

**KEANEKARAGAMAN FUNGI MIKORIZA DARI
PERAKARAN POHON KAYU BAWANG
(*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs) SECARA
BIOMOLEKULAR DI DATARAN
RENDAH DAN DATARAN TINGGI**



SKRIPSI

Oleh :

Cimbyo Layas Ketaren
NPM.E1B017086

PROGRAM STUDI KEHUTANAN
JURUSAN KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BENGKULU
2023

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Keanekaragaman Fungi Mikoriza Dari Perakaran Pohon Kayu Bawang (*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs) Secara Biomolekular Di Dataran Rendah Dan Dataran Tinggi" ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

01 Maret 2023



[Signature]
Layas Ketaren
NPM. E1B017086

RINGKASAN

KEANEKARAGAMAN FUNGI MIKORIZA DARI PERAKARAN POHON KAYU BAWANG (*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs) SECARA BIOMOLEKULAR DI DATARAN RENDAH DAN DATARAN TINGGI

Cimbyo Layas Ketaren, NPM. E1B017086, di bawah bimbingan Ir. Guswarni Anwar, MP., Ph.D dan Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si. 2023. (65 halaman).

Mikoriza merupakan kelompok mikroorganisme *rizosfer* yang mampu membentuk simbiosis dengan lebih dari 80 % spesies tumbuhan, yang mengindikasikan kompleksitas asal, evolusi dan diversifikasi dari kelompok ini. Simbiosis yang terbentuk merupakan simbiosis mutualisme antara fungi dan akar tumbuhan. Mikoriza bertindak sebagai sistem perpanjangan akar tanaman, sehingga akan meningkatkan pengambilan hara dan air. Mikoriza berasosiasi juga dengan tanaman kayu bawang yang merupakan salah satu jenis tanaman lokal penghasil kayu unggulan yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan dan furnitur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis mikoriza yang berasosiasi pada akar tanaman kayu bawang secara biomolekular.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 hingga November 2022. Pengambilan sampel penelitian yang digunakan berasal dari dua tempat dengan ketinggian tempat yang berbeda. Lokasi pertama berada di Desa Kertapati pada ketinggian \pm 63 mdpl dan lokasi kedua berada di Desa Pal Delapan pada ketinggian \pm 959 mdpl. Pengambilan sampel akar dilakukan dengan memilih 4 sudut arah dengan jarak 50cm pada setiap sudut dihitung dari pohon sampel dengan kedalaman 20-30cm ke dalam tanah, Sampel akar yang telah diambil dicuci hingga bersih lalu dihaluskan dengan bantuan Nitrogen Cair, identifikasi fungi dilakukan dengan menggunakan kit isolasi DNA dengan mengikuti protokol pabrik, lalu diamplifikasi melalui polymerase chain reaction (PCR) menggunakan primer forward ITS5.8S dan reverse ITS4, Sekuensing DNA dilakukan dengan metode single pass sanger, Sekuen yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan database GenBank pada NCBI dengan metode BLAST lalu disusun ke dalam Pohon Filogeni menggunakan software MEGA 11. Dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran faktor lingkungan seperti ketinggian tempat, kemiringan tempat dan curah hujan.

Hasil pengukuran faktor lingkungan di Desa Kertapati yaitu, kemiringan tempat sebesar 52,9 %, intensitas hujan sebesar 253,38 mm², dan pH tanah sebesar 4,8. Hasil pengukuran faktor lingkungan di Desa Pal Delapan yaitu, kemiringan tempat sebesar 6,8 %, intensitas hujan sebesar 338,69 mm², dan pH tanah sebesar 4,73. Hasil dari penelitian ini ditemukan terdapat 10 jenis mikoriza yang berasosiasi dengan pohon kayu bawang yaitu

Psathyrella sp., *Mycena* sp., *Filoboletus manipularis*, *Mycena amicta*, *Tricholomata* sp.,
Agarica sp., *Mycena pura*, *Mycena rosea*, *Mycena citrinomarginata*, *Favolaschia*
manipularis.

(Program Studi Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu)

**KEANEKARAGAMAN FUNGI MIKORIZA DARI
PERAKARAN POHON KAYU BAWANG
(*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs) SECARA
BIOMOLEKULAR DI DATARAN
RENDAH DAN DATARAN TINGGI**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat
Sarjana Kehutanan pada Fakultas Pertanian

Universitas Bengkulu

Oleh :

Cimbyo Layas Ketaren
NPM.E1B017086

Pembimbing :

Ir. Guswarni Anwar, MP., Ph.D
Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si

Bengkulu
2023

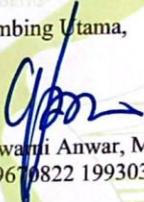
**KEANEKARAGAMAN FUNGI MIKORIZA DARI PERAKARAN
POHON KAYU BAWANG (*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs)
SECARA BIOMOLEKULAR DI DATARAN RENDAH DAN
DATARAN TINGGI**

Oleh :

Cimbyo Layas Ketaren
NPM. E1B017086

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji pada tanggal :
17 Februari 2023

Pembimbing Utama,


Ir. Guswanti Anwar, MP., Ph.D
NIP. 19670822 199303 2 003

Pembimbing Pendamping,


Dr. Supriyadi, S.Si., M.Si
NIP. 19840922 200812 1 004

Mengetahui,
Fakultas Pertanian
Dekan,


Prof. Dr. Ir. Dwi Wahyuni Ganefianti, M.S
NIP. 19631114 198803 2 012

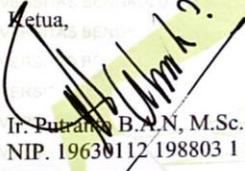
**KEANEKARAGAMAN FUNGI MIKORIZA DARI PERAKARAN
POHON KAYU BAWANG (*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs)
SECARA BIOMOLEKULAR DI DATARAN RENDAH DAN
DATARAN TINGGI**

Oleh :

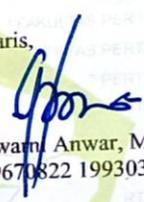
Cimbyo Layas Ketaren
NPM. E1B017086

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :
01 Maret 2023

Ketua,


Ir. Putranto B.A.N., M.Sc.
NIP. 19630112 198803 1 002

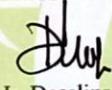
Sekretaris,


Ir. Guswani Anwar, MP., Ph.D.
NIP. 19670822 199303 2 003

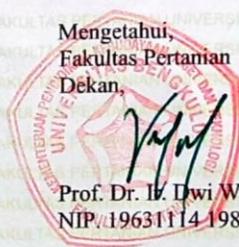
Anggota,


Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si.
NIP. 19840922 200812 1 004

Anggota,


Ir. Deselina, MP
NIP. 19681208 199303 2 001

Mengetahui,
Fakultas Pertanian
Dekan,


Prof. Dr. Iw Dwi Wahyuni Ganefianti, M.S.
NIP. 19631114 198803 2 012

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

✓ *Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri. (Q.S. Ar-Ra'd:11)*

✓ *Lawan kebodohan, pembodohan, kemiskinan, dan tetap belajar serta berkarya (Cimbyo)*

✓ *Bagi kami kreasi bukan tradisi, melainkan harta yang tak terbeli dan bagi kami jalandan adalah sekolah, maka jangan anggap kami sampah. (Punk-Marjinal)*

✓ *Bila kaum muda yang telah belajar di sekolah dan menganggap dirinya terlalu tinggi dan pintar untuk melebur dengan masyarakat yang bekerja dengan cangkul dan hanya memiliki cita-cita yang sederhana, maka lebih baik pendidikan itu tidak diberikan. (Tan Malaka)*

Dengan izin Allah SWT dan restu orang-orang yang selalu memberi semangat akhirnya Penulis bisa melangkah ke titik keberhasilan ini. Dengan penuh rasa syukur berkat karunia-NYA dan rasa bahagia Penulis persembahkan kepada mereka yang selalu kebersamai :

- ❖ *Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya sehingga Penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini sampai selesai.*
- ❖ *Bapak dan Ibu yang sangat saya sayangi dan saya cintai, dengan ketulusan do'a dan pengorbanan kalian yang sangat besar serta keikhlasan dalam membimbing setiap hari, telah menjadi sumber kekuatan dan sumber semangat atas keberhasilan saya.*
- ❖ *Untuk sahabat-sahabat yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semangat terus dan semoga sukses menggapai impian.*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan kehutanan-17 (Tarantula) terima kasih atas kebersamaan dan rasa saling dukung yang selalu kita junjung.*
- ❖ *Almamater Universitas Bengkulu, akan saya banggakan namamu.*

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Cimbyo Layas Ketaren yang lahir di Desa Air Dingin, Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu pada tanggal 15 Oktober 1998. Penulis merupakan anak ke-3 dari pasangan Bapak Sukardi Ketaren dan Ibu Mujaemah. Hobi penulis adalah bermain catur dan mendaki gunung. Penulis menyelesaikan sekolah dasar di SDN 04 Curup Selatan pada tahun 2010. Semasa SD Penulis pernah meraih juara I pada ajang Pekan Olahraga dan Seni (PORSANI) pada cabang olahraga catur. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Xaverius Curup yang selesai pada tahun 2013. Semasa SMP Penulis mengikuti kegiatan extra kulikuler pramuka dan menjabat sebagai wakil pemimpin regu. Penulis juga berkesempatan mengikuti beberapa kegiatan level nasional seperti Penggladian Pemimpin Regu (DIANPINRU) pada tahun 2011 di Bogor dan Pekan Keakerabatan X pada tahun 2013 di Batu, Malang. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 01 Curup Selatan yang selesai pada tahun 2016. Semasa SMA Penulis mengikuti kegiatan extra kulikuler pecinta alam dan menjabat sebagai wakil ketua umum.

