan akar paling baik

terjadi pada suhu 28-35° C. Sedangkan sporulasi dan pertumbuhan vesikula terbaik pada suhu 35° C.

3. Kandungan air tanah

Kandungan air tanah dapat berpengaruh baik secara langsung atau tidak langsung terhadap infeksi dan pertumbuhan fungi mikoriza. Pengaruh secara langsung yaitu tanaman bermikoriza dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air. Sedangkan pengaruh tidak langsung karena adanya miselia eksternal menyebabkan fungi mikoriza efektif dalam mengagregasi butir-butir tanah, kemampuan tanah menyerap air meningkat. Penjenuhan air tanah yang lama berpotensi mengurangi pertumbuhan dan infeksi fungi mikoriza karena kondisi yang anaerob. Daniels dan Trappe (1980) menggunakan *Glomus epigaeum* yang dikecambahkan pada lempung berdebu pada berbagai kandungan air. *G. epigaeum* ternyata berkecambah paling baik pada kandungan air di antara kapasitas lapang dan kandungan air jenuh.

4. pH Tanah

Menurut Setiadi (1994) dalam Mujiman (2004), sebagian besar cendawan mikoriza bersifat acidophilic (senang kondisi asam) dengan kisaran pH antara 3,5-6, pH optimum untuk masing-masing perkecambahan spora berbeda-beda menurut spesies FMA dan lingkungannya.

5. Bahan organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen dalam tanah yang penting di samping air dan udara. Jumlah spora FMA berhubungan erat dengan kandungan bahan organik dalam tanah. Jumlah spora endomikoriza (FMA) yang maksimum akan ditemukan pada tanah yang mengandung bahan organik 1-2 persen dan jumlah spora ditemukan dalam jumlah sedikit pada tanah berbahan organik kurang dari 0.5 persen (Pujiyanto, 2001).

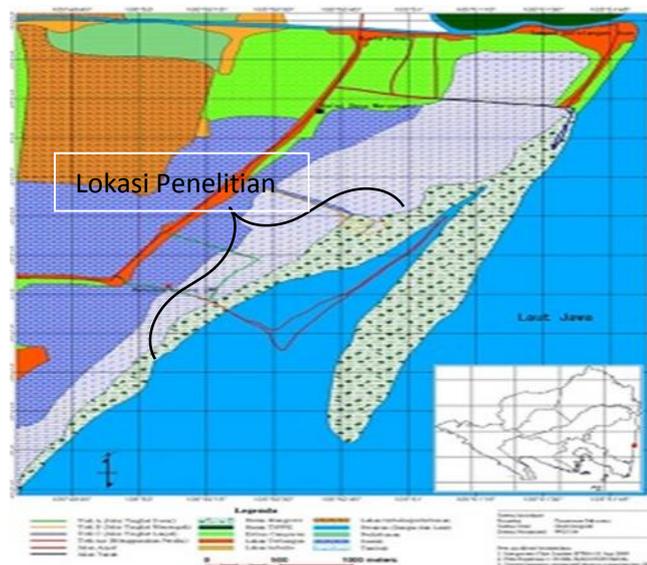
6. Logam berat dan unsur lain

Adanya logam berat dalam larutan tanah dapat mempengaruhi perkembangan mikoriza. Beberapa spesies mikoriza arbuskular diketahui mampu beradaptasi dengan tanah yang tercemar seng (Zn), tetapi sebagian besar spesies mikoriza peka terhadap kandungan Zn yang tinggi. Pada beberapa penelitian lain diketahui pula strain-strain fungi mikoriza tertentu toleran terhadap kandungan Mn, Al, dan Na yang tinggi (Janouskova *et al.*, 2006).

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Hutan Pendidikan Mangrove Unila di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur (Gambar 2) dan Laboratorium Produksi Perkebunan, Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2015 sampai Agustus 2015.



Gambar 2. Peta Hutan Pendidikan Mangrove Unila Desa Margasari.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah sampel tanah dan akar mangrove (tanah 100g/titik sampel), sukrosa 60%, tinta *thrypan blue*, HCL 1%, KOH 10%, air (aquades), dan air destilata.

