

**PENGENDALIAN JAMUR AKAR PUTIH (*Rigidoporus microporus*)
(Swartz:fr.) van Ov. PADA TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis*) Muell.
Arg MENGGUNAKAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA**

SKRIPSI SARJANA BIOLOGI



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG, 2016**

Pengendalian Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr.) Van ov.
Pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*) Muell. Arg Menggunakan Fungi
Mikoriza Arbuskula

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Biologi

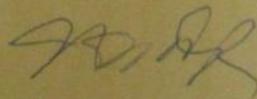
OLEH

DIANA PUTRI
B.P. 1010423040

Padang, 12 Oktober 2016

Disetujui oleh:

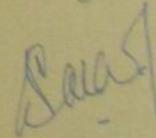
Pembimbing I



Dr. Nasril Nasir

NIP. 195408061989031001

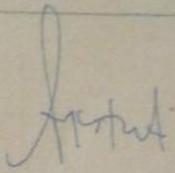
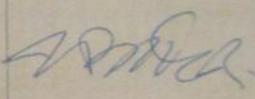
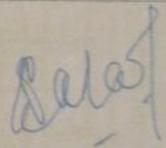
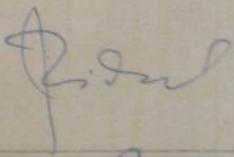
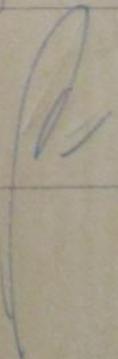
Pembimbing II



Feskahary Alamsjah, MS

NIP. 196407141990012001

Skripsi ini telah diuji dan dipertanggung jawabkan di depan Panitia Ujian
Sarjana Biologi, Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Andalas, Padang. Dilaksanakan pada hari Rabu 12 Oktober 2016

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Dr. Fuji Astuti Febria	Ketua	
2.	Dr. Nasril Nasir	Sekretaris	
3.	Feskaharny Alamsyah, MS	Anggota	
4.	Dr. Periadnadi	Anggota	
5.	Dr. Zozy Aneloi Noli	Anggota	

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya mahasiswa/dosen/tenaga kependidikan* Universitas Andalas yang bertanda tangan di bawah ini:

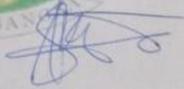
Nama lengkap : Diana Putri
No. BP/NIM/NIDN : 1010423040
Program Studi : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Tugas Akhir : TA D3/Skripsi/Tesis/Disertasi/.....**

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Andalas hak atas publikasi *online* Tugas Akhir saya yang berjudul:

PENGENDALIAN JAMUR AKAR PUTIH (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr.) van Ov. PADA TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis*) Muell. Arg MENGGUNAKAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Universitas Andalas juga berhak untuk menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola, merawat, dan mempublikasikan karya saya tersebut di atas selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Padang, 28 Desember 2016
Yang menyatakan,


(Diana Putri)

* pilih sesuai kondisi

** termasuk laporan penelitian, laporan pengabdian masyarakat, laporan magang, dll

Dengan menyebut nama allah yang maha pengasih lagi maha penyayang.....

Ada sesuatu didalam dirimu yang tak bisa mereka renggut, yang tak bisa mereka sentuh.

Itulah milikmu..... "HARAPAN"

Ku persembahkan sebuah karya sederhana untuk kedua orang tua ku, dengan penuh kasih sayang telah menjaga, mendidik serta mendoakan ku sehingga dapat kugapai setiap impian ku, orang tua yang telah percaya menggantungkan harapan mereka kepada ku.

Untuk adik ku tersayang Adrian Pratama Putra semoga dapat menggapai impian dan cita-cita kita, bersama kita jadi anak yang membanggakan kedua orang tua kita.

Terima kasih untuk seluruh keluarga besar pasar ambacang

Untuk Yona, Riski sahabat tersayang untuk selamanya dihidupku yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam hidup ku serta si culun yang udah banyak banget ngebantu semoga kalian selalu berbahagia..

Untuk Semua teman-teman, adik-adik junior yang pernah memberi warna dihidup ku terima kasih untuk setiap kenangan terindah yang pernah kita lalui bersama semuanya akan selalu ku kenang sampai kapanpun .



Diana putri S.Si

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kehadiran Allah SWT, Sang Penguasa Alam Semesta yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengendalian Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr) van.Ov. pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) Muell. Arg menggunakan Fungi Mikoriza Arbuskula”** Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan tingkat sarjana pada jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Dr. Nasril Nasir sebagai dosen pembimbing I dan Ibu Feskaharny Alamsjah, MS sebagai dosen pembimbing II, yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan saran dalam melaksanakan penelitian sampai selesainya penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada :

1. Bapak dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang
2. Bapak Dr. Jabang Nurdin selaku ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang
3. Bapak Dr. Periadnadi, Ibu Dr. Fuji Astuti Febria, dan Ibu Dr. Zozy Aneloy NoliSelaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan arahan untuk penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Tesri Maideliza M.Sc. selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama mengikuti kegiatan perkuliahan.

5. Ketua Jurusan Biologi serta Bapak dan Ibu Dosen staf pengajar di lingkungan Biologi, FMIPA Unand.
6. Seluruh karyawan dan karyawan di lingkungan Jurusan Biologi, FMIPA Unand.
7. Teman-teman Mahasiswa Biologi dan sahabat saya atas semangat yang diberikan sehingga terselesaikan skripsi ini dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini menjadi karya yang berarti dan bermanfaat bagi semua pihak, serta memberikan kontribusi bagi ilmu biologi umumnya. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat_nya kepada kita semua, Aamiin.



Padang, Oktober 2016

Penulis

ABSTRAK

Penelitian tentang pengendalian jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr.) van Ov. pada tanamankaret (*Hevea brasiliensis*) Muell. Arg menggunakan fungi mikoriza arbuskula telah dilakukan pada bulan November 2015 sampai Februari 2016 di laboratorium mikrobiologi, laboratorium fisiologi tumbuhan, dan pembibitan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih (JAP) (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman Karet dan melakukan upaya preventif dan kuratif terhadap tanaman karet yang terserang penyakit jamur akar putih. Penelitian dilakukan secara eksperimen menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah tanpa pemberian FMA dan JAP, FMA dosis 5g, JAP, JAP 2 minggu+ FMA dosis 5g, FMA dosis 5g+ JAP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pemberian FMA berpengaruh terhadap pertambahan jumlah daun, persentase derajat infeksi, masa inkubasi dan intensitas serangan dalam pengendalian penyakit jamur akar putih (JAP). Upaya preventif lebih efektif dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih (JAP) pada tanaman karet yaitu perlakuan E dengan pemberian FMA dosis 5 g 2 minggu kemudian diberi JAP dengan rata-rata pertambahan jumlah daunnya sebesar 17,00 dan persentase derajat infeksi sebesar 66%.

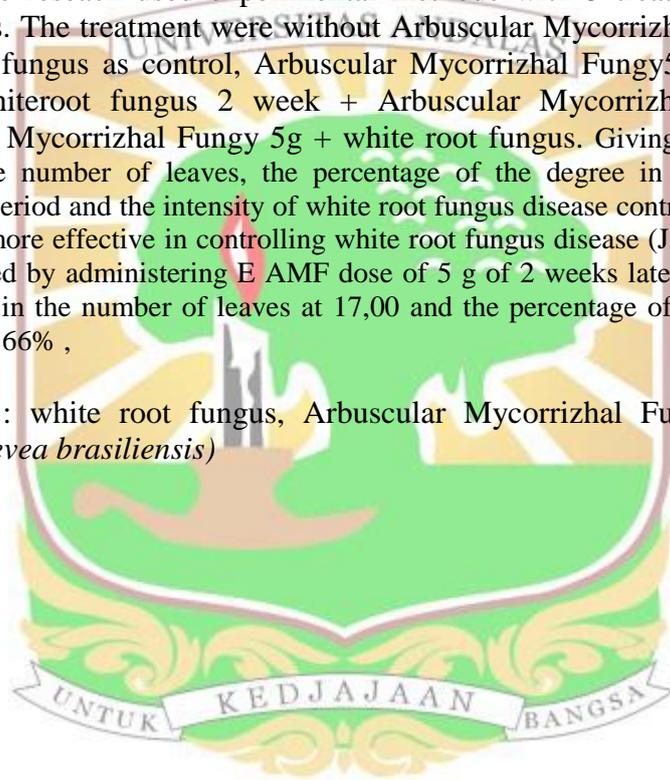
Kata kunci: Jamur Akar putih (JAP), Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA), Karet (*Hevea brasiliensis*)



ABSTRACT

The study about to controlled the white root fungus (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr.) van Ov. on rubber plants (*Hevea brasiliensis*) Muell.Arg using Arbuscular Mycorrhizal Fungy (AMF) had been done from November 2015 until February 2016 in laboratory of microbiology, laboratory of plant physiology and nurseries, biology department, faculty of mathematics and natural sciense, andalas university. The aim of this study was to determined the effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungy (AMF) controlling the white root fungus (*R. microporus*) on rubber plants and perform preventive and curative rubber plants diseased the white root fungus. The reseach used experimental methode with 5 treatments and 5 replications. The treatment were without Arbuscular Mycorrhizal Fungy and white root fungus as control, Arbuscular Mycorrhizal Fungy 5g, whiteroot fungus, whiteroot fungus 2 week + Arbuscular Mycorrhizal Fungy 5g, Arbuscular Mycorrhizal Fungy 5g + white root fungus. Giving effect on the FMA in the number of leaves, the percentage of the degree in infection, the incubation period and the intensity of white root fungus disease control. Preventive efforts are more effective in controlling white root fungus disease (JAP) on rubber that is treated by administering E AMF dose of 5 g of 2 weeks later by JAP with the average in the number of leaves at 17,00 and the percentage of the degree in infection by 66% ,

Keywords : white root fungus, Arbuscular Mycorrhizal Fungy (AMF), Rubber (*Hevea brasiliensis*)



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanaman karet (<i>Hevea brasiliensis</i>)	5
2.2 jamur akar putih (JAP).....	8
2.3 Mikoriza.....	13
III. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Metode penelitian.....	17
3.3 Bahan dan Alat	17
3.4 Cara Kerja	18
3.4.1 Dilapangan	18
3.4.2 Di labratorium.....	18
3.5 Penyediaan Isolat FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula)	19

3.6 Penyediaan Bibit Karet	20
3.7 Persiapan Media Tanam.....	20
3.8 Penanaman Bibit	20
3.9 Inokulasi FMA Pada Tanaman Karet.....	20
3.10 Inokulasi JAP (<i>Rigidoporus microporus</i>).....	20
3.11 Pemeliharaan Tanaman	21
3.11.1 Penyiraman	21
3.11.2 Penyiangan.....	21
3.12 Parameter Pengamatan.....	19
3.12.1 Waktu tumbuh (hari).....	19
3.12.2 Jumlah Daun (Helian).....	19
3.13 Masa Inkubasi	20
3.14 Intensitas Serangan	22
3.15 Persentase kolonisasi FMA Pada Tanaman Karet	22
3.16 Bobot Kering Tanaman.....	23
3.17 Analisis Data	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Rata-rata Pertambahan Jumlah Daun.....	25
4.2 Berat Kering Tanaman (g).....	27
4.3 Persentase Kolonisasi FMA.....	28
4.4 Masa Inkubasi	33
4.5 Intensitas Serangan	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skala dan Kriteria Intensitas Serangan.....	22
2. Klasifikasi persentasi kolonisasi FMA.....	23
3. Rata-rata pertambahan jumlah daun tanaman karet (<i>H. brasiliensis</i>) dengan pemberian JAP dan Bioriza dosis 5g setelah 8 minggu pengamatan	25
4. Persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian FMA dosis 5g setelah 8 minggu pengamatan	29
5. Masa inkubasi dan efektivitas perlambatan masa inkubasi bibit karet seteah diinokulasikan FMA dosis 5g dan JAP pengamatan	33
6. Rata-rata intensitas serangan penyakit jamur akar putih (JAP) dan efektivitas penekanan serangan penyakit pada tanaman karet yang telah diintroduksi isolat FMA hingga 8 minggu pengamatan	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	6
2. Bagian akar tanaman yang terserang penyakit Jamur Akar Putih (JAP)	10
3. Rata-rata berat kering tanaman <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian FMA dosis 5g dan JAP setelah 8 minggu pengamatan (g).....	28
4. Kolonisasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada akar tanaman <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian FMA dosis 5gr setelah 8 minggu pengamatan.....	31
5. Persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman karet dengan pemberian FMA dosis 5g setelah 8 minggu pengamatan	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis Statistik Pertambahan Jumlah Daun <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan.....	45
2. Analisis Statistik Berat Kering Daun <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan.....	47
3. Analisis Statistik Berat Kering Akar <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan	49
4. Analisis Statistik Berat Kering Batang <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan	51
5. Analisis Statistik Berat Kering Total <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan	53
6. Tabel Rata-rata berat kering tanaman <i>Hevea brasiliensis</i> dengan pemberian FMA dosis 5g dan JAP setelah 8 minggu pengamatan (g).....	55
7. Persentase Derajat Infeksi Beberapa FMA terhadap Pengendalian JAP Pada Tanaman <i>Hevea brasiliensis</i> Setelah 8 Minggu Pengamatan	56
8. Bentuk mikrokopis jamur akar putih (JAP)	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tanaman karet merupakan salah satu komoditas pertanian penting untuk perkebunan Indonesia dan lingkup internasional. Di Indonesia karet merupakan salah satu penghasil devisa yang besar. Bahkan Indonesia pernah menguasai produksi karet dunia dengan mengungguli hasil dari negara-negara lain (Marlina, 1991).

Karet mampu memberikan kontribusi komoditi ekspor dalam upaya peningkatan devisa Indonesia. Pendapatan devisa dari komoditi ini pada semester pertama tahun 2006 mencapai 4,2 milyar (kompas, 2006). Dan pada tahun 2014 produksi karet alam Indonesia sebesar 3,1 juta ton memberikan kontribusi devisa senilai 4,7 milyar.

Indraty (2005) dalam Boerhendhy dan Agustina, (2006) menyebutkan bahwa tanaman karet juga memberikan kontribusi yang sangat penting dalam pelestarian lingkungan. Pada tanaman karet, energi yang dihasilkan seperti oksigen, kayu, dan biomassa dapat digunakan untuk mendukung fungsi perbaikan lingkungan seperti rehabilitasi lahan, pencegahan erosi dan banjir, pengaturan tata guna air bagi tanaman lain, dan menciptakan iklim yang sehat dan bebas polusi.

Saat ini luas perkebunan karet di Indonesia sekitar 3,6 juta hektar yang meliputi 80% perkebunan rakyat serta 20% perkebunan negara atau swasta. Perkebunan karet Indonesia terluas di pulau Sumatera yaitu sebesar 70%, diikuti Kalimantan 20%, Jawa 5% dan lain-lainnya 5%. Namun, perkebunan karet yang luas ini tidak diimbangi dengan produktivitas yang baik. Produktivitas lahan karet di Indonesia rata-rata rendah dan mutu karet yang dihasilkan juga kurang memuaskan.