Tahun 2017 Penulis diterima di Program Studi Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu melalui jalur Mandiri, sejak itu penulis tercatat sebagai mahasiswa S1 Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Selama menjadi mahasiswa Penulis aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sylva Pengurus Cabang Sylva Indonesia Universitas Bengkulu (HIMA SYLVA PCSI UNIB), sebagai pengurus himpunan pada periode 2019-2021. Penulis juga merupakan ketua angkatan 2017 (Tarantula). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 92 pada tanggal 02 maret-09 Juni 2020 secara online di kediaman Penulis di Kelurahan Tempel Rejo, Kecamatan Curup Selatan, Kabupaten Rejang Lebong, Provinsi Bengkulu. Penulis melaksanakan Praktek Pengelolaan Hutan Lestari (PU) atau magang di Balai Pengelolahan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BPDAS-HL) Ketahun pada tanggal 03 November 2020 – 03 Januari 2021.

Selama memasuki dunia perkuliahan Penulis aktif di beberapa organisasi dan komunitas di luar kampus. Penulis merupakan anggota di Komunitas Mangrove Bengkulu (KMB), yang memiliki fokus kegiatan pelestarian kawasan dan pemanfaatan buah mangrove. Penulis juga aktif sebagai anggota di komunitas Tiger Heart Bengkulu, yang memiliki fokus kegiatan kampanye pelestarian harimau sumatra. Selain itu Penulis merupakan koordinator daerah di komunitas Fossil Free Bengkulu, yang memiliki fokus

kegiatan kampanye pada isu krisis iklim. Penulis juga aktif sebagai relawan di sebuah Lembaga Yayasan Kanopi Hijau Indonesia, sebagai salah satu pengorganisir masyarakat atau *community organizer* (CO). Semasa kuliah Penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan level nasional dan internasional. Penulis merupakan salah satu peserta pada kegiatan pelatihan Tim Pendukung Gerakan (TPG) pada tahun 2019 di Bintaro dan *Asia Climate Leadership Camp* (ACLC) pada tahun 2019 di Filipina. Penulis juga merupakan salah seorang duta Pemuda Peduli Lingkungan Asri dan Bersih (PEPELINGASIH) dan seorang fasilitator pada pelatihan para aktivis lingkungan.

Pada pertengahan tahun 2021 Penulis mulai mengerjakan tugas akhir (Skripsi) dengan judul “Keanekaragaman Fungi Mikoriza Dari Perakaran Pohon Kayu Bawang (*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs) Secara Biomolekular Di Dataran Rendah Dan Dataran Tinggi” dengan pembimbingan utama (PU) Ibu Ir. Guswarni Anwar, MP., Ph.D dan pembimbing pendamping (PP) Bapak Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si. Selama proses kuliah penulis dibimbing oleh pembimbing akademik (PA) Bapak Saprinurdin, S.Hut. M.ForEcosysSc.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan ridho kepada Penulis serta karunia dan kasih sayang yang melimpah sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan semuanya tidak terlepas dari bantuan banyak pihak maka Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Kedua Orang tua, Bapak (Sukardi Ketaren), Ibu (Mujaemah) yang telah menjadi sumber motivasi dan semangat, kasih sayang, serta senantiasa memberikan dukungan, do'a dan nasehat.
- Abang Mechiho Sangapta Ketaren dan kakak Cyrum Barnike Beru Ketaren yang selalu memberi semangat dan dukungan.
- Ibu Ir. Guswarni Anwar, MP., Ph.D selaku Pembimbing Utama yang selalu sabar memberikan arahan, membimbing, memotivasi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
- Bapak Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si selaku Pembimbing Pendamping yang selalu sabar dan ikhlas dalam memberikan arahan dan nasehat untuk penyusunan skripsi ini.
- Bapak Ir. Putranto B.A.N, M.Sc, M.Si dan ibu Ir. Deselina, MP selaku penguji sidang skripsi yang telah membimbing saya.
- Bapak Saprinurdin, S.Hut. M.ForEcosysSc selaku Pembimbing Akademik dan selaku sekretaris jurusan kehutanan yang selalu ikhlas dan sabar memberikan arahan dan selalu membimbing selama masa perkuliahan.
- Bapak Ir. Edi Suharto, MP selaku Ketua Jurusan Kehutanan dan Bapak M. Fajrin Hidayat S.Hut, M.Si selaku Ketua Laboratorium Kehutanan. Seluruh dosen pengasuh dan staf administrasi di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu yang telah memberikan ilmu dan bantuan yang sangat bermanfaat untuk penulis.
- Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Susatya, M.Sc yang telah membantu Penulis melakukan identifikasi *spesimen* herbarium.
- Bapak Herman dan Bang Gery yang telah mengizinkan Penulis untuk mengambil sampel penelitian dari pohon kayu bawang miliknya.
- Sahabat sahabat yang selalu mendukung (Elsya, Amel, Helen, Naila, Yenni, Nova, Putri Nengsih, Pangesta, Azrul, Ramli, Jeremy, Irvan, Aldi, Bian).
- Penghuni Kos 69 (Adi Kuswanto, Ade Tri Nurdiansah, M. Riski Kangau, Susanto, Farhan Palevi, Benni Alpriansah, Yoga Ridho Ilahi).

- Tim penelitian (Thomson Widodo, Adis Syaputra, Susanto, M. Daffa, Endri, Ridho, Torik, Uul, Fahri) yang selalu membantu dan memberi dukungan dalam pengerjaan penelitian.
- Teman Seangkatan 2017 Tarantula yang selalu memberikan semangat.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian yang tak bisa disebutkan satu per satu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala petunjuk dan kemudahan yang diberikan sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Keanekaragaman Fungi Mikoriza Dari Perakaran Pohon Kayu Bawang (*Azadirachta excelsa* (Jack) M. Jacobs) Secara Biomolekular Di Dataran Rendah Dan Dataran Tinggi” dengan baik. Shalawat beserta salam tak lupa selalu terucap kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umat manusia kepada ilmu dan kebaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.

Penulis mengucapkan terimakasih dan penghormatan yang sedalam-dalamnya kepada bapak Saprinurdin, S.Hut. M.ForEcosysSc selaku dosen pembimbing akademik, ibu Ir. Guswarni Anwar, MP., Ph.D selaku dosen pembimbing utama dan bapak Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing pendamping, serta seluruh civitas akademika Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu yang telah memberikan bantuan dan motivasi sehingga skripsi ini dapat Penulis selesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa baik isi maupun bentuk penyajian skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga masih perlu perbaikan, baik dalam bentuk saran maupun kritik yang membangun guna kesempurnaan dari skripsi ini. Besar pula harapan dari Penulis, skripsi ini dapat dipergunakan dan dimanfaatkan sebaik-baiknya sebagai bahan literatur bagi yang memerlukannya.

Bengkulu, 01 Maret 2023



Cimbyo Layas Ketaren
NPM. E1B017086

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Mikoriza	4
2.2 Biomolekular.....	5
2.3 Tegakan Kayu Bawang	6
III. METODE PENELITIAN	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan.....	10
3.3 Tahapan Penelitian	11
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Kondisi Umum Lokasi Pengambilan Sampel	16
4.2 Faktor Lingkungan	17
4.3 Hasil Uji Karakteristik Tanah	18
4.4 Hasil Identifikasi Pohon Inang Fungi Mikoriza.....	20
4.5 Hasil Identifikasi Fungi Mikoriza pada Tegakan Kayu Bawang	21
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta lokasi pengambilan sampel	9
2. Sampel Pohon Kayu Bawang di 2 Lokasi	16
3. Kurva Intensitas Hujan Periode Januari 2021 hingga Januari 2022	18
4. Spesimen Herbarium Pohon Kayu Bawang.....	21
5. Pita Gen Mikoriza yang Terdeteksi Hasil Elektroforesis	22
6. Rekontruksi Pohon Filogenetik Sekuen Mikoriza Terdeteksi di GenBank NCBI yang Direkonstruksi Menggunakan Model K2P Bootstrap 1000 Kali.....	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan Penelitian.....	10
2. Kode dan Volume Pohon di Desa Pal Delapan dan Desa Kertapati.....	17
3. Perbandingan Unsur Hara Tanah.....	19
4. Sekuen Spesies Terdeteksi dan Tingkat Similaritas dengan Data Sekuen pada GenBank NCBI.....	23
5. Karakteristik morfologi mikoriza yang teridentifikasi	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Tally Sheet Sampel Pohon Inang Mikoriza di Desa Kertapati dan Desa Pal Delapan	35
2. Data Hasil Uji Kandungan Unsur Hara dari Laboratorium Limu Tanah, Fakultas Pertanian	37
3. Data Intensitas Curah Hujan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Bengkulu	38
4. Tabel Deduksi DNA Sekuen Mikoriza Terdeteksi	41
5. Dokumentasi Pengambilan Sampel Akar	43
6. Dokumentasi Pengukuran Pohon Inang Mikoriza	45
7. Dokumentasi Pengukuran Faktor Lingkungan	46
8. Dokumentasi Identifikasi Mikoriza Menggunakan Metode Molekular	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fungi mikoriza merupakan mikroorganisme rizosfer yang membentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi (*myces*) dengan perakaran (*rhiza*) tumbuhan tingkat tinggi (Smith dan Read, 2008). Fungi mikoriza memiliki peranan penting dalam pertumbuhan tanaman, fungi mikoriza bertindak sebagai sistem perpanjangan akar tanaman, sehingga akan meningkatkan pengambilan unsur hara dan air. Selain itu, mikoriza juga berpotensi sebagai pengendali hayati melalui penghambatan pertumbuhan patogen. Menurut Hunt (1991) fungi mikoriza mampu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, suhu tanah yang ekstrim, toksitas tanah, dan pH tanah yang ekstrim.