Alat yang dipakai yaitu, pinset spora, cawan petri, *cover glass*, *cover slip*, gelas piala, *waterbath*, mikroskop stereo, mikroskop compound, satu set penyaring dengan mata saring : 450 μm , 250 μm , 180 μm , dan 45 μm , tabung sentrifugasi, botol semprot, sekop, pisau, alat tulis, kertas label, kamera digital, dan kantong plastik.

C. Metode Penelitian

Metode sampling yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah dan akar di Hutan Pendidikan Mangrove Unila di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur adalah metode transek dengan 3 kali ulangan pada 2 jenis vegetasi mangrove yaitu bakau besar dan api-api.

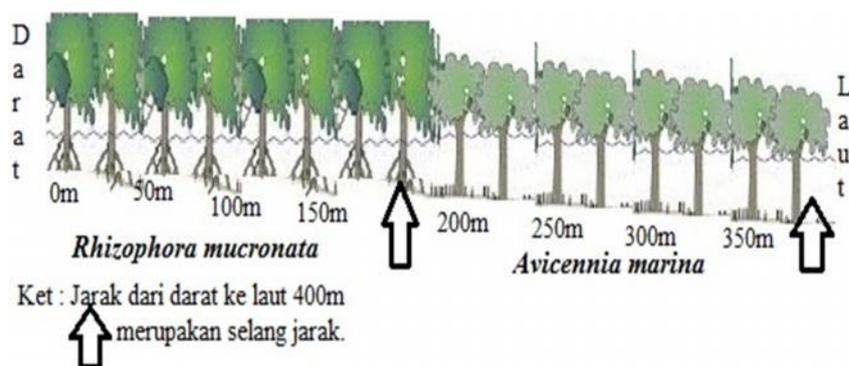
Penelitian ini secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu :

1. Kegiatan di lapangan meliputi pengambilan sampel tanah dan akar pada vegetasi bakau besar dan api-api
 - a. Pengambilan contoh tanah dan akar

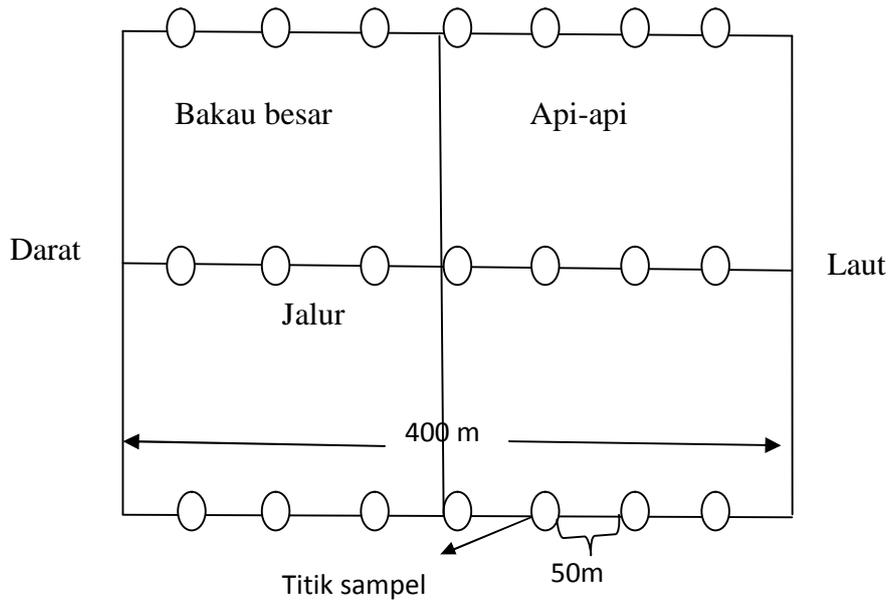
Teknik pengambilan sampel tanah dan akar mengacu pada metode Ragupathy dan Mahadevan (1991) dalam Delvian (2010) yaitu metode jalur (*transect method*). Jalur dibuat sepanjang 400 meter dengan lebar 3 meter dari darat

menuju laut, dimana vegetasi yang terdapat sepanjang jalur adalah bakau besar dan api-api. Sampel yang diambil yaitu pada se-tiap 50 meter di sepanjang jalur yang telah dibuat. Pengambilan satu sampel dilakukan dengan mengambil tanah \pm di 3 titik di sekitar pohon dan 3 pohon yang berbeda dengan kedalaman 0-20 cm, kemudian sampel tanah dikompositkan dengan cara diaduk lalu diambil sebanyak 1 kg sebagai sampel. Jumlah jalur yang dibuat sebanyak tiga jalur seperti pada Gambar 4.