Bahkan di pasaran internasional karet Indonesia terkenal sebagai karet yang bermutu rendah (Marlina,1991).

Salah satu penyebab rendahnya mutu karet tersebut adalah karena serangan penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*). Penyakit ini mengakibatkan kematian pada akar tanaman. Gejala yang ditunjukkan adalah adanya pucat kuning pada daun dan tepi atau ujung daun terlipat ke dalam. Kemudian daun gugur dan ujung ranting menjadi mati. Ada kalanya membentuk daun muda, atau bunga dan buah lebih awal dari umur normal produksi. Pada perakaran tanaman sakit tampak benang-benang jamur berwarna putih dan agak tebal/rizomorf (Anwar, 2001). Jamur akar putih (JAP) menular karena adanya kontak antara akar tanaman sehat dengan akar tanaman sakit, atau dengan kayu-kayu yang mengandung JAP (*Rigidoporus microporus*).

Menurut Liyanage *et al.*, (1976) metode pengendalian penyakit yang dianggap paling efektif dan efisien adalah melakukan pencegahan penyakit dengan memusnahkan sumber infeksi patogen yaitu dengan menekan laju infeksi menggunakan fungisida, jamur dan tanaman antagonis. *Trichoderma* sp merupakan jamur antagonis yang dikenal luas memiliki kemampuan untuk menekan perkembangan JAP. Walau pun telah dilakukan penelitian untuk menekan jamur akar putih (JAP) belum ada pengendalian yang efektif terhadap penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. Salah satu cara untuk mengendalikan jamur akar putih (JAP) pada tanaman karet adalah dengan memanfaatkan bioteknologi antara lain dengan mikoriza.

Mikoriza merupakan hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan perakaran tanaman tingkat tinggi. Kehadiran fungi mikoriza arbuskula (FMA) penting bagi ketahanan suatu ekosistem, stabilitas tanaman dan pemeliharaan serta keragaman tumbuhan dan meningkatkan produktivitas tanaman (Moreira, Dilmar dan

Tsai, 2007). Selain itu mikoriza membantu kerja perakaran tanaman, mikoriza juga mampu meningkatkan toleransi tanaman terhadap keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan seperti kekeringan dan salinitas (Brundrett et al., 1991; Delvian, 2007). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa mikoriza mempunyai peranan dalam hal meningkatkan kesehatan tanaman. Prinsip kerja dari mikoriza ini adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang mengandung mikoriza tersebut akan mampu meningkatkan kapasitas penyerapan unsur hara (Saragih, 2009). Hifa eksternal dapat membantu memperluas ruang penyerapan hara oleh akar.

Penelitian ini bersifat preventif (pencegahan) dan kuratif (pengobatan). Upaya preventif dilakukan dengan cara bibit karet yang telah ditumbuhkan diberi perlakuan FMA dan diberi perlakuan berupa Jamur akar putih (JAP). Sedangkan upaya kuratif dilakukan dengan cara bibit karet diberi perlakuan Jamur akar putih (JAP) selanjutnya setelah 2 minggu diberi perlakuan berupa FMA.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh FMA dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih yang disebabkan oleh *R. Microporus* pada tanaman karet
2. Bagaimana upaya preventif dan kuratif FMA dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih yang disebabkan oleh *R. Microporus* pada tanaman karet

1.3 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh FMA dalam mengendalikan penyakit JAP (*R. microporus*) pada tanaman karet

2. Melakukan upaya preventif dan kuratif terhadap tanaman karet yang terserang penyakit jamur akar putih (JAP)

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan bibit karet unggulan dan menekan serangan penyakit jamur akar putih (JAP)



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*)

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan pohon yang tumbuh tinggi dan berbatang cukup besar. Tinggi pohon dewasa mencapai 15–25m (Setiawan, 2000). Batang tanaman biasanya tumbuh lurus dan memiliki percabangan yang tinggi di atas. Di beberapa kebun karet ada kecondongan arah tumbuh tanamannya agak miring ke arah utara. Batang tanaman ini mengandung getah yang dikenal dengan nama lateks (Nazarrudin dan Paimin, 2006).

Perakaran tanaman karet cukup kuat serta akar tunggangnya dalam dengan akar cabang yang kokoh. Pohonnya tumbuh lurus dan memiliki percabangan yang tinggi diatas. Daun karet berwarna hijau. Apabila akan rontok berubah warna menjadi kuning atau merah. Biasanya tanaman karet mempunyai “jadwal” kerontokan daun pada setiap musim kemarau. Di musim rontok ini kebun karet menjadi indah karena daun–daun karet berubah warna dan jatuh berguguran (Nazarrudin dan Paimin, 2006).

Daun karet terdiri dari tangkai daun utama dan tangkai anak daun. Panjang tangkai daun utama 3–20 cm. Panjang tangkai anak daun antara 3–10 cm dan pada ujungnya terdapat kelenjar. Biasanya ada tiga anak daun yang terdapat pada sehelai daun karet. Anak daun berbentuk eliptis, memanjang dengan ujung meruncing. Sesuai dengan sifat dikotilnya, akar tanaman karet merupakan akar tunggang. Akar ini mampu menopang batang tanaman yang tumbuh tinggi dan besar (Nazarrudin dan Paimin, 2006).



Gambar. 1 Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) A. Tanaman karet yang sehat B. Tanaman karet yang terserang penyakit JAP (Sumber: google.com dan Dokumen pribadi)

Klasifikasi dari tanaman karet adalah :

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledone

Ordo : Euphorbiales

Famili : Euphorbiaceae

Genus : *Hevea*

Spesies : *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Nazarrudin dan Paimin, 2006)

Sesuai dengan habitat aslinya di Amerika Selatan, terutama di Brazil yang beriklim tropis, maka karet juga cocok ditanam di daerah–daerah tropis lainnya. Daerah tropis yang baik ditanami karet mencakup luasan antara 15° Lintang Utara sampai 10° Lintang Selatan. Walaupun daerah itu panas, sebaiknya tetap menyimpan kelembaban yang cukup. Suhu harian yang diinginkan tanaman karet rata–rata 25–30° C. Apabila dalam jangka waktu panjang suhu harian rata–rata kurang dari 20° C,

maka tanaman karet tidak cocok ditanam di daerah tersebut. Pada daerah yang suhunya terlalu tinggi, pertumbuhan tanaman karet tidak optimal (Setiawan, 2000). Tanaman karet dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian antara 1–600 m dari permukaan laut. Curah hujan yang cukup tinggi antara 2000–2500 mm setahun. Akan lebih baik lagi apabila curah hujan itu merata sepanjang tahun (Nazarrudin dan Paimin, 2006).

Sinar matahari yang cukup melimpah di negara–negara tropis merupakan syarat lain yang diinginkan tanaman karet. Dalam sehari tanaman karet membutuhkan sinar matahari dengan intensitas yang cukup paling tidak selama 5–7 jam (Setiawan, 2000). Tanah–tanah yang kurang subur seperti podsolik merah kuning yang terhampar luas di Indonesia dengan bantuan pemupukan dan pengelolaan yang baik bisa dikembangkan menjadi perkebunan karet dengan hasil yang memuaskan. Selain jenis podsolik merah kuning, tanah latosol dan alluvial juga bisa dikembangkan untuk penanaman karet. Tanah yang derajat keasamannya mendekati normal cocok untuk ditanami karet. Derajat keasaman yang paling cocok adalah 5–6. Batas toleransi pH tanah bagi pohon karet adalah 4–8. Tanah yang agak masam masih lebih baik dari pada tanah yang basa. Topografi tanah sedikit banyak juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman karet. Akan lebih baik apabila tanah yang dijadikan tempat tumbuhnya pohon karet datar dan tidak berbukit–bukit (Nazarrudin dan Paimin, 2006)

Karet merupakan salah satu komoditi perkebunan penting, baik sebagai sumber pendapatan, kesempatan kerja dan devisa, pendorong pertumbuhan ekonomi sentra-sentra baru di wilayah sekitar perkebunan karet maupun pelestarian lingkungan dan sumberdaya hayati. Kayu karet juga akan mempunyai prospek yang baik sebagai sumber kayu menggantikan sumber kayu asal hutan. Indonesia sebagai

negara dengan luas areal kebun karet terbesar dan produksi kedua terbesar di dunia (Goenadi *et al.*, 2005).

Tanaman karet dapat menghasilkan 800 biji karet untuk setiap pohonnya per tahun. Pada lahan seluas 1 hektar, dapat ditanami sebanyak 400 pohon karet. Maka untuk lahan seluas 1 hektar diperkirakan dapat menghasilkan 5.050 kg biji karet per tahunnya (Siahaan *et al.*, 2011).

Biji karet terdiri atas kulit yang keras dan daging biji, dengan persentase daging biji 57% dari bobot keseluruhan. Biji karet mengandung sekitar 40-50% minyak nabati dengan komposisi asam lemak yang dominan adalah asam oleat dan asam linoleat, sementara sisanya berupa asam palmitat, asam stearat, asam arachidat dan asam lemak lainnya (Aritomang, 1988).

2.2 Jamur Akar Putih (JAP)

Penyakit akar putih disebabkan oleh jamur yang lazimnya disebut jamur akar putih (JAP). Nama ilmiah jamur ini adalah *R. microporus* (Swartz: Fr.) van ov., meskipun sampai sekarang jamur ini sering juga dikenal dengan nama *Fomes lignosus* (Klotzsch) Bres (Semangun, 2000).

Menurut Alexopoulos (1996) jamur *R. microporus* dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Filum	: Basidiomycota
Kelas	: Basidiomycetes
Ordo	: Aphylloporales
Famili	: Polyporaceae
Genus	: Rigidoporus
Species	: <i>Rigidoporus microporus</i> (Swartz:fr.) van Ov.

Jamur ini membentuk badan buah mirip topi pada akar, pangkal batang, atau tunggul-tunggul tanaman. Badan buah berwarna jingga kekuning-kuningan. Permukaan bawah badan buah terdapat lubang-lubang kecil tempat spora. Badan buah yang tua akan mengering dan berwarna coklat (Swadaya, 1999).

JAP membentuk tubuh buah berbentuk kipas tebal, agak berkayu, mempunyai zona-zona pertumbuhan, sering mempunyai struktur serat yang radier, mempunyai tepi yang tipis. Warna permukaan tubuh buah dapat berubah tergantung dari umur dan kandungan airnya. Pada permukaan tubuh buah benang-benang jamur berwarna kuning jingga, tebalnya 2,8-4,5 μm , mempunyai banyak sekat (septum) yang tebal. Pada waktu masih muda berwarna jingga jernih sampai merah kecokelatan dengan zona gelap yang agak menonjol. Permukaan bawah berwarna jingga, berwarna kuning jernih atau putih kekuningan. Jika menjadi tua atau kering tubuh buah menjadi suram, permukaan atasnya coklat kekuningan pucat dan permukaan bawahnya coklat kemerahan (Semangun, 2000).

JAP bersifat parasit fakultatif, artinya dapat hidup sebagai saprofit yang kemudian menjadi parasit. JAP tidak dapat bertahan hidup apabila tidak ada sumber makanan. Bila belum ada inang jamur ini bertahan di sisa-sisa tunggul (Liyanage, 1976).

Gejala serangan JAP pada tanaman karet ditandai dengan adanya perubahan pada warna daun. Daun berwarna hijau kusam, permukaan daun lebih tebal dari yang normal. Setelah itu daun-daun menguning dan rontok. Pada pohon dewasa gugurnya daun, yang disertai dengan matinya ranting menyebabkan pohon mempunyai mahkota yang jarang. Ada kalanya tanaman membentuk bunga/buah lebih awal (Rahayu *dkk.*, 2006).

Pada tanaman muda gejalanya mirip dengan tanaman yang mengalami kekeringan. Daun-daun berwarna hijau kusam dan lebih tebal dari yang normal.

Daun tersebut akhirnya menjadi cokelat dan mengering. Pohon akhirnya tumbang dengan daun yang masih menggantung. Ada kalanya pohon tiba-tiba tumbang tanpa menimbulkan gejala kematian tajuk, karena akar tanaman telah busuk dan mati. Apabila leher akar tanaman yang terserang dibuka, akan tampak *rizomorf* jamur berwarna putih, baik di akar tunggang ataupun di akar lateral. Akar-akar tersebut akan busuk dan tanaman akan mati (Sinulingga, 1989). Akar tanaman yang terserang JAP dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2 Bentuk jamur *R. Microporus* A. Bagian akar tanaman yang terserang penyakit jamur akar putih (JAP), B. Meselium jamur *R. Microporus* yang telah diisolasi pada medium PDA (Sumber: Dokumen pribadi)

Semangun (2000) menyatakan jamur *R. microorus* memiliki karakteristik Basidiospora bulat, tidak berwarna, dengan garis tengah 2,8-5 μ m, banyak dibentuk pada tubuh buah yang masih muda. Basidium pendek, lebih kurang 5-5 μ m, tidak berwarna, mempunyai sterigma. Pada permukaan tubuh buah hifa jamur berwarna kuning jingga, tebalnya 2,8-4,4 μ m mempunyai banyak sekat yang tebal terdapat miselium jamur (*rizomorf*) berwarna putih yang menjalar sepanjang akar dan melekat erat pada permukaan akar. Berkembang pada pH tanah 5,0-6,5 dan membentuk struktur bertahan hidup/spora istirahat, sering membentuk tubuh buah pada leher akar tanaman sakit, dan kadang tersusun bertingkat. Memiliki *rizomorf* menjalar bebas

dalam tanah, *rizomorf* tumbuh secara epifitik pada permukaan akar sebelum penetrasi, JAP menular lebih cepat dibanding jamur akar coklat (JAC).

Pada permukaan akar yang sakit terdapat benang-benang miselium jamur (*Rizomorf*) berwarna putih menjalar di sepanjang akar. Di sini benang-benang meluas atau bercabang seperti jala. Pada ujungnya benang meluas seperti bulu, benang-benang melekat erat pada permukaan akar. Kadang-kadang berwarna kekuningan, dalam tanah merah tanahnya dapat kemerahan atau kecokelatan, kulit yang sakit akan busuk dan warnanya coklat. Kayu dari akar yang baru saja mati tetap keras, berwarna coklat, kadang-kadang agak kekelabuan. Pada pembusukan yang lebih jauh, kayu berwarna putih atau krem, tetapi padat dan kering, meskipun di tanah basah kayu yang terserang dapat busuk dan hancur (Basuki dan Wisma, 1995).