Fungi mikoriza berperan sebagai perangsang pertumbuhan pada tumbuhan inangnya dan membantu dalam pengambilan unsur hara mineral dan air dari tanah di sekitar rizosfer (Wilson *et al.* 2007). Di sisi lain, tumbuhan berperan sebagai sumber karbon dari hasil fotosintesis bagi fungi mikoriza. Apabila terjadi perubahan keanekaragaman mikoriza akan merubah potensi rizosfer dan kesuburan tanah. Tahat *et al.* (2010) menambahkan bahwa fungi mikoriza memiliki peran-peran penting untuk tanaman inang, yakni sebagai bioregulator yang mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan pohon, biofertilizer meningkatkan serapan nutrisi dan air, biokontrol meningkatkan resistensi terhadap patogen, bioagregator memperbaiki agregat tanah, dan bioremediasi meningkatkan toleransi terhadap logam berat.

Fungi mikoriza pada dasarnya diklasifikasikan menjadi 3 tipe utama, yaitu ektomikoriza, endomikoriza dan ektendomikoriza. Basri (2018) menyebutkan asosiasi fungi mikoriza dikelompokkan menjadi endomikoriza, ektomikoriza dan ektendomikoriza, akan tetapi yang banyak diketahui secara umum adalah endomikoriza dan ektomikoriza. Endomikoriza memiliki ciri khusus yaitu berada di dalam sel akar inang, hifa bersekat serta terdapat vesikel dan arbuscular. Ektomikoriza umumnya memiliki badan buah. Akar yang terkolonisasi oleh ektomikoriza biasanya memiliki ujung akar yang tumpul dan pendek yang diselimuti oleh mantel jaringan fungi.

Identifikasi fungi mikoriza secara komersial dilakukan melalui pengamatan sifat morfologi dari badan buahnya. Informasi taksonomi yang terdapat pada struktur badan buah merupakan hal yang sangat penting. Pendekatan morfologi dalam identifikasi spesies bertujuan untuk menduga tingkat keanekaragaman suatu spesies, namun pendekatan ini

masih memiliki keterbatasan yaitu hanya memperlihatkan sifat pewarisan yang dominan dan resesif dan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Identifikasi keanekaragaman fungi mikoriza juga dapat dilakukan dengan metode molekular. Penanda molekular telah dikembangkan untuk keperluan deteksi dan identifikasi Gen dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Cara ini juga telah berhasil digunakan untuk mendeteksi gen fungi. Selanjutnya sekuens yang digunakan ditargetkan pada gen ribosom sehingga menjadi universal dan berlaku pada kisaran gen atau taksonomi yang lebih tinggi (Suchbler *et al.* 2001). Metode molekular dianggap bersifat lebih stabil dan akurat. Salah satu teknik identifikasi DNA pada mikoriza adalah metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Teknologi PCR dapat membantu mendeteksi spesies yang tidak dapat diidentifikasi dengan pendekatan morfologi. Mikoriza sangat penting bagi ketahanan stabilitas ekosistem dan tanaman. Ekosistem dan kondisi lingkungan yang bervariasi dapat menentukan jenis mikoriza pada suatu lahan.

Fungi mikoriza diperkirakan berasosiasi dengan pohon kayu bawang. Kayu yang dikenal oleh masyarakat dengan nama kayu bawang atau kayu pahit ini merupakan salah satu jenis tanaman lokal penghasil kayu unggulan, yang banyak ditanam oleh masyarakat terutama masyarakat Bengkulu. Kebanyakan masyarakat Bengkulu menanam kayu bawang untuk investasi, kayu bawang juga banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan furnitur (Depari, 2011). Selain itu jenis ini juga dapat difungsikan juga sebagai pohon pelindung dan pencegah erosi, nilai ekonomisnya tinggi dan dapat dengan mudah tumbuh pada berbagai kondisi lahan termasuk lahan lahan kritis yang belum termanfaatkan dan juga pada lahan lahan marjinal (Sub Balai RLKT, 1997). Kayu bawang memiliki tingkat ketahanan pada level B terhadap rayap, sehingga tanaman yang satu ini memiliki kemampuan yang cukup baik untuk bertahan dari serangan rayap, kayu bawang memiliki tingkat ketahanan yang baik meskipun memiliki laju pertumbuhan yang cepat (Nuriyatin *et al.* 2003). Keanekaragaman mikoriza pada pohon kayu bawang belum diteliti secara biomolekular.

Memperhatikan uraian di atas, simbiosis mutualisme yang terjalin antara pohon kayu bawang dan mikoriza diasumsikan dapat meningkatkan kualitas kayu yang dihasilkan. Dengan mengidentifikasi mikoriza yang berasosiasi dengan kayu bawang dan mengidentifikasi kondisi habitatnya, diharapkan dapat mendukung peningkatan kualitas tanaman kayu bawang. Dilatarbelakangi pemikiran-pemikiran tersebut, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui keanekaragaman jenis mikoriza pada tegakan kayu bawang secara biomolekular.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

Apa saja jenis mikoriza yang terdapat pada tegakan kayu bawang (*Azadirachta excelsa*) secara biomolekular?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

Mengetahui keanekaragaman jenis mikoriza yang terdapat pada tegakan kayu bawang (*Azadirachta excelsa*) secara biomolekular.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal tentang keberagaman mikoriza yang berasosiasi dengan kayu bawang (*Azadirachta excelsa*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikoriza

Asosiasi mikoriza yang paling umum ditemui antara fungi dan tanaman inang ialah fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan ektomikoriza (Hunt, 1991). Jenis-jenis tanaman yang bernilai tinggi, baik pohon komersial maupun tanaman pangan dikolonisasi kelompok endomikoriza sekitar 90 % dan 10 % lainnya dikolonisasi oleh kelompok ektomikoriza (Hunt, 1991). Pada umumnya, mikoriza dapat ditemukan pada profil tanah dengan kedalaman 20-30 cm, namun demikian mikoriza masih dapat ditemukan pada kedalaman 70-100 cm (Sutariati *et al.* 2014).

Asosiasi mikoriza terbentuk pada akar dan organ lain yang berada langsung pada medium tumbuh. Dibentuk oleh fungi dengan tanaman dan jasad renik rizosfer, fungsinya ditentukan berdasarkan interaksi jasad hidup yang bersimbiosis dan faktor lingkungannya, sifatnya mulai dari mutualis sampai parasit, tugas pokok bertukar energi dan bahan makanan pada inang (Nusantara *et al.* 2012). Tanaman yang berasosiasi dengan fungi mikoriza memiliki pertumbuhan yang lebih baik daripada tanaman yang tidak berasosiasi dengan mikoriza dan asosiasi ini dapat dimanipulasi untuk meningkatkan produktivitas dalam program reboisasi hutan alam (Alamsjah dan Husin, 2010).

Mikoriza memiliki peranan dalam mendukung pertumbuhan tanaman, diantaranya sebagai berikut:

a) Meningkatkan ketersediaan unsur hara

Bücking *et al.* (2012) menjelaskan bahwa mikoriza dapat memakai dua jalur dalam penyerapan nutrisi, yakni jalur tanaman dan jalur mikoriza (sistem perpanjangan akar oleh hifa ekstraradikal ke hifa intraradikal). Jalur mikoriza merupakan sistem peluasan jelajah dan penyerapan nutrisi dan hara yang akan lebih efektif diserap oleh tanaman inang. Mikoriza secara konsisten terbukti dapat meningkatkan penyerapan nitrogen (N), kalium (K), kalsium (Ca), sulfur (S), tembaga (Cu), fosfor (P) dan seng (Zn) bagi tanaman inang (Habte, 2009).

b) Peningkatan resistensi terhadap patogen

Mikoriza dapat menurunkan potensi pohon terserang penyakit sebagai akibat interaksi kompleks antara patogen, mikoriza dan tanaman yang melibatkan perubahan mikrobial pada rizosfer, status nutrisi, perubahan anatomi sel, perubahan morfologi sistem akar, dan peringanan stres tanaman. John (2000) menambahkan dengan adanya mikoriza, kelimpahan bakteri tanah akan meningkat dan organisme patogen menurun,

endomikoriza bertindak sebagai antagonis patogen dan ektomikoriza bertindak sebagai proteksi fisik (mantel) dan memproduksi antibiotik bagi akar inang.

c) Mikorizoremediasi

Krishna dan Sachan (2016) menjelaskan bahwa pada kondisi yang ekstrim, tanaman akan mengekskresi eksudat berupa senyawa organik sebagai mekanisme peringanan stres tanaman. Hal tersebut memicu inisiasi mikoriza pada tanaman dan berperan dalam mentranslokasikan logam berat dan senyawa beracun, serta meningkatkan penyerapan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

d) Produksi hormon dan zat pengatur tumbuh

Sutariati *et al.* (2014) menyampaikan bahwa mikoriza memiliki kemampuan menghasilkan hormon seperti auksin sitokinin, giberelin, auksin dan asam absisat.