Bersamaan dengan pengambilan sampel tanah diambil juga sampel akar pada bakau besar dan api-api untuk melihat kolonisasi FMA yang terdapat di dalamnya. Akar yang diambil merupakan akar halus pada perakaran pohon dengan ke dalam 10 - 20 cm. Untuk sampel akar diambil di 3 titik di sekitar pohon dengan 3 pohon yang berbeda, masing-masing pohon diambil 3 akar di sekitar perakaran pohon dan kemudian dikompositkan. Gambar 3 menunjukkan proses pengambilan sampel tanah dari darat sampai ke laut pada tanaman bakau besar dan api-api dengan jarak yang sudah ditentukan.



Gambar 3. Ilustrasi jarak dan vegetasi di Hutan Mangrove Desa Margasari.



Gambar 4. Pengambilan sampel tanah dan akar mangrove dengan metode transek dari darat ke arah laut dengan titik pengamatan setiap 50 m di Hutan Mangrove Desa Margasari.

2. kegiatan di laboratorium yang meliputi ekstraksi spora FMA dan pengamatan kolonisasi FMA pada akar tanaman.
 - a. Ekstraksi spora FMA

Teknik yang digunakan dalam mengekstraksi spora FMA adalah teknik tuang-saring dari Pacioni (1992) dalam Delvian (2010). Prosedur kerja teknik tuang-saring ini, pertama adalah mencampurkan tanah sampel sebanyak 100g dengan 700-800 ml air dan diaduk sampai butiran-butiran tanahnya hancur. Selanjutnya disaring dalam satu set saringan dengan ukuran 500 μm , 250 μm , 180 μm , dan 45 μm , secara berurutan dari atas ke bawah, hal ini diulang sebanyak beberapa kali sampai air tidak berwarna keruh lagi. Saringan bagian atas disemprot dengan air kran untuk memudahkan bahan saringan lolos. Kemudian saringan paling atas dilepas dan saringan kedua, ketiga kembali disemprot dengan air kran. Setelah saringan kedua dan ketiga dilepas se-

jumlah tanah sisa yang tertinggal pada saringan terbawah dipindahkan dalam tabung sentrifuse. Saringan paling bawah dengan mata saring terkecil yang mampu menangkap spora FMA, namun masih ada partikel-partikel liat yang masih terikut sehingga hasil penyaringan agak kotor.

Ekstraksi spora teknik tuang-saring ini kemudian diikuti dengan teknik sentrifugasi dari Brundrett *et al.* (1996). Hasil saringan dalam tabung sentrifuse ditambahkan dengan sukrosa 60% dan diletakkan pada bagian bawah dengan menggunakan pipet. Tabung sentrifuse ditutup rapat dan disentrifuse dengan kecepatan 2500 rpm selama 3 menit. Selanjutnya cairan yang bening dituang ke dalam saringan yang berukuran 45 μm , lalu dicuci dengan air mengalir yang deras untuk menghilangkan gulanya. Setelah dicuci, spora dipindahkan ke dalam cawan petri. Spora yang telah dipindahkan ke dalam cawan petri dapat dilihat di bawah mikroskop untuk dihitung jumlah sporanya.

b. Kolonisasi FMA pada akar tanaman

Pengamatan kolonisasi akar FMA pada tanaman bakau menggunakan teknik pewarnaan akar sebagai berikut:

- 1) mencuci akar sampai bersih dengan air destilata. Pencucian dilakukan sebanyak 3 kali sampai sudah cukup bersih.
- 2) kemudian akar direndam dalam KOH 10% dan dimasukkan ke dalam *waterbath*, dikukus dengan suhu 80° C selama 10 menit.
- 3) bila akar masih tetap berwarna kelam, KOH diganti dengan yang baru dan dikukus kembali dalam *waterbath* \pm 5 menit.