Serangan lebih lanjut JAP akan membentuk badan buah, berbentuk setengah lingkaran yang tumbuh pada pangkal batang. Badan buah berwarna pink dengan tepi kuning mudah atau keputihan. Badan buah berisi spora-spora jamur yang akan berkembang dan keluar dari tubuh buah. Spora tersebut akan berpencar dan menyerang tanaman karet yang masih sehat (Fairuzah *dkk.*, 2008).

Penularan JAP terjadi melalui persinggungan antara akar karet dengan sisa-sisa akar tanaman lama, tunggul-tunggul atau pohon yang sakit. Selain persinggungan, penyebarannya bisa terjadi karena hembusan angin yang membawa spora jamur ini. Spora yang jatuh di tunggul atau sisa kayu akan tumbuh dan membentuk koloni. Kemudian jamur akan merambat ke akar cabang tunggul dan pindah ke akar tanaman di dekatnya melalui pertautan akar. *Stum* atau bahan bibit terinfeksi merupakan salah satu penyebab tersebarnya penyakit jamur akar putih di areal kebun karet (Sujatno *dkk.*, 2007).

Penyebaran JAP yang paling efektif yaitu melalui kontak akar. Apabila akar-akar tanaman sehat saling bersinggungan dengan akar tanaman karet yang sakit,

maka rizomorf JAP akan menjalar pada tanaman yang sehat kemudian menuju leher akar dan selanjutnya menginfeksi akar lateral lainnya. Tanaman yang terinfeksi ini akan menjadi sumber infeksi pada tanaman lainnya, sehingga perkembangan penyakit semakin lama semakin meluas (Sujatno *dkk.*, 2007).

JAP dapat menyerang tanaman karet pada berbagai tingkat umur, termasuk bibit. Penyakit akar putih terutama timbul pada kebun-kebun muda. Pada umumnya gejala mulai tampak pada tahun-tahun ke-2. Sesudah tahun ke-5 atau ke-6 infeksi-infeksi baru mulai berkurang, meskipun dalam kebun-kebun tua penyakit dapat berkembang terus (Semangun, 2000). JAP dapat mematikan tanaman karet yang berumur 3 tahun dalam waktu 6 bulan dan tanaman karet umur 6 tahun dalam waktu 12 bulan (Yusuf, *dkk* 1992).

Setelah patogen menginfeksi tanaman, perkembangan selanjutnya bergantung pada pH, kandungan bahan-bahan organik, kelembapan dan aerasi tanah. *R. micropous* dapat tumbuh baik pada kelembapan diatas 90%, kandungan bahan organik tinggi serta aerasi yang baik. Apabila kondisi ini sesuai, patogen dapat menjalar sejauh 30 cm dalam waktu 2 minggu (Sinulingga dan Eddy, 1989).

Pada umumnya intensitas JAP memuncak pada umur tanaman 3-4 tahun. Pada saat ini terjadi pertautan akar, faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit, tanah yang gembur/berpori, dan yang beraksi netral (pH 6-7), dengan suhu lebih dari 20° C sangat baik bagi perkembangan penyakit. Penyakit berkembang cepat pada awal musim hujan. Tunggul yang terbuka merupakan medium penularan JAP dan akar-akar yang terinfeksi merupakan sumber penularan lebih lanjut (Soepena, 1984).

Menurut Semangun (2000) pengendalian dapat dibagi menjadi dua kelompok kegiatan, yaitu: membersihkan sumber infeksi, sebelum dan sesudah penanaman karet dan mencegah meluasnya penyakit dalam kebun:

1. Membersihkan sumber infeksi

Sumber infeksi berasal dari pohon-pohon hutan yang sakit, atau tunggul-tunggul pohon hutan yang terinfeksi, sedang pada peremajaan berasal dari pohon karet tua yang sakit atau tunggul-tunggul tua pohon yang sakit. Tunggul-tunggul yang terdapat di kebun harus dibongkar. Jika pembongkaran tunggul tidak dapat dilakukan, untuk mempercepat pembusukan akar dilakukan peracunan tunggul (*stump poisoning*) dan peracunan pohon. Agar tunggul yang baru tidak dapat diinfeksi oleh spora *R. microporus*, sehabis penebangan bidang potongan harus segera ditutup dengan obat penutup luka.

2. Mencegah meluasnya penyakit dalam kebun

Pembuatan selokan isolasi (parit isolasi) disekitar tanaman yang terserang yang bertujuan untuk mematahkan hubungan antara bagian jala-jala akar yang sakit dengan yang sehat. Jeluk (dalamnya) parit isolasi bervariasi antara 60 cm dan 90 cm dengan lebar lebih kurang 30 cm. Pencegahan dapat juga dilakukan dengan monitoring JAP di lapangan. Monitoring ini dapat dilakukan seperti pembukaan leher akar. Pembukaan leher akar ini bertujuan agar pangkal dari akar tunggang dan akar-akar samping tidak tertutup tanah, karena JAP tidak dapat berkembang dengan baik pada akar-akar yang berada di luar tanah.

2.3 Mikoriza

Mikoriza merupakan suatu bentuk simbiosis mutualistik antara jamur dan akar tanaman (Brundrett, 1991). Hampir pada semua jenis tanaman terdapat bentuk simbiosis ini. Umumnya mikoriza dibedakan dalam tiga kelompok, yaitu: endomikoriza atau FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula) pada jenis tanaman pertanian), ektomikoriza (pada jenis tanaman kehutanan), dan ektendomikoriza (Harley and Smith, 1983 dalam Dewi, 2007). Peranan FMA dalam meningkatkan pertumbuhan

dan produksi tanaman telah banyak dilaporkan dan dari hasil penelitian belakangan ini banyak laporan yang memuat aplikasi dan usaha produksi inokulan FMA yang diusahakan secara komersil (Dewi, 2007).

Menurut Setiadi (2001) fungi mikoriza arbuskula dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman dimana tiap jenis tanaman dapat juga berasosiasi dengan satu atau lebih jenis FMA. Tetapi tidak semua jenis tumbuhan dapat memberikan respon pertumbuhan positif terhadap inokulasi FMA. Konsep ketergantungan tanaman akan FMA adalah relatif dimana tanaman tergantung pada keberadaan FMA untuk mencapai pertumbuhannya. Tanaman yang mempunyai ketergantungan yang tinggi pada keberadaan FMA, biasanya akan menunjukkan pertumbuhan yang nyata terhadap inokulasi FMA, dan sebaliknya tidak dapat tumbuh sempurna tanpa adanya asosiasi dengan FMA.

Tanaman yang mempunyai mikoriza cenderung lebih tahan terhadap kekeringan dibandingkan dengan tanaman yang tidak mempunyai mikoriza. Rusaknya jaringan kortek akibat kekeringan dan matinya akar tidak permanen pengaruhnya pada akar yang bermikoriza. Setelah periode kekurangan air, akar yang bermikoriza akan cepat kembali normal. Hal ini disebabkan karena hifa jamur mampu menyerap air yang ada pada pori-pori tanah saat akar tidak mampu lagi menyerap air. Penyerapan hifa yang sangat luas di dalam tanah menyebabkan jumlah air yang diambil akan meningkat (Dewi, 2007).

FMA mempunyai manfaat biologis yang cukup penting khususnya bagi tanaman, yaitu (1) meningkatkan penyerapan hara, (2) sebagai pelindung hayati (bioprotektor), (3) meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan (4) berperan sinergis dengan mikroorganisme lain. Mengingat sifat simbiotiknya yang obligat, produksi dalam skala besar dari inokulum FMA memerlukan kontrol dan optimisasi baik pada pertumbuhan inang dan perkembangan jamur. Ukuran

mikroskopis dari FMA, bersama dengan proses identifikasi kompleks juga berkontribusi pada kesukaran propagasi inokulum (Dewi, 2007).

Organ-organ FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula)

Menurut Landecker (1982) bahwa FMA mempunyai organ-organ khusus, yaitu vesikel, arbuskul dan spora.

Spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

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 (Imas dkk; 1989).

Faktor Pembentuk Spora FMA

Perbedaan ketinggian tempat dapat mempengaruhi kepadatan spora. Berdasarkan data perbedaan ketinggian tempat di atas permukaan laut terlihat bahwa dengan bertambahnya ketinggian tempat maka terjadi penurunan suhu. Dapat dikatakan dengan menurunnya suhu lingkungan dapat menurunkan tingkat kepadatan spora (Elfiati dan Delvian, 2007).

Spora yang dihasilkan oleh FMA akan semakin banyak jika perkembangan kolonisasinya juga tinggi. Kolonisasi yang tinggi sangat ditentukan oleh keterbukaan lingkungan tajuk tanaman inang dan suhu lingkungan (Elfiati dan Delvian, 2007). Suhu maupun sinar menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap koloni dan perkembangan spora FMA. Peningkatan intensitas sinar biasanya meningkatkan kolonisasi akar (Suhardi, 1989).

Kondisi lingkungan tanah yang cocok untuk perkecambahan biji juga cocok untuk perkecambahan spora mikoriza. Demikian pula kondisi tanah yang dapat

mendorong pertumbuhan akar juga sesuai untuk perkembangan hifa. Fungi mikoriza memasuki lapisan epidermis akar yang selanjutnya tumbuh menuju korteks. Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis. Pertumbuhan hifa secara eksternal tersebut terus berlangsung sampai tidak memungkinkan untuk terjadi pertumbuhan lagi. Bagi jamur mikoriza, hifa eksternal berfungsi mendukung fungsi reproduksi serta untuk transportasi karbon serta hara lainnya ke dalam spora, selain fungsinya untuk menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman (Pujiyanto, 2001).



III. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan November sampai Februari 2016 di Laboratorium Mikrobiologi jurusan biologi, FMIPA Universitas Andalas serta di Pembibitan dan Penghijauan Universitas Andalas.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan untuk masing-masing perlakuan. Adapun perlakuan yang diberikan adalah:

A: Tanpa FMA dan JAP (kontrol)

B: FMA dosis 5 g

C: JAP (*R. Microporus*)

D: JAP (*R. Microporus*) 2 minggu kemudian + inokulum FMA dosis 5 g

E: Inokulum FMA dosis 5 g 2 minggu kemudian + JAP (*R. Microporus*)

3.3 Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah skop, kantong plastik, *sprayer*, tali plastik, kertas label, cangkul, ember, gelas ukur, timbangan, *polybag*, baskom, gelas obyek, kaca penutup, cawan petri, bak tanam, oven, mikroskop, cawan petri, *elemeyer*, oven, spatula, bunsen, alat tulis, kamera digital.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu biji karet, tanah pasir, dan air. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan untuk mengisolasi jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) adalah akar tanaman karet yang terserang JAP, FMA yang diperoleh dari BALITBU, Solok, Medium PDA (*Potato Dextrose Agar*), dan alkohol 70%, akuades, larutan KOH 10 %, HCL 2% , larutan *staining* dan *distaining*.

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Dilapangan

3.4.1.1 Pengambilan Sampel

Sampel JAP (*R. microporus*) di ambil di perkebunan karet Sijunjung, sampel tanaman sakit di ambil pada bagian akar pohon karet yang sudah mati dan berhifa, ukuran akar yang diambil sekitar 0-15cm. Sumber inokulum diambil dari akar tanaman karet yang terserang JAP. Kemudian sampel akar tanaman karet tersebut dibungkus dengan kertas koran lembab dan dimasukkan ke dalam kantong plastik, selanjutnya dibawa ke Laboratorium untuk di isolasi.

3.4.2 Di laboratorium

3.4.2.1 Sterilisasi Alat dan Media

Alat-alat dan medium PDA yang digunakan disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C tekanan 15 lbs selama 15 menit.

3.4.2.2 Pembuatan Medium Potato Dextrosa Agar (PDA)

Di timbang 39 g medium PDA instant dan di larutkan dengan 1000 ml akuades. Didalam *beker glass*. Medium dipanaskan diatas *hotplate* sambil dihomogenkan. Setelah mendidih medium dipindahkan ke elemeyer dan di steril pada suhu 121°C dengan tekanan 10 atm selama 15 menit.

3.4.2.2 Isolasi JAP (*Rigidoporus microporus*)

Isolasi jamur dari bagian tanaman karet yang terserang penyakit dilakukan dengan menggunakan metode *moist chamber* yaitu sampel tanaman di potong kecil kira-kira 1 cm. Potongan sampel disterilkan dengan cara dicuci kedalam akuades steril dan selanjutnya direndam dengan alkohol 70 % selama 1 menit. Setelah itu dibilas

dengan akuades selama 1 menit, lalu potongan sampel dikeringkan diatas tisu steril. Setelah kering, kemudian potongan sampel ditanam pada media PDA di dalam cawan petri. Kemudian isolat diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu 25-30°C atau sampai isolat jamur tumbuh memenuhi cawan petri. Jamur yang tumbuh dipisahkan untuk mendapatkan biakan murni. Biakan murni jamur patogen kemudian di perbanyak pada media yang sama. Biakan yang digunakan adalah biakan yang berumur 2 minggu (Muhibuddin *et al.*, 2011).

3.4.2.3 Pembuatan Supensi JAP (*R. microporus*)

Disediakan akar ubi kayu yang telah dipotong kecil berukuran ± 1 cm selanjutnya potongan akar ibu kayu diletakkan kedalam cawan petri yang telah dilapisi dengan kertas saring. Selanjutnya akar yang telah disusun disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dengan tekanan 10 atm selama 15 menit. Setelah disterilkan potongan akar ubi kayu didinginkan terlebih dahulu, selanjutnya diinfeksi biakan murni JAP, hal ini karena jamur akar putih akan cepat menginfeksi akar ubi kayu. Kemudian diinkubasi selama 5-7 hari seperti pada lampiran 8. Akar ubi kayu yang telah terinfeksi JAP inilah yang akan diinfeksi pada tanaman karet untuk menimbulkan penyakit.

3.5 Penyediaan Isolat FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula)

Dalam penelitian ini FMA yang akan digunakan diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Buah (BALITBU), Solok, di formulasi dengan nama Bioriza merupakan produk FMA campuran yang telah dipatenkan.

3.6 Penyediaan Bibit Karet

Tanaman karet yang digunakan berupa biji karet yang dibibitkan selama 1 bulan dengan pertumbuhan sehat, seragam dan normal yang diperoleh dari Pusat Penelitian Perkebunan Karet Sungai Putih, Medan, Sumatra Utara seperti pada lampiran 9.

3.7 Persiapan Media Tanam

Media tanam berupa tanah kebun yang telah disiapkan sebanyak ± 2 kilogram. Kemudian disiapkan polibeg berdiameter $\pm 5 \times 15$ cm. Tanah yang sudah disiapkan dimasukkan ke dalam polibag. Polibeg tersebut disusun sesuai dengan jenis perlakuannya.

3.8 Penanaman Bibit

Sebelum penanaman dilakukan, terlebih dahulu dibuat lubang sedalam 5 cm pada bagian tengah polibeg menggunakan tugal. Selanjutnya benih karet ditanamkan sampai $\frac{3}{4}$ dari tinggi polibeg. Kemudian bibit ditimbun dengan tanah dan dilakukan penyiraman 3 kali sehari.