Ektomikoriza merupakan salah satu tipe mikoriza yang asosiasinya terbatas hanya dengan tanaman pohon saja dan tumbuh di sekitar rizosfer inangnya. Fungi ektomikoriza umumnya dijumpai pada perakaran tumbuhan berkayu, sekalipun tidak semua tanaman berkayu berasosiasi dengan ektomikoriza (Corryanti *et al.* 2015). Ektomikoriza merupakan fungi yang bersifat makroskopis mampu membentuk struktur badan buah sebagai alat reproduksinya dan biasanya terdiri dari golongan *Basidiomycota* dan *Ascomycota* berbentuk payung. Fungi ektomikoriza dapat dilihat dengan kasat mata, asosiasinya dengan akar tanaman pohonpun bisa dilihat langsung yang dicirikan dengan adanya hifa yang tumbuh di sekitaran akar (Darwo dan Sugiarti, 2008).

2.2 Biomolekular

Biologi molekular adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari dasar molekular dari aktivitas biologi di dalam dan di antara sel, termasuk sintesis, modifikasi, mekanisme dan interaksi molekular (Albert *et al.* 2014). Salah satu bagian dari biomolekular adalah teknik reaksi berantai polymerase (*Polymerase Chain Reaction*, PCR). PCR merupakan suatu metode enzimatik untuk melipatgandakan suatu sekuens nukleotida tertentu secara eksponensial dengan cara *in vitro*. Metode ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1985 oleh Kary B. Mullis, metode ini banyak digunakan untuk berbagai macam manipulasi dan analisis genetik. Pada awal perkembangannya metode ini hanya digunakan untuk melipatgandakan molekul DNA, tetapi kemudian dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat digunakan pula untuk melipatgandakan dan melakukan kuantifikasi molekul RNA. Teknologi PCR merupakan teknologi dalam biologi molekular yang sudah diterapkan secara meluas untuk berbagai macam analisis biologi molekular (Yuwono, 2006).

Polimorfisme adalah suatu bentuk variasi genetik yang terjadi dalam suatu populasi. *Polimorfisme* dapat disebabkan mutasi dan rekombinasi, mutasi pada satu nukleotida dapat menyebabkan terjadinya variasi struktur suatu gen yang menimbulkan pola baru jika DNA tersebut terpotong. *Polimorfisme* juga dapat memunculkan sifat baru (Winnacker, 1987). Gibbs (1990) menjelaskan Teknik PCR memungkinkan produksi DNA tertentu dalam jumlah banyak dari templat DNA yang kompleks menggunakan reaksi enzimatik yang sederhana.

Salah satu aspek penting dalam mikrobiologi adalah studi perbandingan suatu kelompok fungi dengan kelompok fungi lainnya, misalnya untuk klasifikasi atau untuk mengetahui hubungan kekerabatan antara satu kelompok fungi dengan kelompok fungi lainnya. Syarat utama untuk studi ini adalah tersedianya DNA dalam jumlah yang cukup besar sehingga dapat digunakan untuk analisis dengan enzim restriksi (Yuwono, 2006).

Lee dan Taylor (1990) menjelaskan metode alternatif yang jauh lebih sederhana untuk mengisolasi DNA dari fungi adalah dengan menggunakan metode PCR. Dengan menggunakan PCR, sekuen genomik berrangkap tunggal dapat diamplifikasi dari 1 µg DNA total. Jika sekuen yang diamplifikasi mempunyai rangkap dalam jumlah banyak maka DNA cetakan yang diperlukan untuk amplifikasi semakin sedikit. Oleh karena amplifikasi dapat diarahkan pada sekuen tertentu dengan menggunakan primer yang spesifik, maka tidak diperlukan lagi langkah pemisahan DNA antara satu organel dengan organel lainnya. Metode ini telah berhasil digunakan untuk isolasi DNA dari bermacam macam kelompok mikoriza, seperti *Chytridiomycota*, *Oomycota*, *Zygomycota*, *Deuteromycota*, *Ascomycota*, dan *Basidiomycota*.

2.3 Tegakan Kayu Bawang

Pohon kayu bawang memiliki beberapa nama lokal yang berbeda di beberapa tempat seperti australian pencil cedar, miva mahogani, saurauriria. Sedangkan di Indonesia terdapat beberapa sebutan diantaranya, kayu bawang (Sumatera), ki bawang (Sunda), tumbawa sela (Minahassa, Sulawesi). Terdapat juga beberapa sebutan di Philipines seperti, hairy-leaved himamau (Filipina), malaaduas (Bikol), mata-mata (Tagalog) (Sosef dan Prawirohatmodjo 1998). Sedangkan di Bengkulu dikenal dengan nama kayu bawang atau kayu pahit (Depari, 2011). Sudarmo dan Mulyaningsih (2014) menyebutkan *Azadirachta excelsa* termasuk dalam famili Meliaceae. Tanaman ini memiliki nama daerah seperti mimba, nimba, dan kayu bawang. Tanaman ini memiliki daun yang sangat pahit dan bijinya mengeluarkan bau seperti bawang putih.

Penyebaran kayu bawang terdapat di India, Birma (Myanmar), China Bagian Selatan dan daerah Melanesia sampai Australia serta Samudera Pasifik, di bumi belahan timur terdapat di Gunung Fiji dan Samoa (Sosef dan Prawirohatmodjo, 1998). Di provinsi Bengkulu Kayu Bawang dapat ditemukan hampir di setiap kabupaten yang ada di Bengkulu, terutama di Kabupaten Bengkulu Utara (Dinas Kehutanan Provinsi Bengkulu, 2003).

Bagian yang banyak dimanfaatkan adalah bagian bijinya. Kayu bawang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida alami yang ramah lingkungan. Bagian tanaman lain yang dapat dimanfaatkan adalah daunnya, terutama dimanfaatkan sebagai obat (Atawodi *et al.* 2009).

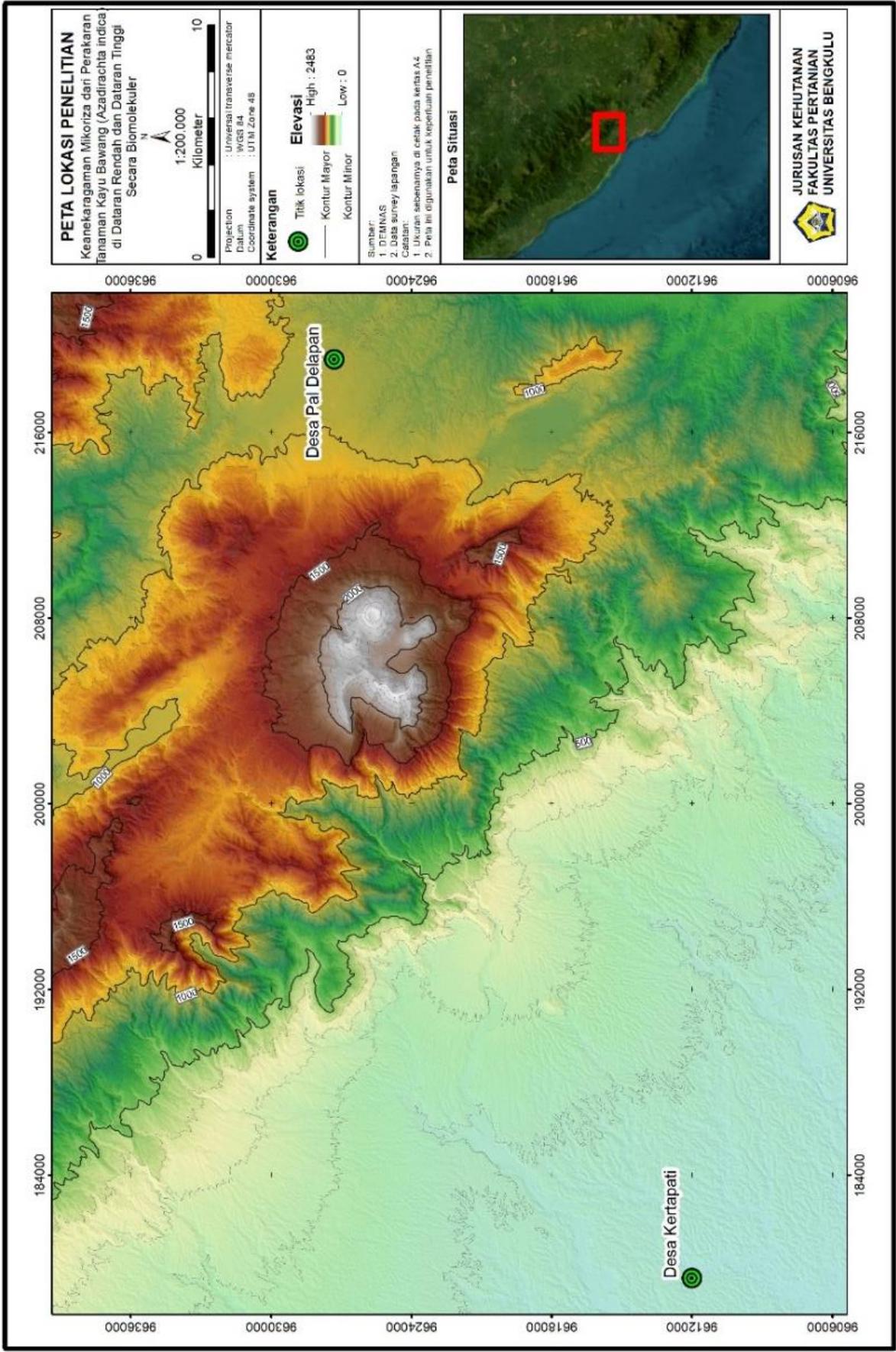
III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2021 hingga bulan September 2022. Pengambilan sampel dilakukan di dua lokasi dengan ketinggian tempat yang berbeda yaitu di Desa Pal Delapan, Kabupaten Rejang Lebong dan di Desa Kertapati, Kabupaten Bengkulu Utara. Identifikasi lanjutan fungi mikoriza dilakukan di Laboratorium Jurusan Kehutanan, Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Laboratorium Jurusan Biologi Fakultas FMIPA Universitas Bengkulu dan Laboratorium PT. Genetika Science Indonesia. Identifikasi pohon inang fungi mikoriza menggunakan herbarium dilakukan di Laboratorium Jurusan Kehutanan Fakultas pertanian. Pengujian kadar pH tanah serta kandungan unsur hara organik N, P, K, dan C dilakukan di Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian. Isolasi DNA sampel fungi mikoriza dan amplifikasi dilakukan di Laboratorium Jurusan Biologi Fakultas FMIPA Universitas Bengkulu, kemudian sampel dengan kondisi yang baik dikirimkan ke PT. PT. Genetika Science Indonesia yang berada di Cengkareng, Jakarta untuk dilakukan sekuensing.