- 4) selanjutnya akar dicuci dengan air mengalir 3-5 kali, dengan menggunakan penyaring teh sebagai wadah.
- 5) kemudian akar direndam dalam larutan HCL 1% selama \pm 2 hari dan kemudian dikukus kembali selama 10 menit dalam *waterbath* pada suhu 80⁰ C.
- 6) larutan HCL dibuang dan diberi pewarna *thrypan blue* 0,05%. Kemudian dikukus kembali dalam *waterbath* selama 5 menit dan dibiarkan dingin selama 4 hari.
- 7) akar dipotong sepanjang 2 cm dan kemudian diletakkan berjajar pada gelas objek. Setiap 5 potong akar ditutup dengan sebuah *cover glass*. Setelah pewarnaan selesai, kemudian diamati setiap potong akar di bawah mikroskop. Pada buku pengamatan, diberikan tanda minus (-) untuk setiap bidang pandang yang tidak ada struktur mikorizanya (hifa, arbuskula, vesikel ataupun spora intraradikal).

D. Data yang Dikumpulkan

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif.

Data yang dikumpulkan yaitu:

1. Spora mikoriza

Perhitungan spora dilakukan untuk mengetahui kepadatan dan frekuensi spora.

Kepadatan dan frekuensi spora setiap 100 gram tanah dihitung dengan rumus

berikut (Shi *et al.*, 2004 *dalam* Tarmedi, 2006) :

➤ Kepadatan spora = Jumlah spora/100g

➤ Frekuensi = Jumlah sampel ditemukan spora/total sampel x 100%

2. Kolonisasi akar mikoriza

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

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

Kriteria akar terkolonisasi yang dikategorikan oleh O'Connor *et al.* (2001) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori akar terkolonisasi.

Persen kolonisasi	Kategori
0	Tidak dikolonisasi
<10	Rendah
10-30	Sedang
>30	Tinggi

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah.

1. Jarak dari darat menuju laut mempengaruhi jumlah spora yang ditemukan.
Semakin dekat ke laut semakin sedikit jumlah spora yang ditemukan.
2. Jenis vegetasi yang berbeda mempengaruhi jumlah spora. Jumlah spora yang ditemukan pada jenis bakau besar (*Rhizophora mucronata*) lebih banyak dari pada jenis api-api (*Avicennia marina*).

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai infeksi FMA dan identifikasi jenis spora pada tanaman bakau besar dan api-api.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, D. 2015. *Pemanfaatan Fungi Aspergillus flavus, Aspergillus terreus dan Trichoderma harzianum untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Rhizophora mucronata Lamk.* Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 40 hlm.
- Bengen. D. G. dan I. M. Dutton. 2004. *Interaction: mangroves, fisheries and forestry management in Indonesia.* Dalam Northcote. T. G. dan Hartman (Ed), *Worldwide watershed interaction and management.* Blackwell science. Oxford. Hlm: 632-653.
- Brundrett, M., N. Bougher., B. Dell., T. Groe., dan N. Malajczuk. 1996. *Working With Mycorrhizas In Forestry and Agriculture.* Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. 374 pp.
- Coyne, M. 1999. *Soil Microbiology.* An explanatory approach. Delmer Publisher. New York. 462 pp.
- Daniels, B.A. dan J.M. Trappe. 1980. Factors affecting spore germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus.* *Mycologi.* 72 :457-463.
- Delvian. 2003. *Keanekaragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) di Hutan Pantai dan Potensi Pemanfaatannya, Studi Kasus di Hutan Cagar Alam Leuweung Sancang kabupaten Garut, Jawa Barat.* Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 159 hlm.
- Delvian. 2005. *Respon pertumbuhan dan perkembangan fungi mikoriza arbuskula dan tanaman terhadap salinitas tanah.* Karya Ilmiah. Universitas Sumatera Utara. Medan. 21 hlm.
- Delvian. 2010. Keberadaan cendawan mikoriza arbuskula di hutan pantai berdasarkan gradien salinitas. *Jurnal Ilmu Dasar.* 11(2): 133-142.
- Dewi, I. R. 2007. *Peran, prospek, dan kendala dalam pemanfaatan endomikoriza.* Makalah. Universitas Padjadjaran. 54 hlm. 21 April 2014.
http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/06/makalah_peran_endomikoriza.pdf