3.9 Inokulasi FMA Pada Tanaman Karet

Inokulasi FMA dilakukan dengan cara membuat lubang sedalam ± 5 cm disekitar perakaran bibit dan diberi isolat bioriza (*Glomus* sp + *Acaulospora* sp) dengan dosis 5g kemudian lubang ditutupi kembali dengan tanah.

3.10 Inokulasi JAP (*Rigidoporus microporus*)

Introduksi JAP dilakukan dengan cara, yaitu dibuat lubang disekitar perakar bibit karet lalu akar ubi kayu berukuran ± 1 cm yang telah terinfeksi JAP diinokulasikan kedalam akar bibit karet kemudian lubang ditutup dengan tanah, untuk menimbulkan penyakit.

3.11 Pemeliharaan Tanaman

3.11.1 Penyiraman

Penyiraman dilakukan dua kali sehari pada pagi dan sore hari, namun apabila tanah cukup lembab maka dilakukan satu hari sekali.

3.11.2 Penyiangan

Untuk menghindari persaingan antara gulma dan tanaman, maka dilakukan penyiangan. Penyiangan dilakukan untuk membersihkan gulma yang terdapat di areal penelitian.

3.12 Parameter Pengamatan

3.12.1 Jumlah daun baru yang muncul / penambahan jumlah daun

Pertambahan jumlah daun dihitung pada minggu pertama setelah perlakuan hingga minggu ke-8 pengamatan.

3.13 Masa Inkubasi

Pengamatan masa inkubasi dilakukan dengan cara visual. Masa inkubasi adalah waktu yang dibutuhkan patogen untuk dapat menyerang tanaman, dihitung mulai dari hari penanaman bibit karet setelah 14 hari keluarnya tunas. Pada tanah yang terinfeksi JAP dan terinfeksi FMA sampai gejala awal terlihat. Daun berwarna hijau kusam, setelah itu daun-daun menguning dan rontok.

Efektivitas perlambatan masa inkubasi dihitung dengan rumus:

$$E_m = (M_p - M_k) M_k^{-1} \times 100 \% \text{ (Sivan dan Chet, 1986)}$$

Keterangan : E_m = Efektivitas perlambatan masa inkubasi

M_p = Masa inkubasi pada perlakuan

M_k = Masa inkubasi pada kontrol

3.14 Intensitas Serangan

Intensitas serangan penyakit jamur akar putih dianati setiap minggu mulai dari gejala pertama muncul hingga akhir pengamatan menggunakan rumus : $I = \frac{n \times v}{N \times V} \times 100\%$

Keterangan : I = Intensitas serangan
 n = Jumlah daun
 v = Nilai skala tiap serangan
 N = Jumlah daun yang diamati
 V = Nilai skala tertinggi

Tabel 1. Skala dan Kriteria Intensitas Serangan

Skala	Kriteria
0	Daun sehat (tidak terdapat gejala)
1	1 helaian daun layu dan kering
2	2-3 helaian daun layu/kering
3	4-5 helaian daun laui/kering
4	>5 helaian daun layu/kering

Sumber : (Baharuddin, 1994)

Efektivitas penekanan intensitas serangan penyakit dihitung dengan rumus:

$$E_1 = (I_p - I_k) I_k^{-1} \times 100 \% \quad (\text{Sivan dan Chet, 1986})$$

Dimana: E_1 = Efektivitas penekanan intensitas penyakit

I_p = Intensitas serangan pada perlakuan

I_k = Intensitas serangan pada kontrol

3.15 Persentase Kolonisasi FMA Pada Tanaman Karet

Pengamatan ini dilakukan dua tahap yaitu pada 3 minggu dan 4 minggu setelah introduksi Bioriza. Penghitungan kolonisasi Bioriza pada umur 3 minggu dari 30% akar bagian atas sedangkan pada 4 minggu akar diambil secara acak (tanaman dibongkar. Akar tanaman dicuci dengan air mengalir, lalu dipotong-potong 1 cm dan dimasukkan kedalam botol film. Setelah itu akar direndam dengan KOH 10 % selama 24 jam. Kemudian akar dibilas dengan aquadest lalu direndam dengan HCL 2 % selama 3 menit. Selanjutnya dilakukan pewarnaan akar dengan cara direndam dengan larutan pewarna (staining) dengan komposisi gliserin + asam laktat + aquadest 2:2:1 (400 ml : 400 ml : 200 ml) dan trypan blue 0,1 g. Kemudian dibiarkan

selama 24 jam. Setelah itu larutan staining dibuang dan diganti dengan larutan destaining (sama seperti pewarnaan tetapi tanpa *trypan blue*).

Pehitungan persentase kolonisasi akar pada tanaman karet dilakukan dengan metode Giovanetti dan Mosse (1980) *cit* Setiadi *et al* , (1992) potongan akar yang sudah diwarnai disusun diatas objek glass sebanyak 10 potong. Setiap bidang pandang pada potongan akar diamati infeksiya. Bidang pandang menunjukkan tanda-tanda kolonisasi (terdapat vesikula atau arbuskular atau hifa) diberi tanda (+) sedangkan tidak ditemukan tanda-tanda kolonisasi diberi tanda (-), dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Persentase akar yang terinfeksi dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Persentase kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{Bidang pandang bertanda (+)}}{\sum \text{bidang pandang keseluruhan yang diamati}} \times 100 \%$$

Tabel 2. Klasifikasi persentase kolonisasi FMA

Persentase Kolonisasi (%)	Kriteria
0-5	Sangat rendah
>5-25	Rendah
>25-50	Sedang
>50-75	Tinggi
75>100	Sangat tinggi

Sumber : Setiadi *et al.*, (1992).

3.16 Berat Kering Tanaman

Pengamatan berat kering tanaman dilakukan pada akhir pengamatan. Sebelum tanaman ditimbang, tanaman dicuci dengan air mengalir dan dikelompokkan berdasarkan perlakuan dan ulangan. Tanaman dipotong-potong dan dibungkus dengan koran kemudian ditimbang. Kemudian dilakukan pemanasan dengan oven suhu 80°C selama 2 × 24 jam sampai beratnya konstant (Muas, 2002).

3.17 Analisis Data

Analisis data dilakukan terhadap rata-rata pertambahan tinggi tunas, diameter tunas, jumlah daun dan berat kering menggunakan analisis sidik ragam. Bila pengaruh

perlakuan berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%. Sedangkan data persentase kolonisasi akar oleh FMA dianalisis secara deskriptif.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengendalian jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr.) Van ov. Pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) muell.arg menggunakan fungi mikoriza arbuskula diperoleh hasil sebagai berikut :

4.1 Rata-rata Pertambahan Jumlah Daun

Dari hasil analisis statistik (Lampiran 1) pertambahan jumlah daun tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) selama 8 minggu pengamatan yang diberikan JAP dan FMA dosis 5g memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Data disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertambahan jumlah daun tanaman karet (*H. brasiliensis*) dengan pemberian JAP dan FMA dosis 5g setelah 8 minggu pengamatan

Perlakuan	Rata-rata pertambahan jumlah daun (helai)
A (kontrol)	7,20 c
B (FMA dosis 5g)	14,20 b
C (JAP)	4,00 d
D (JAP + FMA dosis 5g)	12,80 b
E (FMA dosis 5g + JAP)	17,00 a

Keterangan : Huruf berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada uji taraf 5%

Dari Tabel 3 dapat dilihat berdasarkan rata-rata pertambahan jumlah daun perlakuan E (FMA dosis 5g + JAP) merupakan yang tertinggi dan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya, tetapi pada perlakuan B (FMA dosis 5g) memberikan pengaruh yang sama dengan perlakuan D (JAP + FMA dosis 5g) terhadap pertambahan jumlah daun tanaman karet. Adanya perbedaan rata-rata pertambahan jumlah daun *H. Brasilensis* pada setiap perlakuan disebabkan oleh adanya perbedaan kemampuan daya serap hara oleh tanaman. Pertumbuhan dan perkembangan daun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam tanah, terutama nitrogen. Nitrogen diperlukan oleh tanaman untuk melakukan proses-proses metabolisme, terutama pada masa vegetatif. Menurut Damanik, *dkk* (2011)

menyatakan bahwa kurangnya pasokan N pada tanaman akan menghambat metabolisme tanaman untuk melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat, protein, asam nukleat, energi dan pembentukan sel baru. Inokulasi FMA meningkatkan penyerapan unsur hara N pada akar tanaman oleh karena itu, inokulasi FMA pada tanaman akan meningkatkan jumlah daun tanaman karet. Hal tersebut dikarenakan unsur hara N yang tersedia pada media tanam diserap secara optimal oleh akar tanaman yang bermikoriza (Xie *et al.*, 2014).

Fungsi unsur nitrogen dalam tanaman diantaranya adalah untuk sintesis protein yang digunakan dalam pembelahan dan pembesaran sel. Apabila proses tersebut berjalan baik karena tidak terhambat oleh kekurangan unsur N, maka terjadi pembentukan jaringan vegetatif (daun) dan peningkatan ukuran sel sehingga pertumbuhan tanaman dan jumlah daun meningkat (Fitriana *et al.*, 2012). Selain itu, nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil dalam daun. Banyaknya jumlah daun akan meningkatkan proses metabolisme, terutama fotosintesis, sehingga fotosintat yang diedarkan ke seluruh bagian tanaman pun meningkat. Hal ini berkaitan dengan intersepsi cahaya yang diterima oleh daun. Proses fotosintesis yang berlangsung baik akan memacu pembentukan karbohidrat dan protein dalam tubuh tanaman sehingga menyebabkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman menjadi lebih baik (Laude dan Tambing, 2010).

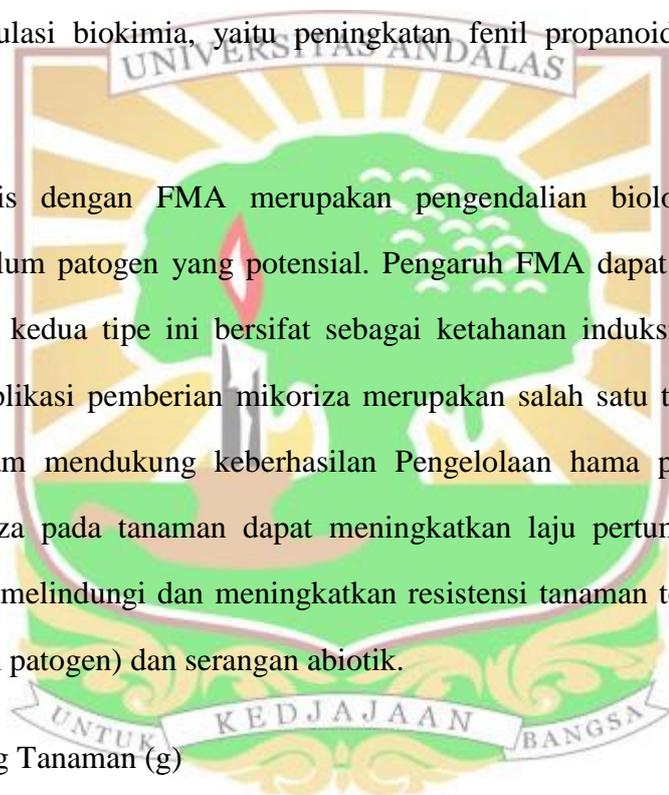
Daun adalah organ utama tumbuhan untuk melakukan fotosintesis, bila terjadi kekurangan penyerapan unsur hara maka berpengaruh terhadap laju fotosintesis dan FMA tidak mendapatkan pasokan karbohidrat. Menurut Dwijoseputro (1994), menyatakan bahwa tanaman akan tumbuh subur jika unsur yang diperlukan berada dalam jumlah yang cukup dan bentuk yang sesuai untuk diserap tanaman. Tanaman membutuhkan unsur N, P, K dalam jumlah banyak (unsur makro) dan memerlukan unsur mikro dalam jumlah sedikit misalnya B, Fe, Mn, Cu, Zn, dan Mo.

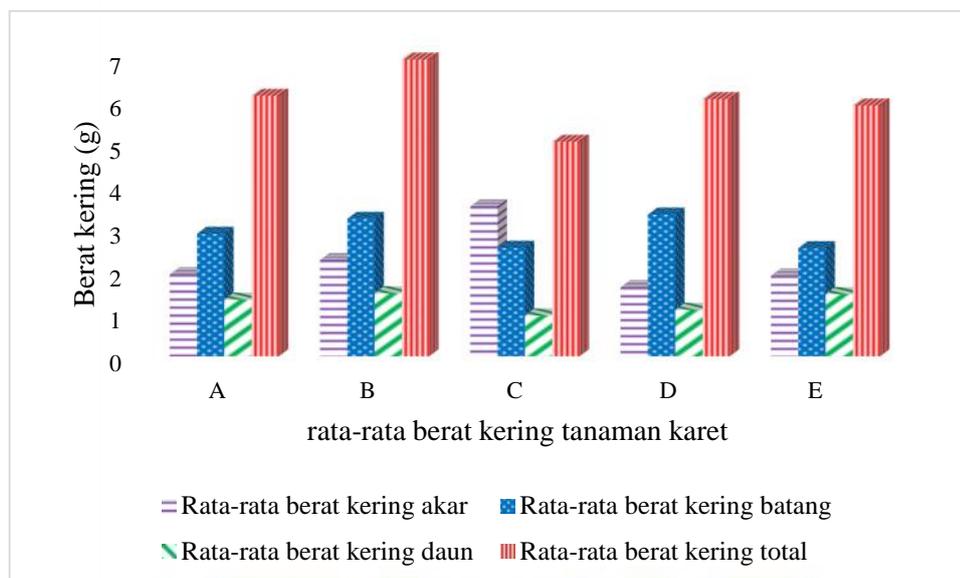
Pemberian FMA terlebih dahulu dapat meningkatkan P dalam tanah sehingga penyerapan P juga meningkat, akan melindungi tanaman dari serangan patogen dan memberikan respon yang berbeda dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Scharff *et al.*, (1998), pada tanaman yang terinfeksi jamur mikoriza terjadi peningkatan konsentrasi fitoaleksin, sehingga pengaruh simbiosis antara FMA dengan tanaman inang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap beberapa patogen. Kolonisasi jamur mikoriza menyebabkan perubahan induksi, seperti terjadinya stimulasi biokimia, yaitu peningkatan fenil propanoid dalam jaringan inang.

Simbiosis dengan FMA merupakan pengendalian biologi yang efektif menekan inokulum patogen yang potensial. Pengaruh FMA dapat bersifat sistemik atau lokal, dan kedua tipe ini bersifat sebagai ketahanan induksi (Cordier *et al.*, 1998). Maka aplikasi pemberian mikoriza merupakan salah satu teknik yang perlu diterapkan dalam mendukung keberhasilan Pengelolaan hama penyakit. Adanya asosiasi mikoriza pada tanaman dapat meningkatkan laju pertumbuhan. Asosiasi mikoriza dapat melindungi dan meningkatkan resistensi tanaman terhadap serangan biotik (serangan patogen) dan serangan abiotik.