3.1.1 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di dua lokasi dengan ketinggian tempat yang berbeda. Lokasi pertama berada di Desa Pal Delapan, Kecamatan Bermani Ulu Raya, Kabupaten Rejang Lebong. Desa Pal Delapan ini berada pada ketinggian ± 959 mdpl. Lokasi ini berada di pinggir jalan dengan akses yang mudah ditempuh menggunakan kendaraan bermotor. Lokasi pertama ini merupakan ladang milik Bapak Herman dengan komoditas tanaman utamanya yaitu kopi. Lokasi kedua berada di Desa Kertapati, Kecamatan Air Besi, Kabupaten Bengkulu Utara. Desa Kertapati ini berada pada ketinggian ± 63 mdpl. Lokasi ini berada tidak terlalu jauh dari jalan lintas, akses menuju lokasi bisa ditempuh menggunakan kendaraan bermotor dan dilanjutkan dengan berjalan kaki sekitar 100 m menuju lahan. Lokasi kedua ini merupakan ladang milik Gery dengan komoditas tanaman utamanya yaitu karet. Istiawan dan Kastono (2019) menjelaskan secara umum ketinggian tempat dibagi menjadi 3 yaitu dataran rendah (<400 mdpl), dataran sedang (400-700 mdpl), dataran tinggi (>700 mdpl). Gambaran lokasi pengambilan sampel disajikan di dalam peta lokasi pengambilan sampel pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Nama Alat dan Bahan	Fungsi
1.	Haga Meter	Mengukur tinggi pohon
2.	Phi-Band	Mengukur diameter pohon
3.	Soiltester	Mengukur pH tanah
4.	Global Poasitioning System (GPS)	Menentukan titik koordinat
5.	Roll Meter/Tape	Mengukur jarak
6.	Kamera	Dokumentasi
7.	Skop Kecil	Mengambil sampel akar
8.	Alat Tulis	Mencatat data yang diperoleh
9.	Freezer Dryer	Tempat penyimpanan sampel di Laboratorium
10.	Mortal	Penggiling sampel
11.	Kertas Koran	Tempat meletakkan <i>spesimen</i> herbarium
12.	Clino Meter	Mengukur kemiringan tempat
13.	Oven	Mengeringkan sampel
14.	Gunting Pruning	Mengambil sampel daun
15.	Timbangan Analitik	Menimbang berat sampel
16.	Mikro Tif	Tempat melakukan eksperimen pada sampel
17.	Mikro Tube	Tempat melakukan eksperimen pada sampel
18.	Tegakan Kayu Bawang (Akar, Daun, Kulit Pohon)	Sampel penelitian
19.	Tanah	Sampel penelitian
20.	DNA Kit	Menguji sampel DNA
21.	Tallysheet	Tempat pencatatan data
22.	Nitrogen Cair	Membantu penghalusan sampel
23.	Label	Penanda sampel
24.	Tali Rafia	Pembatas plot
25.	Kantong Plastik	Tempat menyimpan sampel dan pembungkus herbarium

26.	Kantong Kertas	Tempat menyimpan sampel kering
27.	Mesin PCR	Membantu melakukan ekstraksi DNA
28.	Gel Documentation Axygen	Mendokumentasikan hasil elektroforesis
29.	Elektroforesis	Membantu memurnikan fragmen DNA
30.	Sentrifugasi	Memisahkan sampel dengan partikel lain
31.	Raktube	Menyimpan mikrotube
32.	Ice Gel	Menjaga suhu sampel
33.	Gotaq Green Master Mix	Digunakan dalam tahap amplifikasi
34.	Gel Agarosa	Bahan dalam elektroforesis
35.	TAE Buffer	Membantu dalam proses elektroforesis
36.	Alkohol	Mensterilkan alat dan mengawetkan <i>spesimen</i> herbarium
37.	Nuclease Free Water	Mengurangi kadar sodium
38.	Isolasi	Menempelkan spesimen herbarium ke kertas A3
39.	Botol Semprot	Alat menyemprotkan alkohol 70 %
40.	Papan Press	Alat press saat membuat herbarium
41.	Pisau	Memotong bagian tumbuhan
42.	Kertas A3	Tempat menempelkan <i>spesimen</i> herbarium yang telah kering
43.	Software MEGA X 11	Mengolah data DNA
44.	Software ShroomID	Panduan ciri-ciri fungi mikoriza

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Persiapan Awal Penelitian

Persiapan awal penelitian merupakan kegiatan survei lokasi pengambilan sampel, untuk mencari informasi keberadaan tegakan pohon kayu bawang serta melihat kondisi lokasi pengambilan sampel. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian kriteria lokasi pengambilan sampel. Kesesuaian kriteria lokasi pengambilan sampel dilihat dengan mengukur ketinggian tempatnya. Lokasi yang telah sesuai kriterianya akan dibuatkan titik koordinat menggunakan GPS. Informasi yang telah didapatkan pada persiapan awal akan dijadikan acuan untuk melaksanakan penelitian.

3.3.2 Pengambilan Sampel

Setiap titik lokasi dilakukan pengambilan sampel berupa akar dari pohon sampel serta mengambil sampel tanah di sekitar pohon (Anwar, 2016). Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Sampel Akar

Pengambilan sampel akar diawali dengan memastikan terlebih dahulu bahwa akar yang akan diambil merupakan akar dari pohon sampel. Pengambilan akar dilakukan dengan menggali tanah bagian perakaran dengan jarak 50-100 cm dihitung dari pohon sampel. Pengambilan akar dilakukan pada 4 sudut mengikuti arah mata angin, yang berada pada kedalaman 20-30 cm. Akar yang diambil merupakan akar halus yang masih segar ditandai warna yang cerah dengan panjang 10 cm. Akar yang telah diambil dimasukkan ke dalam kantong plastik berlabel kemudian dibawa ke laboratorium.

2) Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan membersihkan terlebih dahulu bagian permukaan tanahnya. Sampel tanah yang diambil berada pada tempat yang digunakan untuk mengambil sampel akar sebelumnya. Pengambilan tanah dilakukan menggunakan sekop yang telah dibersihkan. Tanah yang diambil berada pada kedalaman 20 cm sebanyak 1 kg. Sampel tanah selanjutnya dibersihkan dari komponen komponen selain tanah dan disimpan pada kantong plastik berlabel.

3) Sampel Daun

Pengambilan sampel daun dilakukan dengan memanjat pohon sampel. Sampel daun yang diambil berupa daun yang masih segar dan sehat serta tidak memiliki penyakit. Sampel daun diambil dari bagian pangkal tangkai daun hingga ujung daun. Sampel daun yang diambil berjumlah 1 tangkai mewakili tiap lokasi pengambilan sampel. Sampel daun yang telah diambil kemudian digunakan sebagai bahan herbarium.