- Duryat dan M. Riniarti. 2015. Measurement of Natural Renegaration Rate of Mangrove Forest After Thinning at University of Lampung Mangrove Education Forest. Abstrak. *First International Seminar of Silviculture*. Friday, August 21st 2015. Bogor.
- D'souza, J dan B. F. Rodrigues. 2013. Biodiversity of arbuscular mycorrhizae (am) fungi in mangrove of Goa in west India. *Jur of Forestry Research*. 24(3): 515-523.
- Eriza, A. O. 2011. *Keanekaragaman Jenis Vegetasi di Areal Model Arboretum Mangrove Desa Bagan Serdang Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 43 hlm.
- FAO. 2007. *The World's Mangroves 1980–2005*. Forest Resources Assessment Working Paper No. 153. Food and Agriculture Organization of The United Nation. Rome. 89 pp.
- Gustian, Burhanuddin dan R. Herawatiningsih. 2015. Asosiasi fungi mikoriza arbuskula pada *Avicennia* spp. *Jurnal Hutan Lestari*. 3(3): 411 – 422.
- Hajiboland, R. 2013. *Role of Arbuscular Mycorrhiza in Amelioration of salinity*. 301-354 pp. Dalam: Ahmad, P., M.M. Azooz., M.N.V. Prasad. (eds) *Salt Stress in Plants: Signalling, Omics, and Adaptation*. Springer. New York.
- Hermawan, H., A. Muin. dan R. S. Wulandari. 2015. Kelimpahan fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada tegakan ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) berdasarkan tingkat kedalaman di lahan gambut. *Jurnal Hutan Lestari*. 3(1): 124 – 132.
- Hirrel, M. C. dan J. W. Gerdemann. 1980. Improved growth of onion and bell pepper in saline soils by to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 654- 655.
- Janouskova, M., D. Pavlikova., dan M. Vosatka. 2006. Potensial contribution of arbuscular mycorrhiza to cadmium immobilization in soil. *Chemosphere*. 65 (11): 1959 - 1965.
- Keliat, S. R. 2013. *Pertumbuhan Bibit Avicennia marina pada Berbagai Intensitas Naungan*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 56 hlm.
- Khan, A. G. 1993. Effect of various soil environment stresses on the occurrence, distribution and effectiveness of VA mycorrhizae. *Biotropia*. 8: 39-44.
- Kusmana, C. 1995. *Manajemen Hutan Mangrove di Indonesia*. Buku. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 235 hlm.
- Kustanti, A. 2011. *Manajemen Hutan Mangrove*. Buku. IPB Press. Bogor. 248 hlm.