4.2 Berat Kering Tanaman (g)

Berat kering tanaman *Hevea brasiliensis* selama 8 minggu pengamatan yang diberi FMA dosis 5g dan JAP dapat dilihat pada gambar 3.





Gambar 3. Berat kering tanaman *Hevea brasiliensis* dengan pemberian FMA dosis 5g dan JAP setelah 8 minggu pengamatan. Keterangan: A (kontrol), B (FMA), C (JAP), D (FMA + JAP), E (JAP + FMA).

Berdasarkan uji analisis statistik rata-rata berat kering akar, batang, daun dan berat kering total pada tanaman karet menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, hal ini menunjukkan kemampuan akumulasi senyawa organik yang disintesis tanaman pada setiap perlakuan bernilai sama. Hal ini mungkin disebabkan adanya gangguan fisiologis pada awal fase pertumbuhan sehingga terjadi penurunan produksi biomassa secara nyata.

Dari gambar 3 data rata-rata berat kering total tanaman karet yang tertinggi didapatkan pada perlakuan B (FMA dosis 5g). Menurut Prawiranata *et al.*, (1981) menyatakan bahwa berat kering tanaman mencerminkan nutrisi tanaman dan merupakan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi bahan kering yang ditumpuk pada bagian atas tanaman yang tergantung fotosintesis. Proses ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara bagi tanaman serta laju fotosintesis. Menurut Lakita (1995) berat kering tanaman tergantung pada nutrisi yang diserap tanaman, laju fotosintesis dan respirasi pada tanaman itu sendiri selain itu berat kering tanaman juga mencerminkan kontribusi terhadap penambahan berat kering tanaman.

Pemberian FMA berpengaruh tidak nyata terhadap berat kering akar, batang, daun dan berat kering total, hal ini diduga karena waktu penelitian yang relatif cepat dan singkat diduga menjadi dasar dimana FMA yang diberikan belum sepenuhnya menginfeksi sistem perakaran tanaman. Tanaman karet merupakan tanaman perkebunan yang berumur tahunan, sehingga diperlukan waktu penelitian yang relatif panjang agar diharapkan data yang didapat cukup akurat dan mewakili dari keadaan yang terjadi di lapangan, sehingga FMA yang diberikan dapat bekerja sebagaimana mestinya untuk membantu sistem perakaran dalam menyerap hara yang dibutuhkan tanaman. Penyerapan hara ini berlangsung secara difusi menuju sistem perakaran tanaman sehingga prosesnya memakan waktu yang relatif cukup lama. FMA yang akan menstimulasi atau merangsang sistem perakaran tanaman dalam melakukan aktivitas fisiologisnya. Dengan demikian kebutuhan hara tanaman dapat terpenuhi. Hal ini sesuai dengan Salisbury dan Ross (1995) yang menyatakan keuntungan mikoriza pada tumbuhan dikenal baik adalah meningkatkan penyerapan fosfat, meskipun penyerapan hara lainnya dan air sering meningkat pula. Manfaat mikoriza yang paling besar yaitu dalam meningkatkan penyerapan ion-ion yang biasanya berdifusi secara lambat menuju akar atau yang dibutuhkan dalam jumlah banyak, terutama fosfat, NH_4^+ , K^+ , dan NO_3^- . Penyerapan hara ini dilakukan oleh akar.

4.3 Persentase Kolonisasi FMA

Persentase kolonisasi FMA pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) selama 8 minggu pengamatan. Data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase kolonisasi FMA pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) selama 8 minggu pengamatan.

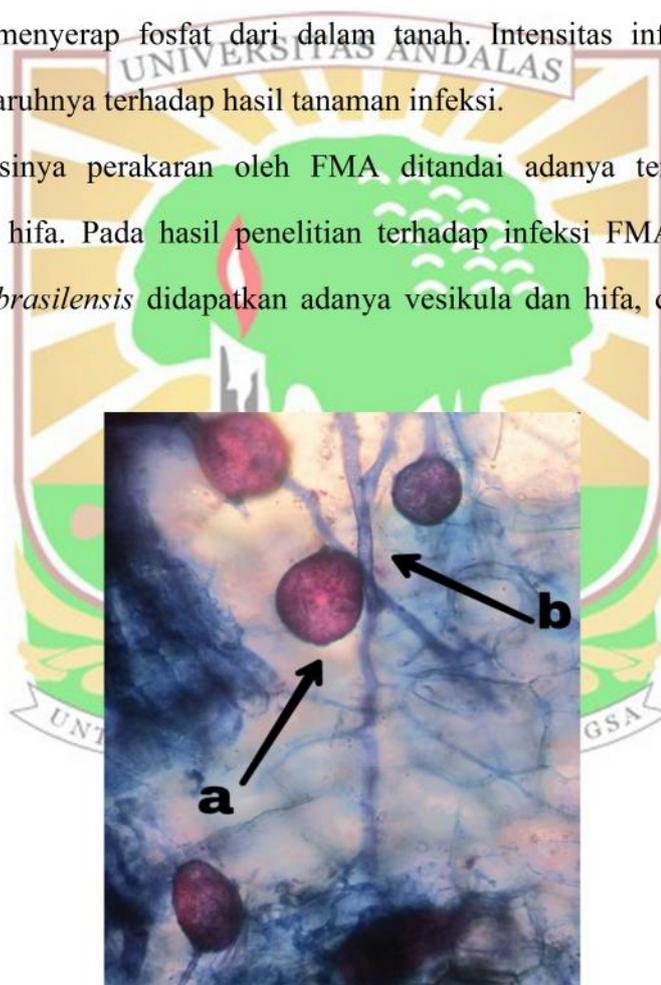
Perlakuan (g/tanaman)	Persentase Derajat Infeksi (%)	Kriteria
A (kontrol)	4	Sangat rendah
B (FMA dosis 5g)	60	Tinggi
C (JAP)	0	Sangat rendah
D (JAP + FMA dosis 5g)	50	Tinggi
E (FMA dosis 5g + JAP)	66	Tinggi

Hasil kolonisasi mikoriza yang diperoleh disesuaikan dengan kriteria penilaian persentase kolonisasi akar. Menurut Athena *cit* Setiadi *et al.*, (1992) kriteria efektifitas derajat infeksi mikoriza 0-5 sangat rendah, >5-25 rendah, >25-50 sedang, >50-75 tinggi, >75-100 sangat tinggi. Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa derajat infeksi tanaman *H. Brasiliensis* menunjukkan kriteria sangat rendah sampai tinggi. Pada perlakuan A yang tanpa inokulasi FMA terdapat persentase infeksi akar sebesar 4% infeksi pada akar ini diduga bahwa adanya FMA indigenus pada media tanam yang digunakan tidak disterilisasi dahulu dan adanya spora-spora FMA lain yang terbawa oleh angin sehingga menginfeksi perakaran *H. brasiliensis*. Sama halnya dengan peneliti Novi (2008) bahwa pada kontrol (tanpa inokulasi) terinfeksi oleh FMA dengan kriteria sedang. Coyne (1999) menyatakan bahwa Fungi mikoriza (FMA) dapat tersebar aktif (tumbuh dengan miselium dalam tanah) dan tersebar secara pasif dimana FMA tersebar melalui angin, air atau mikroorganisme.

Infeksi pada perlakuan B,D, dan E termasuk kedalam kriteria tinggi. Berdasarkan jumlah persentase derajat infeksi perlakuan E (FMA dosis 5g + JAP) merupakan jumlah infeksi FMA yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya, bila dibandingkan dengan perlakuan D yang infeksi JAP terlebih dahulu kemudian diberikan infeksi FMA jumlah akar yang terinfeksi lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan E yang diinfeksi FMA terlebih dahulu kemudian FMA berarti pemberian FMA terlebih dahulu mampu menekan infeksi JAP. Hal ini dikarenakan menurut Hadi (2000) semakin tinggi derajat infeksi maka mikoriza akan

melarutkan P yang terikat pada tanah sehingga tersedia bagi tanaman. Persentase infeksi akar tidak bisa dijadikan sebagai indikator pertumbuhan tanaman dan serapan hara melainkan potensi atau keefektifan dari mikoriza tersebut dalam meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara seperti kemampuannya dalam meningkatkan penyerapan air dan hara. Didukung oleh penelitian Anggarini (2009) bahwa kemampuan mikoriza dalam meningkatkan penyerapan P tidak hanya ditentukan oleh koloni jamur pada akar dan perkembangannya di dalam tanah tetapi kemampuan hifa eksternal menyerap fosfat dari dalam tanah. Intensitas infeksi tidak selalu sebanding pengaruhnya terhadap hasil tanaman infeksi.

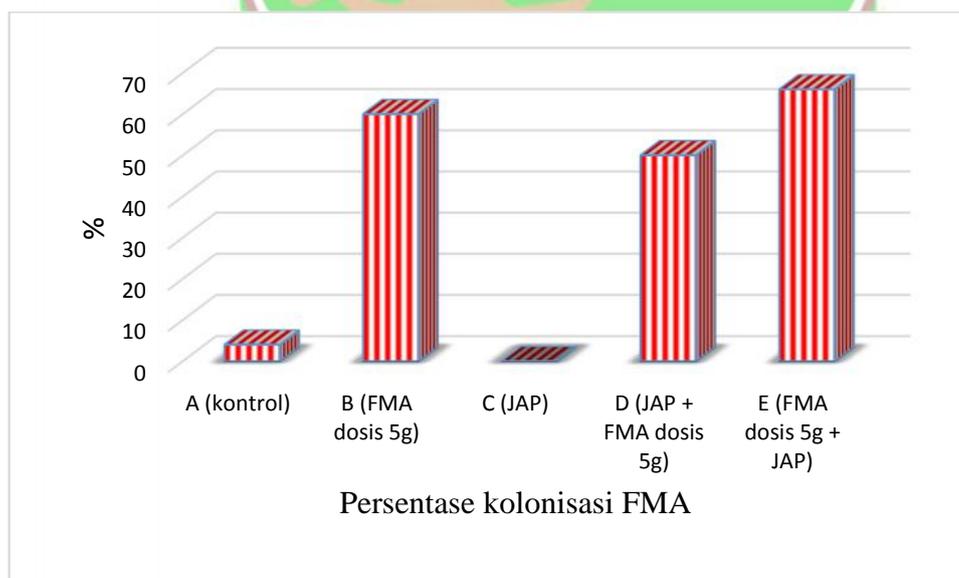
Terinfeksi perakaran oleh FMA ditandai adanya terbentuk vesikula, arbuskula, atau hifa. Pada hasil penelitian terhadap infeksi FMA pada perakaran tanaman *Hevea brasiliensis* didapatkan adanya vesikula dan hifa, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kolonisasi FMA dosis 5g pada akar tanaman karet setelah 8 minggu pengamatan. Keterangan: a. (Vesikular), b. (Hifa), Skala perbesaran 40×10 .

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada penelitian ini tidak adanya arbuskula. Hal ini di duga karena siklus hidup arbuskula yang sangat singkat yaitu antara 1-3 minggu. Pada umumnya arbuskula terbentuk sebelum vesikula, namun adapula vesikula yang dibentuk tanpa pembentukan arbuskula terlebih dahulu (Santoso dan Anas, 1992). Hal yang sama di peroleh pada hasil penelitian Contesa (2010), dimaana pada akar bibit tanaman pisang FHIA-25 yang diinokulasi multispora (*Glomus* sp + *Acaulospora* sp.) tidak ditemukan adanya arbuskula.

Hasil pengamatan struktur mikoriza menunjukkan adanya struktur hifa eksternal pada akar tanaman karet. Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis. Menurut Widyastuti *et al.*, (2005) pertumbuhan hifa secara eksternal tersebut terus berlangsung sampai tidak memungkinnya untuk terjadi pertumbuhan lagi. Hifa eksternal berfungsi mendukung fungsi reproduksi serta untuk transportasi karbon serta hara lainnya kedalam spora, selain fungsinya untuk menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman.



Gambar 5. Presentasi kolonisasi FMA pada akar tanaman karet dengan pemberian FMA dosis 5g setelah 8 minggu pengamatan.

Pada gambarpresentasi kolonisasi FMA pada akar tanaman *Hevea brasiliensis* dengan pemberian FMA dosis 5g setelah 8 minggu pengamatan dapat dilihat pada setiap perlakuan tanaman karet memiliki persentase infeksi yang berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh perbedaan beberapa faktor yang mempengaruhi infeksi mikoriza terhadap tanaman, antara lain yaitu : ketergantungan tanaman terhadap mikoriza, efektifitas isolat, maupun kondisi nutrisi terutama unsur hara tanah (Setiadi, 1992).

Setiadi (2001), menyatakan bahwa tanaman yang bermikoriza akan tumbuh lebih baik dari tanaman tanpa mikoriza, karena mikoriza secara efektif dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro. Faktor-faktor yang mempengaruhi tanaman inang juga akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan mikoriza.

4.4 Masa Inkubasi

Hasil pengamatan masa inkubasi atau saat munculnya gejala pertama pada bibit karet (*Hevea brasiliensis*) selama 8 minggu pengamatan yang diberi FMA dosis 5g dan JAP dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Masa inkubasi dan efektivitas perlambatan masa inkubasi bibit karet seteah diinokulasikan FMA dosis 5g dan JAP.

Perlakuan	Masa Inkubasi (Hari)	Efektivitas perlambatan masa inkubasi (%)
A (kontrol)	14	0
B (FMA dosis 5gr)	28	100
C (JAP)	17	21,43
D (JAP + FMA dosis 5gr)	19	35,71
E (FMA dosis 5gr + JAP)	53	278,6

Dari tabel 5 dapat dilihat pada masing-masing perlakuan introduksi FMA dosis 5g pada tanaman karet mampu menghambat masa inkubasi dengan terlihat adanya pengaruh bioriza dalam menekan serangan patogen jamur akar putih. Pada perlakuan E didapatkan masa inkubasi tertinggi selama 53 hari dengan efektivitas perlambatan 278,6%. Kemudian diikuti dengan perlakuan B dengan masa inkubasi 28 hari dengan efektivitas perlambatan 100%, selanjutnya perlakuan D masa

inkubasi 19 hari dengan efektivitas perlambatan 35,71% dan perlakuan C masa inkubasi 17 hari dengan efektivitas perlambatan 21,43%. Sedangkan A tanpa pemberian apa pun (kontrol) dengan masa inkubasi 0%. Menurut Husein (1994) tanaman yang diberi mikoriza lebih tahan terhadap serangan penyakit karena kondisi tanaman itu menjadi lebih baik. Sifat tahan tanaman terhadap patogen terbentuk sebelum patogen menyerang tanaman inang, dimana FMA lebih dulu menginfeksi akar.