4) Sampel Kulit Pohon

Pengambilan sampel kulit pohon dilakukan dengan menggunakan alat pisau. Sampel kulit pohon yang diambil berupa kulit pohon yang segar dan sehat, tidak memiliki penyakit. Sampel kulit pohon diambil dari bagian yang terjangkau. Sampel kulit pohon yang diambil berjumlah 1 irisan mewakili tiap lokasi pengambilan sampel. Sampel kulit pohon yang telah diambil kemudian digunakan sebagai bahan herbarium.

Setelah semua sampel terkumpul selanjutnya akan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji laboratorium. Analisa yang dilakukan di laboratorium berupa pengujian kadar pH tanah dan kandungan unsur hara organik N, P, K, dan C untuk sampel tanah, sampel akar

akan digunakan untuk identifikasi mikoriza secara molekular, sampel daun dan sampel kulit pohon yang telah dibuat herbarium akan digunakan untuk identifikasi pohon inang mikoriza menggunakan metode pengamatan morfologi.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diambil dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari pengukuran di lapangan. Data primer berupa data pengukuran tinggi pohon, tinggi bebas cabang, diameter pohon. Pohon yang diukur merupakan pohon kayu bawang yang akarnya digunakan sebagai sampel penelitian. Data sekunder merupakan data yang didapatkan melalui media perantara. Data sekunder berupa data curah hujan yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Kelas 1 Pulau Bai Bengkulu.

Data utama juga merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran faktor lingkungan yang terdapat di lokasi, yaitu:

1) Pengukuran Ketinggian Tempat

Pengukuran ketinggian tempat menggunakan alat altimeter. Penggunaan alat tersebut dilakukan dengan cara meletakkan alat di daerah pengambilan sampel, kemudian tunggu beberapa saat hingga angka yang tertera pada alat konstan.

2) Pengukuran Kemiringan Tempat

Pengukuran kemiringan tempat menggunakan alat clinometer. Penggunaan alat tersebut dilakukan dengan memfokuskan alat dari bagian bawah lereng pada suatu objek yang terletak di bagian atas lereng pada lokasi pengambilan sampel, kemudian perhatikan angka yang tertera pada alat.

Data pendukung merupakan data deskriptif yang dapat menunjang hasil dari penelitian. Data pendukung berupa hasil dialog dengan pemilik lahan, seperti sejarah singkat lahan atau sejarah penanaman pohon sampel. Data pendukung juga berupa hasil pengamatan yang dilakukan selama berada di lahan penelitian, seperti jenis tanaman lain yang tumbuh di lahan penelitian.

3.3.4 Pengujian Unsur Hara

Sampel tanah yang telah diambil dibersihkan dari seresah seresah daun dan bahan bahan lain, kemudian dikeringkan pada suhu kamar. Sampel tanah digunakan sebagai bahan untuk menganalisa kadar pH tanah serta kandungan unsur haranya. Unsur hara yang diamati berupa unsur hara organik N, P, K, dan C tanah. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Analisis dilakukan untuk

melihat seberapa besar kandungan unsur hara yang tersedia dan berpengaruh pada hubungan simbiosis antara mikoriza dengan pohon kayu bawang.

3.3.5 Analisis Morfologi untuk Jenis Pohon Inang Fungi Mikoriza

Sampel yang digunakan dalam identifikasi jenis pohon inang adalah bagian daun dan kulit pohon yang telah dibuat menjadi herbarium. Tahapan pembuatan herbarium sebagai berikut:

- Memotong bagian daun dari tangkai hingga ujung daun dan bagian kulit pohon yang ingin dijadikan herbarium, bagian pohon yang telah dipotong selanjutnya disebut *spesimen*.
- Membersihkan *spesimen* dari kotoran seperti tanah dan debu.
- Menyiapkan koran 2 lembar dengan ukuran panjang dan lebar melebihi ukuran *spesimen*.
- Menyemprotkan *spesimen* dengan alkohol 70 %.
- Meletakkan *spesimen* pada koran kemudian tata sedemikian rupa agar *spesimen* tidak bergerak.
- Membungkus *Spesimen* menggunakan koran lalu dilapisi dengan kardus.
- Menindih bungkusan berisi *spesimen* menggunakan papan pres kemudian mengikat papan pres menggunakan tali karet.
- Mendinginkan selama 5 hari agar kondisi *spesimen* kering kemudian menjemurkan supaya *spesimen* kering dengan merata.
- Setelah *spesimen* kering, menyiapkan kertas putih berukuran A3 yang digunakan sebagai tempat menempelkan *spesimen*.
- Menata *spesimen* sedemikian rupa lalu menempelkan *spesimen* menggunakan isolasi bening agar *spesimen* tidak bergerak.
- Menuliskan keterangan *spesimen* tumbuhan kemudian menempelkan pada sisi kertas A3 yang masih kosong.
- Membungkus *spesimen* herbarium menggunakan plastik transparan.

Herbarium kemudian diidentifikasi dengan melakukan pengamatan morfologi dari *spesimen*.

3.3.6 Identifikasi Molekular Fungi Mikoriza pada Perakaran Pohon Kayu Bawang

Sampel yang digunakan dalam identifikasi secara molekular ini menggunakan sampel akar. Sampel akar pertama kali dicuci hingga bersih menggunakan air keran, Sampel yang telah bersih disimpan pada freezer agar sampel akar tetap segar. Sampel akar kemudian

dikeringkan menggunakan suhu ruangan, setelah itu sampel akar dipotong dengan panjang 1 cm. Sampel yang telah dipotong kemudian diambil seberat 0,03 g lalu dihaluskan menggunakan mortal dan diberi nitrogen cair lalu dimasukkan ke dalam tabung mikro tube.

Identifikasi molekular diawali dengan isolasi DNA. Isolasi DNA fungi mikoriza dilakukan menggunakan *Geneaid Fungal Kit* dengan mengikuti protokol pabrik. Sampel DNA yang telah diisolasi kemudian diamplifikasi. Sampel DNA pada lokus *internal transcribed spacer* (ITS) diamplifikasi melalui *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer *forward* ITS 5.8S (5'-CAAGCAGAAGACGG CACATCGAGAT-NNNNNNNNNN-AGTCAGTCAG-GG-AACTT TYRRCAAYGGATCWCT-3') dan *reverse* ITS4 (5'-AATGATACGGCG ACCACCGAGATCTACAC-TATGGTAATT-AA-AGCCTCCGCTTA TTGATATGCTTAART-3') (Taylor *et al.* 2016) dengan komposisi reaksi 25 μ L *Go Taq Green Master Mix* (Promega, USA), 5 μ L DNA *template* hasil ekstraksi DNA, primer *forward* dan *reverse* masing-masing 2 μ L dan H₂O sampai mencapai volume akhir 50 μ L. PCR diawali dengan denaturasi pada 95 °C selama 5 menit, dilanjutkan dengan 30 siklus yang terdiri dari 30 detik pada 95 °C, 45 detik pada 58 °C, dan 1 menit pada 72 °C, diikuti dengan elongasi akhir pada 72 °C selama 10 menit dan diakhiri pada suhu 4 °C. DNA di visualisasi dengan elektroforesis pada gel agarosa 1,5 % dengan *buffer* TAE 1X (Tris-Asetat-EDTA) pada 100 V selama 32 menit. Sampel DNA hasil PCR dengan kondisi yang baik kemudian dikirimkan ke PT. Genetika Science Indonesia di Cengkareng, Jakarta untuk dilakukan sekuensing.

Runtutan nukleotida (*forward* dan *reverse*) hasil sekuensing diedit dengan cara disejajarkan (*alignment*) menggunakan menu Clustal W pada program software MEGA 11. Sekuen DNA yang telah dihasilkan kemudian dibandingkan dengan database *GenBank* pada *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), melalui *Barcode of Life Data System* (BoLD System) untuk melihat kemiripan sampel yang diuji. Pohon filogeni direkonstruksi dengan software MEGA 11 menggunakan metode *neighbor joining* dengan 1000 kali replikasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi penelitian dilakukan di dua tempat yang memiliki karakteristik ketinggian tempat yang berbeda. Lokasi pengambilan sampel pertama berada pada ketinggian ± 959 mdpl. Lokasi ini berada di Desa Pal Delapan, Kecamatan Bermani Ulu Raya, Kabupaten Rejang Lebong, dengan titik koordinat 219137 E dan 9627231 N. Lokasi ini merupakan ladang pertanian masyarakat yang menanam tanaman kopi sebagai komoditas utama dan tanaman sekali musim seperti cabai. Lokasi ini berdekatan dengan kawasan hutan Madapi yang merupakan salah satu hutan konservasi yang kawasannya masuk wilayah kelola Taman Nasional Kerinci Seblat (TNKS) Wilayah III, Resort Rejang Lebong.

Berdasarkan hasil pengamatan, di dalam lokasi ini terdapat 6 pohon kayu bawang yang ditanam oleh pemilik sebagai tanaman pembatas atau tanaman pagar. Rentang pertumbuhan tinggi pohon antara 18 hingga 26 m, dengan rentang diameter pohon antara 24 hingga 35 cm. Usia pohon kayu bawang berkisar 8 tahun dan dalam kondisi sehat (Tabel 2).