- Latef, A. A. A. H. dan Chaoxing. 2014. Does the inoculation with *Glomus mosseae* improve salt tolerance in pepper plants?. *J Plant Growth Regulat.* (33): 644-653.
- Latef, A. A. A. H. dan M. Miransari. 2014. *The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Alleviation of Salt Stress*. Chapter II. Springer Science. New York. 23-38 pp.
- Mujiman. 2004. *Pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) dan Fosfat Alam Terhadap Pertumbuhan Bibit Jati (Tectona grandis L.f) Pada Media Semai Tanah Podsolik Merah Kuning*. Skripsi. Universitas Tanjungpura. Pontianak. 65 hlm.
- Mosse, B. 1981. *Vesicular – Arbuskular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture*. Res. Bull. Hawaii. Inst. Trop. Agric. and Human Resources. Hawaii University. 82 pp.
- Nandakwang, P., S. Elliot., S. Youpersuk., dan S. Lumyong. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and fertilizer on production of *Castanopsis acuminatissima* saplings for forest restoration in Northern Thailand. *J of Microbiol.* 3(4): 225-236.
- Nursanti., R, P. Tamin., dan Hamzah. 2012. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di Hutan Lindung Mangrove Pangkal Babu Kabupaten Tanjung Jabung Barat Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains.* 14(2): 29-34.
- Onrizal. 2005. *Adaptasi Tumbuhan Mangrove pada Lingkungan Salin dan Jenuh Air*. Makalah. <http://library.usu.ac.id/download/fp/hutan-onrizal9.pdf>. 15 hlm. 30 Mei 2016.
- O'Connor, P. J., S. E. Smit., dan F. A. Smith. 2001. Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Shouthern Simpson desert. *Aust J Bot.* 49: 493-499.
- Pujiyanto. 2001. *Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamur Mikoriza dan Bakteri Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan Di Indonesia: Tinjauan Dari Perspektif Falsafah Sains*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 20 hlm.
- Ragupathy, S., dan A. Mahadevan. (1991). VAM distribution influenced by salinity gradient in a coastal tropical forest. *Proceeding of second Asian Conference on Mycorrhiza. BIOTROP Special Publication.* 42 : 91-97.
- Rochana. 2006. *Ekosistem Mangrove dan Pengelolaannya Di Indonesia*. https://www.academia.edu/9545113/EKOSISTEM_MANGROVE_DAN_PENGELOLAANNYA_DI_INDONESIA. 11 hlm. [15 Maret 2015].

- Saidi, A. B., S. W. Budi., dan C. Kusmana. 2007. Status cendawan mikoriza arbuskular hutan pantai dan hutan mangrove pasca tsunami (studi kasus di Provinsi Nangroe Aceh Darussalam dan Pulau Nias). *Forum Pascasarjana* 30(1): 13-25.
- Setiadi, Y . 2001. Optimalisasi Penggunaan Mikoriza Arbuskula dalam Rehabilitasi Lahan-Lahan Kritis. Disampaikan dalam Rangka “*Workshop Mikoriza untuk Pertanian Organik dan Rehabilitasi Lahan Kritis*”. Balitsa, Lembang 24-29 April 2001
- Sengupta, A., dan S. Chaudhuri. 2002. Arbuscular mycorrhizal of mangrove plant community at the Ganges river estuary in India. *Mycorrhiza* 12: 169-171.
- Simamora, A. S. 2015. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Ekosistem Hutan Tri Dharma Universitas Sumatera Utara*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 57 hlm.
- Simamora, L. A. 2015. Status dan Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Tanah Bekas Kebakaran Hutan di Kabupaten Samosir. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan. 63 hlm.
- Siradz, S. A., dan S. Kabirun. 2007. Pengembangan lahan marginal pesisir pantai dengan bioteknologi masukan rendah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 7(2): 83-92.
- Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third edition: Academic Press. Elsevier Ltd. New York, London, Burlington, San Diego. 768 pp.
- Supriyanto, S. W. B. R., dan I. Mansur. 2009. *Pelatihan Dasar Isolasi dan Inokulasi Mikoriza untuk Pertanian dan Kehutanan*. Leaflet. Seameo Biotrop. Bogor. 2 hlm.
- Tarmedi, E. 2006. *Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula di hutan sub pegunungan Kamojang Jawa Barat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 44 hlm.
- Vierheilig, H., A. P. Coughlan., U. Wyss., dan Y. Piche. 1998. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Appl Environm Microbiol*. 64(12): 5004-5007.
- Wang, Y., Y. Huang., Q. Qiu., Q. Xin., Z. Yang., dan S. Shi. 2011. Flooding greatly affect the diversity arbuscular mycorrhizal fungi communities in the wetland plants. *Journal Pone*. 6(9): e24512.

- Yudha, I. G. 2007. Kondisi Wilayah Pesisir dan Laut Lampung. Diunduh pada 5 Mei 2015 pukul 11.00 <http://www.scribd.com/doc/13344953/Kondisi-Wilayah-Pesisir-Dan-Laut-Provinsi-Lampung-Oleh-Indra-Gumay-Yudha#scribd>.
- Yusni, A. N. 2011. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula Di Hutan Pantai Sonang, Tapanuli Tengah*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan. 89 hlm.