Pada perlakuan pemberian mikoriza terlebih dahulu selanjutnya 2 minggu kemudian diinokulasikan JAP, masa inkubasinya lebih lama dibandingkan dengan kontrol. Gejala ini disebabkan karena adanya pengaruh mikoriza sebagai struktur pelindung biologis tanaman terhadap patogen akar. Menurut Imas *et al.*, (1989) mekanisme perlindungan dari mikoriza menggunakan semua kelebihan karbohidrat dan eksudatnya sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok dengan patogen.

Mikoriza yang diinokulasikan terlebih dahulu dibandingkan patogen akan berkembang lebih dulu pada perakaran tanaman dibandingkan patogen, sehingga mikoriza dapat menekan infeksi patogen pada jaringan akar tanaman tersebut. Yunis (2012) yang menyebutkan bahwa mikoriza *Glomus mosseae* yang diinokulasikan bersamaan dengan patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman tomat varietas Fortuna memberikan persentase infeksi mikoriza yang lebih rendah yaitu hanya 60% saja bila dibandingkan dengan inokulasi patogen *F.oxysporum* setelah hari ke-21 masa tanam yang persentase infeksi mikorizanya dapat mencapai 80%. Menurut Talanca (2010), mikoriza mampu menekan perkembangan patogen apabila telah terjadi simbiotik antara tanaman inang terlebih dahulu. Jika patogen menginfeksi tanaman terlebih dahulu, maka mikoriza tidak dapat berkembang.

Infeksi mikoriza berbanding terbalik dengan persentase infeksi patogen dan intensitas serangan penyakit. Semakin tinggi persentase infeksi mikoriza pada akar

tanaman, maka semakin rendah persentase infeksi patogen dan intensitas serangan penyakit. Diduga bahwa mikoriza mampu menekan perkembangan patogen. Infeksi mikoriza pada akar tanaman dapat menyebabkan perubahan morfologi, seperti terjadinya lignifikasi pada bagian sel endodermis akar sehingga membentuk penghalang terhadap penetrasi patogen dan mikoriza akan menggantikan peran akar melalui hifa eksternalnya dalam penyerapan air serta unsur hara di dalam tanah. Selain itu, mikoriza juga mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol (zat antibiotik) pada akar tanaman, seperti flavonoid, isoflavonoid, dan tanin. Terjadinya akumulasi senyawa-senyawa fenol ini disebabkan karena meningkatnya aktivasi enzim Phenylalanine Ammonium Lyase (PAL) yang berfungsi dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Penelitian lain menunjukkan bahwa tanaman jagung yang terinfeksi mikoriza mampu menghasilkan senyawa fenol, sedangkan yang tidak terinfeksi mikoriza tidak ditemukan kandungan senyawa fenol (Soenartiningih, 2011).

4.5 Intensitas Serangan

Hasil pengamatan terhadap intensitas serangan penyakit pada tanaman karet yang diberi FMA dosis 5g + JAP dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Intensitas serangan penyakit jamur akar putih (JAP) dan efektivitas penekanan serangan penyakit pada tanaman karet yang telah diintroduksi isolat FMA selama 8 minggu pengamatan.

Perlakuan	Rata-rata intensitas serangan %	Efektivitas penekanan serangan penyakit%
A (kontrol)	3,3	0
B (FMA dosis 5g)	0,9	72,7
C (JAP)	630,6	19,0
D (JAP + FMA dosis 5g)	626,1	18,9
E (FMA dosis 5g + JAP)	2,1	33,3

Dari tabel 6 dapat dilihat intensitas penyakit pada tanaman karet terhadap penyakit jamur akar putih (JAP) dan diinokulasikan FMA dosis 5g memberikan pengaruh terhadap serangan pathogen. Intensitas serangan yang lebih rendah

ditemukan pada tanaman yang diinfeksi terlebih dahulu FMA dosis 5g, sedangkan intensitas serangan paling tinggi terdapat pada perlakuan C (JAP) dan D (JAP + Bioriza dosis 5g) yang berikan penyakit terlebih dahulu dengan intensitas serangan sebesar 626,1% persentase efektivitas penekanan serangan penyakit sebesar 18,9% dan pada perlakuan C yang hanya diberi inokulasi JAP intensitas serangannya sebesar 630,6% dengan efektivitas penekanannya sebesar 19,0%. Dan perlakuan E memberikan intensitas serangan paling rendah sebesar 2,1% dengan persentase Efektivitas penekanan serangan penyakit 33,3% hal ini disebabkan karena pada perlakuan E terlebih dahulu diinokulasikan FMA dosis 5g berarti pemberian FMA terlebih dahulu pada tanaman merupakan yang paling efektif dalam meningkatkan ketahanan tanaman karet terhadap serangan penyakit jamur akar putih (JAP). Hal itu disebabkan karena semakin rendah persentase infeksi patogennya, sehingga intensitas serangan penyakit yang muncul pada daun tanaman karet juga akan rendah. Mekanisme interaksi antara mikoriza dan patogen, baik interaksi secara antagonis maupun antibiosis tidak terjadi secara langsung, melainkan melalui tanaman inang dengan perubahan-perubahan morfologi ataupun fisiologi zat kimia tertentu. Perubahan pada tanaman ini distimulus oleh adanya kolonisasi mikoriza di dalam zona rhizosfer, sehingga tanaman dapat membentuk pertahanan dalam menghadapi serangan patogen (Talanca, 2010).

Perbedaan persentase infeksi antara mikoriza dan patogen ditentukan oleh kemampuan JAP dalam menginfeksi akar tanaman, serta kinerja mikoriza. Diduga adanya mekanisme kompetisi antara keduanya memberikan pengaruh terhadap persentase infeksi patogen maupun mikoriza pada akar tanaman karet. Kompetisi yang terjadi meliputi kompetisi sumber nutrisi, kompetisi tempat kolonisasi, dan kompetisi dalam melakukan infeksi pada perakaran tanaman. Pada penelitian ini, inokulasi mikoriza dilakukan pada minggu ke-2 masa tanam, sedangkan inokulasi

patogen dilakukan pada minggu ke-2 masa tanam. Mikoriza akan berkembang lebih dulu pada perakaran tanaman dibandingkan patogen, sehingga mikoriza dapat menekan infeksi patogen pada jaringan akar tanaman tersebut.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengendalian jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) (Swartz:fr.) van Ov. pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) Muell. Arg menggunakan fungi mikoriza arbuskula, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pemberian FMA berpengaruh terhadap pertambahan jumlah daun, persentase derajat infeksi, masa inkubasi dan intensitas serangan tanaman karet dalam pengendalian penyakit jamur akar putih (JAP),
2. Upaya preventif lebih efektif dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih (JAP) pada tanaman karet yaitu perlakuan E dengan pemberian FMA dosis 5 g 2 minggu kemudian diberi JAP dengan rata-rata pertambahan jumlah daunnya sebesar 17,00 dan persentase derajat infeksi sebesar 66% sedangkan upaya kuratif tidak memberikan pengaruh terhadap tanaman karet dalam pengendalian JAP.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian disarankan bahwa dilakukan pengendalian penyakit dengan mikoriza langsung diberikan pada kebun karet (*H. brasiliensis*).

DAFTAR PUSTAKA

- Afriza, T. O. 2010. *Pertumbuhan Stum Mata Tidur Karet (Hevea brasiliensis Muell Arg.) dengan Pemberian Air Kelapa dan Lama Penyimpanan pada Kertas Koran*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Alexopoulos, C.J; C.W.Mims & M. Blackwell, 1996. *Introductory Micology 4th the edition John Wiley and Sons*, New York. 869 p.
- Anggraini, E. 2009. *Pemanfaatan Mikoriza Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tambakau Deli (Nicotiana Tabacum L.) Pada Kondisi Cekaman Kekeringan*. Tesis Fakultas Pertanian USU. Medan.
- Anwar C. 2001. *Budidaya Karet*. Pusat Penelitian Karet. MiG Crop. Medan.
- Aritonang, D. 1998. Kemungkinan pemanfaatan biji karet dalam ransum makanan ternak. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian*. 5 (3) : 73-78.
- Baharuddin. 1994. *Pathological, Biochemical and Serological Characterization of the Blood Disease Bacterium Affecting Banana and Plantain (Musa spp.) in Indonesia*. Ph.D dissertation. Gottingen: Cuvillier.
- Balai Penelitian Tanah. 2008. *Panduan Praktis Budidaya Tanaman Karet (Hevea brassiliensis)*. Balai Penelitian tanah Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Basuki, dan Wisma, S. 1995. Pengenalan dan Pengendalian Penyakit Akar Putih Pada tanaman Karet, hal: 1-5. *dalam Kumpulan Lokakarya Pengendalian Penyakit Penting Tanaman Karet*. Pusat Penelitian Karet, Sungei Putih.
- Basuki. 1986. *Peranan Belerang Sebagai Pemicu Pengendalian Biologi Penyakit Jamur Akar Putih Pada Karet*. Disertasi, univ. Gadjah Mada, Yogyakarta. 169 Hal.
- Brundrett MC (1991) Mycorrhizas in Natural Ecosystem. *Adv Ecol Res* 21:171-313.
- Brundrett, N., B. Bougher, T. Dell, Grove and N. Malajazuk. 1996. *Working With Mycorrhizas In Forestry And Agriculture*. Australian Centre For International Agriculture Research (ACIAR). Canberra. Pp. 162-171.

- Burns, J. R and D, M. Benson. 2000. Biocontrol of Damping off *Catharanthus roseus* Caused by *Pythium ultimum* with *Trichoderma viridescens* and *Binucleate Rhizoctonia* Fungi.
- Contesa, E. 2010. *Pertumbuhan Bibit Tanaman Pisang (Musa paradisiacal L.) FHIA- 25. yang Diinokulasi dengan Beberapa Dosis FMA Glomus sp. + Acaulospora sp.* Skripsi Sarjana Biologi FMIPA. Universitas Andalas. Padang.
- Cordier, C.M.J Pozo, J.M. Barea. S. Gianinazzi. And V. Pearson. 1998. Cell Defence Responses Associated with Localized and Systemic Resistance to *Phytophthora parasitica* Induced in Tomato by An Arbuscular Mycorrhizal fungus. *Mol plant- microbe Interac.* 11: 1017-1028.
- Coyne, M. C. 1999. *Soil Microbiologic an Exploratory Approacch.* Delmar Publisher. ITP.
- Damanik, M. M.D.,B.E.Hasibuan., Fauzi., Sarifuddin dan H. Hanum. 2011. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan.* USU Press, Medan.
- Delvian 2007. Keanekaragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) Berdasarkan Ketinggian Tempat. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia.* Edisi Khusus 3:371 – 378
- Delvian. 2006. Peranan Ekologi dan Agronomi Cendawan Arbuskula Mikoriza. *USU Repository.* Medan.
- Dewi, I.R. 2007. Makalah: *Peran, Prospek Dan Kendala Dalam Pemanfaatan Endomikoriza.* Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Dwidjoseputro, D. 1994. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan.* PT Gramedia Pustaka
- Elfiati, D dan Delvian. 2007. Keanekaragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) Berdasarkan Ketinggian Tempat. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia.* Edisi Khusus 3:371 – 378.
- Fairuzah, Z., Rahayu, S.T.S., Suryaman, S., dan Zaini, A., 2008. *Laporan Pengujian Efectivitas Biotani Terhadap Perkembangan Jamur Akar Putih (JAP).* Pusat Penelitian Karet, Sungei Putih, hal: 3-5.
- Fitrianah, L., S. Fatimah, dan Y. Hidayati., 2012. Pengaruh Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Saponin pada Dua Varietas Tanaman Gendola (*Basella sp.*). *Agrovigor*, 5(1), 34 – 46.
- Gianinazzi, P. V and H.G. Diem. 1982. Endomycorrhizae in the Tropics. In Y.R Dommergues and H.G Diem (eds) *Microbiolpogy of Tropical Soils and*

Plant Productivity. *Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Pub. London*. Pp. 37 – 73.

Goenadi, Didiek Hadjar, et.al. 2005. *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit di Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian Republik Indonesia.

Hadi, S. 2000. Status Ektomikoriza Pada Tanaman Hutan Di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I*, Bogor 15—16 November 1999. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Bogor.

Harley, J. L and S. E Smith. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.

Harley, J. L. and Smith, S. E. (1983). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. Toronto.

Harmet. 1999. *Peranan G. Fasciculatum dan pupuk fosfor dalam peningkatan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit pustul bakteri (Xcg)*. Thesis program pascasarjana Universitas Andalas Padang. 73 hal.

Harran, S dan Ansori, N (Eds). 1992. *Bioteknologi Pertanian*. Bogor. Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.

Husin, E. F. A. Syarif Kasli. 2012. *Mikoriza Sebagai Pendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan*. Andalas University Press. Padang.

Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi, 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Depdikbud Ditjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB.

Indraty, I.S. 2005. Tanaman karet menyelamatkan kehidupan dari ancaman karbondioksida. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 27 (5): 10-12.

Kasiamdari, R.S Smith. S.E. Smith. F.A, Scott, E.S, 2002. Influence of the Mycorrhizal Fungus, *Glomus coronatum*, and Soil Phosphorus on Infection and Disease caused by *Binucleate rhizoctonia* and *Rhizoctonia solani* on mung bean (*Vigna radiata*). *Plant Soil* 238, 235-244.

Kompas. 2006. *Kinerja Ekspor Capai Rekor*. Kompas, Rabu, 02 Agustus 2006.

Lakita, B. 1995. *Fisiologi Tumbuhan perkembangan tanaman*. Rajagrafindo Persada. Jakarta.