(a)

(b)

Gambar 2. Sampel Pohon Kayu Bawang di 2 Lokasi

Keterangan: (a) Desa Pal Delapan (b) Desa Kertapati

Lokasi pengambilan sampel kedua berada pada ketinggian ± 63 mdpl. Lokasi ini berada di Desa Kertapati, Kecamatan Air Besi, Kabupaten Bengkulu Utara, dengan titik koordinat 179575 E dan 9612028 N. Lokasi ini juga merupakan lahan milik masyarakat yang

menanam pohon karet sebagai komoditas utama, selain itu pemilik juga menanam pohon pinang, dan kayu bawang.

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel 2), di lokasi pengambilan sampel kedua ini terdapat 8 pohon kayu bawang yang ditanam oleh pemilik. Rentang pertumbuhan tinggi pohon pada lokasi ini berkisar antara 13 hingga 28 m, dengan rentang diameter pohon antara 17 hingga 35 cm. Usia pohon kayu bawang berkisar 7 hingga 9 tahun.

Tabel 2. Kode dan Volume Pohon di Desa Pal Delapan dan Desa Kertapati

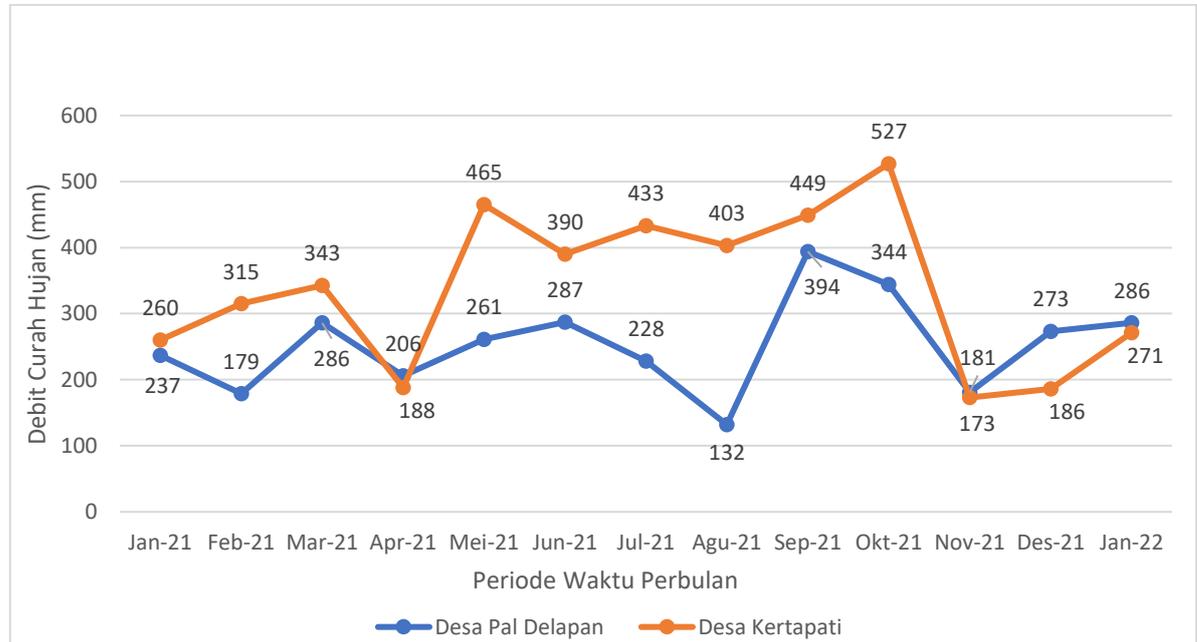
No.	Lokasi Pengambilan Sampel	Kode Sampel	Tinggi (m)	TBC (m)	Diameter (cm)	Luas Tajuk (m)
1.	Desa Pal Delapan	PKB 1	21	10	35,98	254,34
		PKB 2	18	12	24,52	153,86
		PKB 3	22	8	25,47	176,62
		PKB 4	22	13	27,38	226,86
		PKB5	26	13	29,93	283,38
		PKB 6	18	8	24,84	176,62
		Rata-rata	21,16	10,66	28,02	182,51
2.	Desa Kertapati	KKB 1	22	15	35,03	254,34
		KKB 2	16	11	20,38	56,70
		KKB 3	28	14	35,03	165,03
		KKB 4	13	10	17,51	28,26
		KKB 5	23	14	23,88	78,5
		KKB 6	22	10	24,20	78,5
		KKB 7	23	10	25,47	132,66
		KKB 8	24	16	29,61	176,62
		Rata-rata	21,37	12,5	26,38	121,32

4.2 Faktor Lingkungan

Lokasi pengambilan sampel pertama berada pada ketinggian ± 959 mdpl dan lokasi pengambilan sampel kedua berada pada ketinggian ± 63 mdpl. Perbedaan ketinggian tempat akan berpengaruh pada perbedaan curah hujan. Perbedaan ketinggian tempat juga akan berpengaruh dengan faktor lingkungan tempat dimana mikoriza tumbuh. Perbedaan geografis seperti perbedaan ketinggian tempat di atas permukaan laut (DPL) akan menimbulkan perbedaan cuaca dan iklim mikro secara keseluruhan pada tempat tersebut, terutama suhu dan kelembaban (Andrian *et al.* 2014 dalam Istiawan dan Kastono, 2019). Pertumbuhan mikoriza sangat bergantung kepada faktor fisik lingkungan tempat dimana ia tumbuh. Beberapa faktor lingkungan tersebut yaitu tingkat keasaman tanah (pH), dan ketinggian tempat. Menurut Gandjar *et al.* (2006) pertumbuhan fungi dipengaruhi oleh faktor

substrat, cahaya, kelembaban, suhu, derajat keasaman, dan senyawa-senyawa kimia yang berada di lingkungannya.

Faktor lingkungan lain yang ikut berpengaruh bagi pertumbuhan fungi mikoriza adalah intensitas curah hujan. Berdasarkan Gambar 3 rata-rata curah hujan yang terjadi pada rentang Januari 2021 hingga Januari 2022 di kedua lokasi pengambilan sampel tersebut berkisar 338,69 mm di Desa Kertapati, Kecamatan Air Besi dan 253,38 mm di Desa Pal Delapan, Kecamatan Bermani Ulu Raya. Dengan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2021 yaitu sebesar 527 mm di Desa Kertapati yang terus meningkat dari bulan bulan sebelumnya. Sedangkan di Desa Pal Delapan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan September 2021 yaitu sebesar 394 mm dengan intensitas yang meningkat juga dari bulan sebelumnya. Hal ini menandakan masuknya musim penghujan di kedua lokasi pengambilan sampel tersebut, yang memungkinkan pertumbuhan fungi mikoriza banyak terjadi pada musim penghujan ini. Intensitas curah hujan mulai turun dan stabil hingga Januari 2022 dimana pada bulan ini dilakukan pengambilan sampel akar tanaman pohon kayu bawang, sehingga masih memungkinkan pertumbuhan fungi mikoriza terjadi di bulan bulan akhir musim hujan ini.



Gambar 3. Kurva Intensitas Hujan Periode Januari 2021 hingga Januari 2022

4.3 Hasil Uji Karakteristik Tanah

Hubungan fungi mikoriza dengan pohon inangnya akan membentuk simbiosis mutualisme. Unsur makrokopis tanah menjadi komponen penting pada proses pertumbuhan

pohon inang fungi mikoriza. Fungi mikoriza akan membantu penyerapan unsur hara tanah dan pohon inang akan memberikan hasil fotosintesis untuk pertumbuhan fungi mikoriza. Berdasarkan analisis unsur kimia dan fisika tanah diketahui bahwa beberapa unsur makro tanah memiliki perbedaan yang tidak signifikan antara sampel tanah yang diambil di Desa Kertapati dan Desa Pal Delapan. Nilai pH tanah dan kandungan beberapa unsur hara makro pada kedua lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Unsur Hara Tanah

No.	Nama Unsur	Lokasi Pengambilan Sampel		Keterangan
		Desa Kertapati (63 mdpl)	Desa Pal Delapan (959 mdpl)	
1.	pH Tanah	4,8	4,73	S
2.	C (%)	3,58	5,70	T
3.	N (%)	0,30	0,33	R
4.	P (ppm)	7,70	4,77	SR
5.	K (me/100g)	0,32	0,28	S

Keterangan: T = Tinggi, R = Rendah, SR = Sangat Rendah, S = Sedang

Tingkat keasaman tanah atau pH tanah di Desa Kertapati 4,8 dan 4,73 di Desa Pal Delapan. Menurut Setiadi *et al.* (1992) perkembangan mikoriza yang optimal berkisar pada pH 3,9-5,9. Dengan demikian nilai pH tanah yang berada di Desa Kertapati dan Desa Pal Delapan masih berada dalam kadar optimal nilai pH tanah untuk pertumbuhan fungi mikoriza. Kandungan unsur fosfor di sekitar lingkungan tanaman sangat berkaitan dengan keberadaan fungi mikoriza, pengaruh positif fungi mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman adalah meningkatkan serapan fosfor yang terdapat pada tanah. Berdasarkan hasil analisis kandungan unsur fosfor di lokasi pengambilan sampel Desa Kertapati sebesar 7,70 ppm tergolong sangat rendah dan Desa Pal Delapan sebesar 4,77 ppm yang juga tergolong sangat rendah. Menurut Agustian dan Simanjuntak (2018) kandungan unsur fosfor tanah dengan nilai <10 ppm tergolong sangat rendah. Hubungan simbiosis mutualisme antara fungi mikoriza dan akar tanaman sangat membantu dalam penyerapan unsur fosfor bagi tanaman, fosfor merupakan unsur penting bagi tanaman untuk pertumbuhan akarnya, fungi mikoriza berperan penting dalam meningkatkan penyerapan unsur fosfor yang tersedia di tanah sekitar tanaman.