- Landecker, E. M., 1982. *Fundamental of Fungi*. Prentice Hall Inc, Engelwood Cliffs, New Jersey. p. 73.
- Laude, S. dan Y. Tambing., 2010. Pertumbuhan dan Hasil Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.) pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam. *Jurnal Agroland*, 17(2), 144 – 148.
- Liyanage, A.S., 1976. Control of White Rott Disease Caused by *Rigidoporus (Fomes) lignosus*. *Bull. Rubb. Res. Inst. Srilangka* V: No. 1. pp: 24-29.
- Marlina, Nunung, *Harapan Baru Tanaman Karet*, Kedaulatan Rakyat, 3 Juni 1991.
- Maspary, 2013. “Kelebihan dan Kekurangan Agensi Hayati”. 21 September 2015. <http://www.gerbangpertanian.com/2013/01/kelebihan-dan-kekurangan-agensia-hayati.html>.
- Moreira, Dilmar dan S. M. Tsai., 2007. *Biodiversity dan distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in Araucaria angustifolia forest* . *Journal agriculture* vol. 64:393-399.
- Muas, I. 2002. *Kompatibilitas Beberapa Jenis Isolat Cendawan Mikoriza Arbuskular terhadap Dua Kultivar Pepaya (Carica papaya Linn) dan Daya Adaptasinya pada Medium Tidak steril*. Tesis Program Pascasarjana, Unpad. Bandung.
- Nazarudin dan Paimin. 2006. *Klasifikasi Botani Tanaman Karet*. Departemen Pertanian.
- Novi. 2008. *Pertumbuhan Bibit Dari Setek Jarak Pagar (Jatropha curcas L) Yang diinokulasi dengan Beberapa Dosis Inokulan Cendawan Mikoriza Arbuskula Glomus fasciculatum*. Sripsi Jurusan Biologi. Universitas Andalas. Padang.
- Nurhayati., Fatma & MI Amiruddin. 2010. Ketahanan Enam Klon Karet Terhadap Infeksi *Corynespora* Penyebab Penyakit Gugur Daun. *J. HPT Tropika*. Vol 10, No 1: 4, No1: 47-51.
- Prawiranata, W. Hrrn. S. Tjondronegoro. P. 1981. *Dasar-Dasar Fitologi Tumbuhan Jilid 1*. Departemen Botani Fakultas Pertanian Institut Prtanian. Bogor.
- Prayogo, Y. 2006. Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatoge Untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2) 47-52.
- Pujianto. 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.

Rahayu, S., Sujatno, dan Pawirosoemardjo, S., 2006. *Management Pengendalian Penyakit Jamur Akar Putih pada Tanaman Karet*, hal: 258-260, 265. dalam Prosiding Lokakarya Nasional Budidaya Tanaman Karet. Pusat Penelitian Karet, Sungei Putih.

Salisbury, F.B dan C.W Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid1*. ITB. Bandung

Santi. 2009. *Sejarah Karet Alam Abad 19*. Balai Penelitian Teknologi Karet. Bogor.

Santoso, D. A. Dan I. Anas. 1992. *Pupuk Hayati Bioteknologi Pertanian 2. Bioteknologi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Scharff, A. M. I. Jakobsen. And L. Rosendahl. 1998. The effect of Symbiotic Microorganisms on Phytoalexin Content of Soybean Roots. *J. Plant Physiol.* 151:716-723.

Semangun, H. 2008. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Semangun, H., 2000. *Penyakit – Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University -Press, Yogyakarta, hal 11-30.

Seragih, D. S. 2009. *Pengaruh Media Tanam dan Pemberian Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) Terhadap Pertumbuhan Stump Mata Tidur Karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. USU. Medan.

Setiadi, Y ., Mansur, S.W Budi, dan Ahmad. 1992. Mikrobiologi Tanah Hutan. *Pusat Antar Universitas*. IPB. Bogor. Hal 47 – 108.

Setiadi, Y. 2001. Status Penelitian dan Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Rhizobium untuk Merehabilitasi Lahan Terdegradasi. *Seminar Nasional Mikoriza*. 15-16 November 1999. Bogor

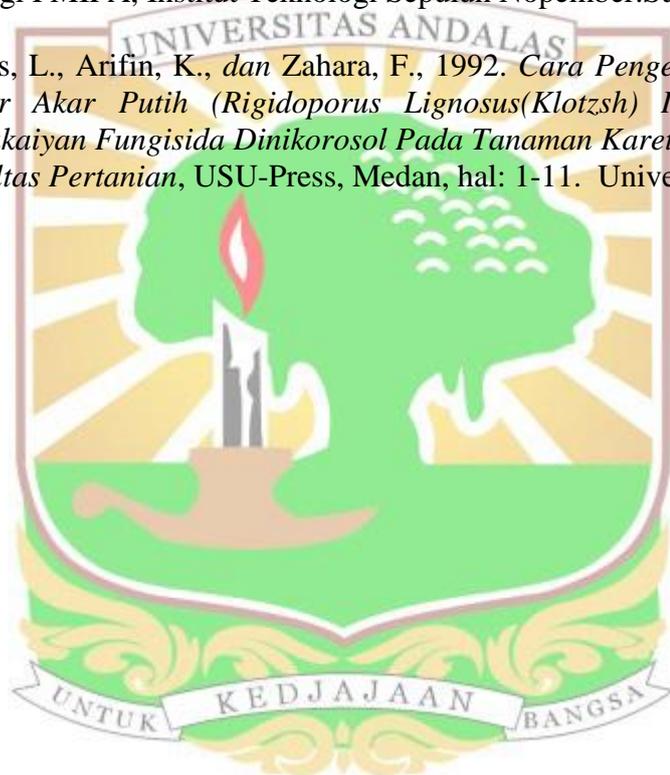
Setiawan, D. 2000. *Atlas tumbuhan obat Indonesia Jilid 2*. Cetakan 1. Jakarta: Trubus Agriwidya. Hlm 149-156.

Siahaan, S., Setyaningsih, D., & Hariyadi, 2011, Potensi Pemanfaatan Biji Karet (*Hevea BrasiliansisMuell.Arg*) Sebagai Sumber Energi Alternatif Biokerosin, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 19(3), 145-151

Sinulingga, W., 1989. *Pengendalian Biologi Penyakit Cendawan Akar Putih Pada Tanaman Karet*. Pusat Penelitian Karet, Sungei Putih, hal: 8-15.

- Sinulingga, W., dan Eddy, S., 1989, *Pengendalian Penyakit Jamur Akar Putih Pada Tanaman Karet*. Pusat Penelitian Karet, sungei Putih, hal: 8-13.
- Situmorang, A. 2004. *Status dan Manajemen Pengendalian Penyakit Akar Putih Diperkebunan Karet*. Hlm.66-86.
- Sivan, A. and I. Chet. 1986. Biological Control of *Fusarium* spp. in Cotton, Wheat and Muskmelon by *Trichoderma harzianum*. *J. Phytopathology* 116: 39-47.
- Soenartiningsih. 2011. Infeksi jamur mikoriza arbuskular berdampak dalam meningkatkan ketahanan tanaman jagung. *Seminar dan Pertemuan Tahunan XXI PEI, PFI Komda Sulawesi Selatan dan Dinas Perkebunan Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, 7 Juni 2011 di Makassar*.
- Soepena, 1984, *Penyakit Akar Tanaman Karet*, Pusat Penelitian Karet, Sungei Putih, hal: 1-6.
- Suhardi, 1989. *Mikoriza Vesikular Arbuskular(MVA)*. Penerbit UGM Press, Yogyakarta.
- Sujatno, Rahayu, S.T.S., Nugroho, P.A., dan Bukit, E., 2007. *Evaluasi Pengaruh Penanaman ubi Kayu Terhadap pertumbuhan tanaman karet tahun tanam 2006 di Kebun Sungei Putih*, PTPN-3, Balai Penelitian Karet, Sungei Putih, hal: 3-4.
- Sumaraw, S. M. 1999. Periode Kritis Tanaman Tomat Terhadap Serangan *Alternaria soloni* (Ell. & G. Martin) Sot. Dan Faktor Penetunya. *Buletin Hama Dan Penyakit Tumbuhan* 11 (2) : 67-72.
- Suwandi, H. Hamidson, & S. Naito.2004. Distribution of *Rigidoporus lignosus* Genotypes in a Rubber Plantation as Revealed by Somatic Compatibility. *Mycoscience* 45(1): 72-75.
- Suwandi. 2006. *Mode of dispersal and variation in population of white root fungus Rigidoponcs microporus as revealed by mycelial incompatibility*. Presented paper at fizer~zational Workshop on Wzite Root Disease on Hevea Rubber. Getas, Indonesia, 28Ih November 2006.
- Swadaya. 1999. *Panduan Lengkap Karet*. Kanisius. Yogyakarta.
- Syafiuddin, 1992. *Pengelolaan Laboratorium Pusat Penelitian Perkebunan Sungei Putih*, Deli Serdang. Hlm 20.
- Talanca, Haris. 2010. Status Cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Pada Tanaman. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. Balai Penelitian Tanaman Serelaia, Sulawesi Selatan.

- Widyastuti, H., Guhardja, E., Soekarno, N., Darusman, L.K, Goenadi, D.H dan Smith, S. 2005. *Penggunaan Spora Cendawan Mikoriza arbuskula Sebagai Inokulum untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Serapan Hara Bibit Kelapa Sawit. Jurnal Menara Perkebunan*. Halaman 26-34.
- Xie, X., B. Weng, B. Cai, Y. Dong dan C. Yan., 2014. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus supply on the growth and nutrient uptake of *Kandelia obovata* (Sheue, Liu & Yong) seedlings in autoclaved soil. *Applied Soil Ecology*, 75, 162 – 171.
- Yunis, 2012. *Efektivitas Mikoriza Terhadap Penyakit Layu Fusarium Pada Tomat (Lycopersicon esculentum Mill) var. Fortuna*. Tugas Akhir. Jurusan Biologi FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Yusuf, S., Lubis, L., Arifin, K., dan Zahara, F., 1992. *Cara Pengendalian Penyakit Jamur Akar Putih (Rigidoporus Lignosus (Klotzsh) Imazeki) Dengan Pemakaian Fungisida Dinikorosol Pada Tanaman Karet Muda klon GT-1* Fakultas Pertanian, USU-Press, Medan, hal: 1-11. Universitas.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Statistik Pertambahan Jumlah Daun *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan.

A. Data pertambahan jumlah daun *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	8.00	15.00	5.00	13.00	20.00	72.00
2	9.00	12.00	5.00	12.00	15.00	48.00
3	6.00	12.00	3.00	14.00	20.00	53.00
4	7.00	17.00	5.00	15.00	15.00	62.00
5	6.00	15.00	2.00	10.00	15.00	41.00
Jumlah	36.00	71.00	20.00	64.00	85.00	276.00
Rata-rata	7.20	14.20	4.00	12.80	17.00	55.20

B. Analisis sidik ragam pertambahan jumlah daun *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan dengan SPSS 16

Dependent Variable : jumlah daun baru

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	564.560 ^a	4	141.140	36.005	0.000
Intercept	3047.040	1	3047.040	777.306	0.000
perlakuan	564.560	4	141.140	36.005	0.000
Error	78.400	20	3.920		
Total	3690.000	25			
Corrected Total	642.960	24			

a. R Squared = 0.878 (Adjusted R Squared = 0.854)

C. Hasil Uji Duncan (DMRT) pada taraf 5% terhadap penambahan jumlah daun *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Perlakuan	N	Substet			
		1	2	3	4
C	5	4.00 d			
A	5		7.20 c		
D	5			12.80 b	
B	5			14.20 b	
E	5				17.00 a
Sig.		1.00	1.000	0.277	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means. The error term is Mean Square (Error) = 3.920.



Lampiran 2. Analisis Statistik Berat Kering Daun *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan

A. Data berat kering daun *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	1,13	1,04	1,04	1,58	2,70	7,49
2	1,92	1,72	1,14	0,75	0,91	6,44
3	0,84	0,82	0,97	2,04	1,69	6,36
4	1,47	2,17	1,24	0,77	1,02	6,67
5	1,29	1,66	0,41	0,31	1,00	4,67
Jumlah	6,65	7,41	4,80	5,45	7,32	31,63
Rata-rata	1,33	1,48	0,96	1,09	1,46	6,33

B. Data berat kering daun *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan setelah ditransformasi dengan $\sqrt{(x + 0,5)}$

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	1,28	1,24	1,24	1,44	1,79	6,99
2	1,56	1,49	1,28	1,12	1,19	6,63
3	1,16	1,15	1,21	1,59	1,48	6,59
4	1,40	1,63	1,32	1,13	1,23	6,72
5	1,34	1,47	0,95	0,90	1,22	5,89
Jumlah	6,73	6,98	6,01	6,18	6,91	32,82
Rata-rata	1,35	1,40	1,20	1,24	1,38	6,56

C. Perhitungan analisis sidik ragam

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Total (JT)} &= 6,73 + 6,98 + 6,01 + 6,18 + 6,91 \\ &= 32,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= Jt^2 / t,r \\ &= (32,82)^2 / 5 \times 5 \\ &= 43,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum Y_{ij}^2 - FK \\ &= (1,28^2 + 1,24^2 + 1,24^2 + \dots + 1,22^2) - 43,1 \\ &= 44,1 - 42,4 \\ &= 1,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan JKP} &= \sum J_i^2/r - FK \\
 &= 6,73^2/5 + 6,98^2/5 + 6,01^2/5 + 6,18^2/5 + 6,91^2/5 \\
 &\quad - 43,1 \\
 &= 43,2 - 43,1 \\
 &= 0,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= JKT - JKP \\
 &= 1,01 - 0,11 \\
 &= 0,9
 \end{aligned}$$

$$\text{Derajat Bebas Perlakuan (dbP)} = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\text{Derajat Bebas Galat (dbG)} = t(r - 1) = 5(5 - 1) = 20$$

$$\text{Derajat Bebas Total (dbT)} = t.r - 1 = 5 \cdot 5 - 1 = 24$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= JKP / \text{dbP} \\
 &= 0,11 / 4 \\
 &= 0,028
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= JKG/\text{dbG} \\
 &= 0,9 / 20 \\
 &= 0,045
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F H itung} &= \text{KTP} - \text{KTG} \\
 &= 0,028 / 0,045 \\
 &= 0,62
 \end{aligned}$$

D. Tabel analisis varian (Anova) data berat kering daun *H. brasilensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F Hit	F, Tabel
Perlakuan	4	0,11	0,028	0,62 ^{ns}	2,87
Galat	20	0,9	0,045		
Total	24	1,01			

Keterangan ^{ns}= Tidak Berbeda nyata (F hitung > F tabel)

Lampiran 3. Analisis Statistik Berat Kering Akar *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan

A. Data berat kering akar *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	1,43	1,98	2,19	1,77	3,66	11,03
2	2,90	3,17	2,41	1,08	0,99	10,55
3	1,33	1,09	0,93	2,73	1,51	7,59
4	1,92	3,17	1,08	1,53	1,93	9,63
5	2,00	1,87	1,01	1,01	1,36	7,25
Jumlah	9,58	11,28	7,62	8,12	9,45	46,05
Rata-rata	1,92	2,26	1,52	1,62	1,89	9,21

B. Data berat kering akar *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan setelah ditransformasi dengan $(x + 0,5)$

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	1,39	1,57	1,64	1,51	2,04	8,15
2	1,84	1,92	1,71	1,26	1,22	7,94
3	1,35	1,26	1,20	1,80	1,42	7,02
4	1,56	1,92	1,26	1,42	1,56	7,71
5	1,58	1,54	1,23	1,23	1,36	6,94
Jumlah	7,72	8,21	7,03	7,21	7,60	37,8
Rata-rata	1,54	1,64	1,41	1,44	1,52	7,55

C. Perhitungan analisis sidik ragam

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Total (JT)} &= 7,72 + 8,21 + 7,03 + 7,21 + 7,60 \\ &= 37,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= Jt^2 / t,r \\ &= (37,8)^2 / 5 \times 5 \\ &= 57,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum Y_{ij}^2 - FK \\ &= (1,39^2 + 1,57^2 + 1,64^2 + \dots + 1,36^2) - 57,2 \\ &= 58,6 - 57,2 \\ &= 1,41 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan JKP} = \sum J_i^2 / r - FK$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,72^2/5 + 8,21^2/5 + 7,03^2/5 + 7,21^2/5 + \\
 &\quad 7,60^2/5 - 57,2 \\
 &= 57,23 - 57,2 \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 1,41 - 0,03 \\
 &= 1,38
 \end{aligned}$$

$$\text{Derajat Bebas Perlakuan (dbP)} = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\text{Derajat Bebas Galat (dbG)} = t(r - 1) = 5(5 - 1) = 20$$

$$\text{Derajat Bebas Total (dbT)} = t.r - 1 = 5 \cdot 5 - 1 = 24$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \text{JKP} / \text{dbP} \\
 &= 0,03 / 4 \\
 &= 0,0075
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \text{JKG} / \text{dbG} \\
 &= 1,38 / 20 \\
 &= 0,069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hitung} &= \text{KTP} - \text{KTG} \\
 &= 0,0075 / 0,069 \\
 &= 0,11
 \end{aligned}$$

D. Tabel analisis varian (Anova) data kering akar *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F Hit	F, Tabel
Perlakuan	4	0,03	0,0075	0,11 ^{ns}	2,87
Galat	20	1,38	0,069		
Total	24	1,41			

Keterangan ^{ns} = Tidak Berbeda nyata (F hitung > F tabel)

Lampiran 4. Analisis Statistik Berat Kering Batang *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan

A. Data berat kering batang *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	2,71	2,12	2,59	4,28	3,80	15,50
2	4,24	4,22	3,00	2,37	2,52	16,35
3	1,91	2,35	2,47	4,97	1,12	12,82
4	3,24	4,27	2,50	3,01	2,63	15,65
5	2,28	3,18	2,20	2,00	2,63	12,29
Jumlah	14,38	16,14	12,76	16,63	12,70	72,61
Rata-rata	2,88	3,23	2,55	3,33	2,54	14,52

B. Data berat kering batang *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan setelah ditransformasi dengan $(x + 0,5)$

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	1,79	1,62	1,76	2,19	2,07	9,43
2	2,18	2,17	1,87	1,69	1,74	9,65
3	1,55	1,69	1,72	2,34	1,27	8,58
4	1,93	2,18	1,73	1,87	1,77	9,49
5	1,67	1,92	1,64	1,58	1,77	8,58
Jumlah	9,12	9,58	8,73	9,67	8,62	45,73
Rata-rata	1,82	1,92	1,75	1,93	1,72	9,15

C. Perhitungan analisis sidik ragam

$$\text{Jumlah Total (JT)} = 9,12 + 9,58 + 8,73 + 9,67 + 8,62 = 45,73$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= Jt^2 / t,r \\ &= (45,73)^2 / 5 \times 5 \\ &= 83,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum Y_i^2 - FK \\ &= (1,79^2 + 1,62^2 + 1,76^2 + \dots + 1,77^2) - 83,6 \\ &= 85,05 - 83,6 \\ &= 1,45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Perlakuan JKP} &= \sum J_i^2 / r - FK \\ &= 9,12^2 / 5 + 9,58^2 / 5 + 8,73^2 / 5 + 9,67^2 / 5 + 8,62^2 / 5 - 83,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 83,8 - 83,6 \\
 &= 0,19 \\
 \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 1,45 - 0,19 \\
 &= 1,26 \\
 \\
 \text{Derajat Bebas Perlakuan (dbP)} &= t - 1 = 5 - 1 = 4 \\
 \\
 \text{Derajat Bebas Galat (dbG)} &= t (r - 1) = 5 (5 - 1) = 20 \\
 \\
 \text{Derajat Bebas Total (dbT)} &= t.r - 1 = 5 \cdot 5 - 1 = 24 \\
 \\
 \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \text{JKP} / \text{dbP} \\
 &= 0,19 / 4 \\
 &= 0,048 \\
 \\
 \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \text{JKG} / \text{dbG} \\
 &= 1,26 / 20 \\
 &= 0,063 \\
 \\
 \text{F Hitung} &= \text{KTP} - \text{KTG} \\
 &= 0,048 / 0,063 \\
 &= 0,76
 \end{aligned}$$

D. Tabel analisis varian (anova) data berat kering batang *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F Hit	F, Tabel
Perlakuan	4	0,19	0,048	0,76 ^{ns}	2,87
Galat	20	1,26	0,063		
Total	24	1,45			

Keterangan ^{ns} = Tidak Berbeda nyata (F hitung > F tabel)

Lampiran 5. Analisis Statistik Berat Kering Total *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA Setelah 8 Minggu Pengamatan

A. Data Berat Kering Total *Hevea brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	5,27	5,14	5,82	7,63	10,16	34,02
2	9,06	9,11	6,55	4,20	4,42	33,34
3	4,08	4,26	4,37	9,74	4,32	26,77
4	6,63	9,61	4,82	5,31	5,58	31,95
5	5,57	6,71	3,62	3,32	4,99	24,21
Jumlah	30,61	34,83	25,18	30,20	29,47	150,29
Rata-rata	6,12	6,97	5,04	6,04	5,89	30,06

B. Data berat kering total *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan setelah ditransformasi dengan $(x + 0,5)$

Ulangan	Perlakuan					Total
	A	B	C	D	E	
1	2,40	2,37	2,51	2,85	3,26	13,41
2	3,09	3,10	2,66	2,17	2,22	13,23
3	2,14	2,18	2,21	3,20	2,20	11,92
4	2,67	3,18	2,31	2,41	2,47	13,03
5	2,46	2,69	2,03	1,95	2,34	11,48
Jumlah	12,77	13,52	11,71	12,58	12,49	63,07
Rata-rata	2,55	2,70	2,34	2,52	2,50	12,61

C. Perhitungan analisis sidik ragam

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Total (JT)} &= 12,77 + 13,52 + 11,71 + 12,58 + 12,49 \\ &= 63,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi (FK)} &= Jt^2 / t,r \\ &= (63,07)^2 / 5 \times 5 \\ &= 159,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum Y_{ij}^2 - FK \\ &= (2,40^2 + 2,37^2 + 2,51^2 + \dots + 2,34^2) - 159,1 \\ &= 162,8 - 159,1 \\ &= 3,67 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan JKP} = \sum J_i^2 / r - FK$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,77^2/5 + 13,52^2/5 + 11,71^2/5 + 12,58^2/5 + \\
 &\quad 12,49^2/5 - 159,1 \\
 &= 159,4 - 159,1 \\
 &= 0,049
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\
 &= 3,67 - 0,049 \\
 &= 3,62
 \end{aligned}$$

$$\text{Derajat Bebas Perlakuan (dbP)} = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\text{Derajat Bebas Galat (dbG)} = t(r - 1) = 5(5 - 1) = 20$$

$$\text{Derajat Bebas Total (dbT)} = t \cdot r - 1 = 5 \cdot 5 - 1 = 24$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuadrat Total Perlakuan (KTP)} &= \text{JKP} / \text{dbP} \\
 &= 0,049 / 4 \\
 &= 0,012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuadrat Total Galat (KTG)} &= \text{JKG} / \text{dbG} \\
 &= 3,62 / 20 \\
 &= 0,181
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hitung} &= \text{KTP} - \text{KTG} \\
 &= 0,012 / 0,181 \\
 &= 0,07
 \end{aligned}$$

D. Tabel analisis varian (anova) data berat kering total *H. brasiliensis* dengan pemberian JAP dan FMA setelah 8 minggu pengamatan

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F Hit	F, Tabel
Perlakuan	4	0,049	0,012	0,07 ^{ns}	2,87
Galat	20	3,62	0,181		
Total	24	3,67			

Keterangan ^{ns}=Tidak Berbeda nyata (F hitung > F tabel)

Lampiran 6. Tabel Rata-rata berat kering tanaman *Hevea brasiliensis* dengan pemberian FMA dosis 5g dan JAP setelah 8 minggu pengamatan (g).

Perlakuan (g/tanaman)	Rata-rata berat kering akar	Rata-rata berat kering batang	Rata-rata berat kering daun	Rata-rata berat kering total
A (kontrol)	1,92	2,88	1,33	6,12
B (FMA dosis 5g)	2,26	3,23	1,48	6,97
C (JAP)	3,52	2,55	0,96	5,04
D (JAP + FMA dosis 5g)	1,62	3,33	1,09	6,04
E (FMA dosis 5g + JAP)	1,89	2,54	1,46	5,89



Lampiran 7. Persentase kolonisasi FMA dosis 5g terhadap pengendalian JAP pada tanaman *Hevea brasiliensis* setelah 8 minggu pengamatan.

$$\% \text{ kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{Bidang pandang bertanda (+)}}{\sum \text{bidang pandang keseluruhan yang diamati}} \times 100 \%$$

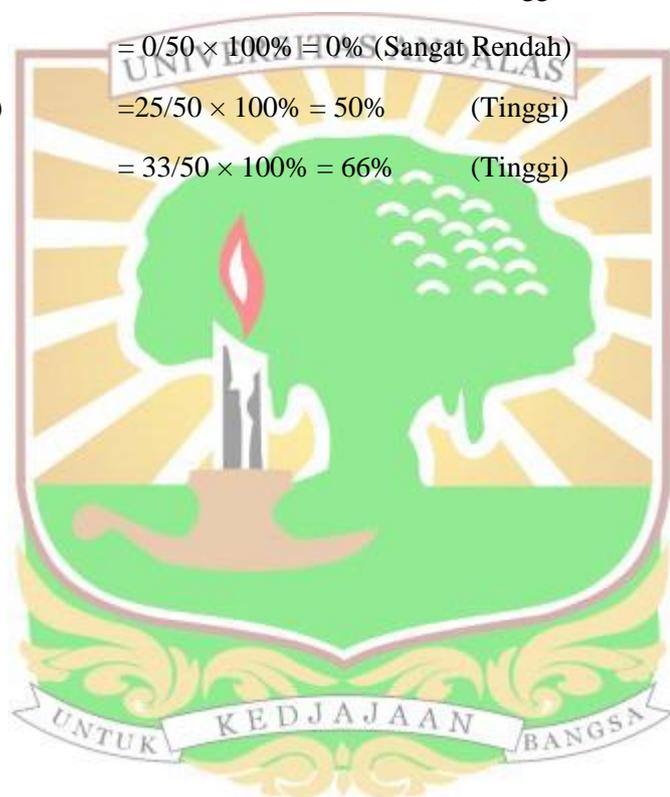
A (Kontrol) $= 5/50 \times 100\% = 4\%$ (Sangat Rendah)

B (FMA) $= 30/50 \times 100\% = 60\%$ (Tinggi)

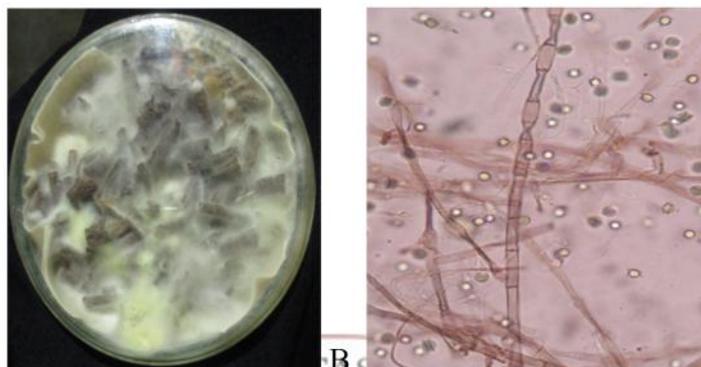
C (JAP) $= 0/50 \times 100\% = 0\%$ (Sangat Rendah)

D (JAP + FMA) $= 25/50 \times 100\% = 50\%$ (Tinggi)

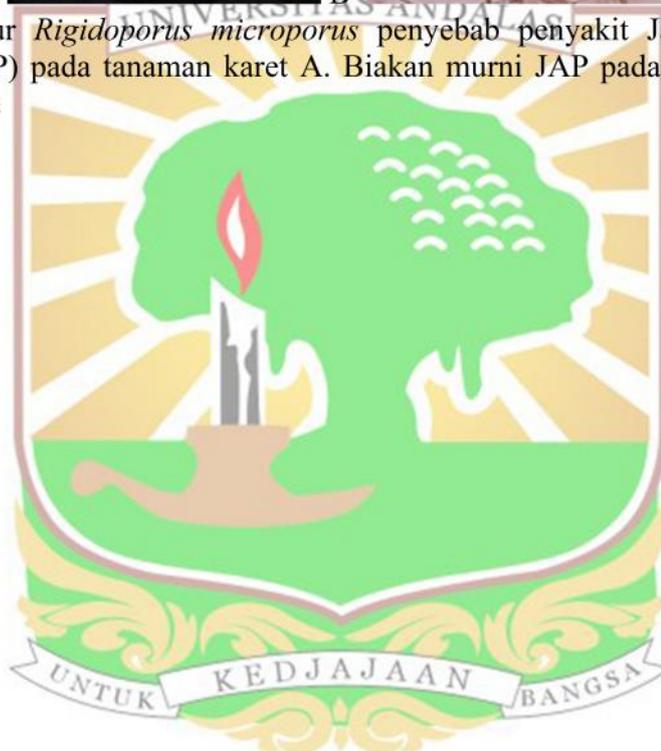
E (FMA + JAP) $= 33/50 \times 100\% = 66\%$ (Tinggi)



Lampiran 8. Bentuk mikroskopis jamur akar putih (JAP)



Gambar 1. Jamur *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit Jamur Akar Putih (JAP) pada tanaman karet A. Biakan murni JAP pada akar ubi kayu, B. Hifa





Nama : Diana Putri
 NO BP : 1010423040
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Tempat, Tanggal Lahir : Padang, 28 Juni 1992
 Agama : Islam
 Alamat : Jln. Dr. M. Hatta Rt/01 Rw/01 no. 17 B Padang
 Lama Studi : 6 tahun
 Indeks Prestasi Kumulatif :
 Prediket Lulus : Memuaskan
 No. Hp : 08976573749
 E-mail : dianaputri403@gmail.com
 Nama Orang Tua :
 Ayah : Suhaimi
 Ibu : Jasnidar
 Pekerjaan Orang Tua :
 Ayah : Buruh
 Ibu : Pns
 Latar Belakang Pendidikan:
 SD Negeri 06 Pasar Ambacang (Padang) (1998 – 2004)
 SMP Negeri 10 (Padang) (2004 – 2007)
 SMA Kartika 1-5 (Padang) (2007 – 2010)
 Jurusan Biologi, Universitas Andalas (Padang) (2010 – 2016)
 Latar Belakang Organisasi :
 Pengurus Himpunan Biologi