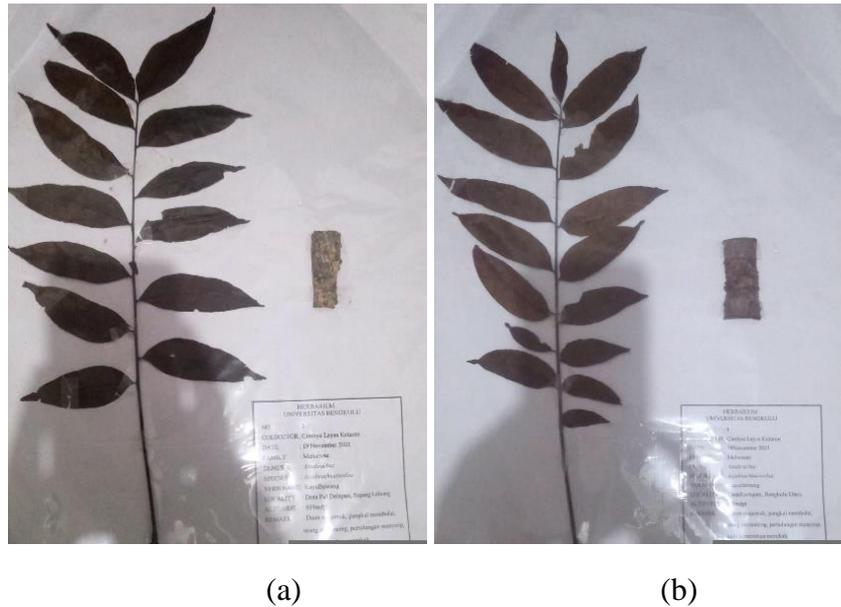
Pertumbuhan fungi mikoriza juga membutuhkan sumber unsur karbon yang digunakan sebagai sumber energi dalam proses metabolisme sel. Dalam proses metabolisme akan terjadi penyerapan unsur hara dan perkembangan spora. Proses metabolisme akan memicu pertumbuhan dan perubahan bentuk fungi, selain itu dapat memperbanyak

kolonisasi pada akar tanaman inangnya dan memungkinkan fungi mengkolonisasi tanaman inang lain yang berada di sekitarnya.

Proses simbiosis mutualisme antara fungi mikoriza dan akar tanaman pohon kayu bawang juga membantu penyerapan unsur makro dan unsur mikro yang penting dalam pertumbuhan pohon. Dari hasil pengamatan, kandungan unsur karbon di Desa Kertapati diketahui sebesar 3,58 % tergolong tinggi dan di Desa Pal Delapan sebesar 5,70 % yang juga tergolong tinggi. Menurut Agustian dan Simanjuntak (2018) kandungan unsur karbon dengan nilai 3,01 hingga 5 % tergolong tinggi, sedangkan jika di atas 6 % tergolong sangat tinggi. Unsur nitrogen juga merupakan unsur hara utama yang sangat dibutuhkan dalam proses pertumbuhan pohon kayu bawang. Fungi mikoriza dapat membantu pohon dalam penyerapan unsur nitrogen secara efisien. Kandungan unsur nitrogen sebesar 0,30 % di Desa Kertapati dan 0,33 % di Desa Pal Delapan tentunya tergolong rendah. Menurut Triharto *et al.* (2014) kandungan unsur nitrogen antara 0,21 hingga 0,50 % tergolong rendah. Sangat memungkinkan fungi mikoriza mampu menyerapnya dengan sangat efisien untuk kebutuhan pertumbuhan pohon kayu bawang. Unsur kalium yang terkandung di dalam tanah sebesar 0,32 me/100g di Desa Kertapati dan 0,38 me/100g di Desa Pal Delapan tergolong sedang. Menurut Triharto *et al.* (2014) kandungan unsur kalium antara 0,21 hingga 0,50 me/100g tergolong sedang.

4.4 Hasil Identifikasi Pohon Inang Fungi Mikoriza

Berdasarkan hasil identifikasi morfologi menggunakan herbarium, jenis pohon inang yang berasosiasi dengan mikoriza pada penelitian ini memiliki nama latin *Azadirachta excelsa* Jacobs atau yang dikenal dengan sebutan pohon kayu bawang (Gambar 4). Dalam bahasa daerah lain dikenal juga dengan sebutan kayu pahit. Pohon kayu bawang merupakan tumbuhan yang tergolong dalam kelompok *Angiospermae* atau kelompok tumbuhan yang berbunga dan memiliki biji dengan pembuahan ganda. Jumlah mikoriza sangat melimpah di alam dan ditemukan hampir 80 % dapat bersimbiosis dengan tumbuhan *Angiospermae*, serta berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman agrikultur, hortikultura, dan tanaman hutan (Cahyani *et al.* 2014). Daun kayu bawang dicirikan dengan daun majemuk berjumlah genap, pangkal daun yang membulat, ujung daun yang meruncing, pertulangan daun yang menyirip.



Gambar 4. *Spesimen* Herbarium Pohon Kayu Bawang

Keterangan : (a) Desa Pal Delapan (b) Desa Kertapati

Kayu bawang merupakan salah satu pohon yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan furnitur dan bahan bangunan. Selain dimanfaatkan kayunya, bagian lain dari pohon kayu bawang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan. Sudarsono *et al.* (2002) mengatakan bahwa daun kayu bawang digunakan untuk penambah nafsu makan, menanggulangi disentri, borok, malaria, dan antibakteri.

Klasifikasi tanaman Kayu Bawang (*Azadirachta excelsa*) adalah sebagai berikut:

- Kingdom : *Plantae*
- Divisi : *Spermatophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Dicotyledonae*
- Bangsa : *Rutales*
- Suku : *Meliaceae*
- Marga : *Azadirachta*
- Jenis : *Azadirachta excelsa*

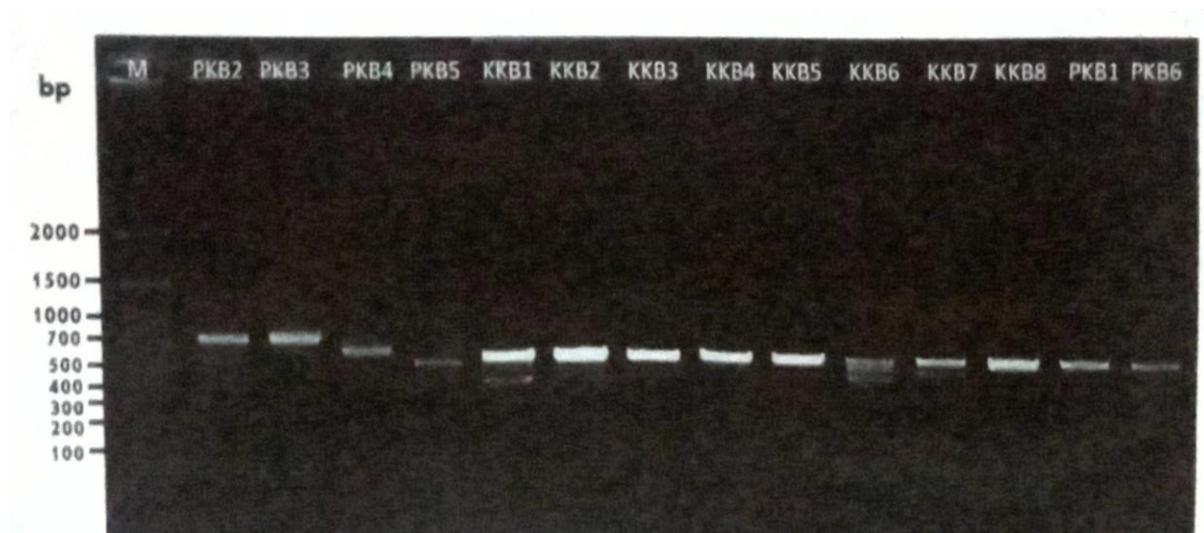
(Rukmana dan Oesman, (2002) dalam Mustinkaweni, (2017)).

4.5 Hasil Identifikasi Fungi Mikoriza pada Tegakan Kayu Bawang

4.5.1 Hasil Elektroforesis

Berdasarkan hasil elektroforesis (Gambar 5) diketahui panjang sekuen DNA gen CO1 berkisar 300 hingga 700 bp. Hasil produk PCR dengan pita yang terang dilanjutkan ke

tahap proses sekuensing untuk mendapatkan sekuen DNA gen CO1. Berdasarkan hasil sekuensing didapatkan panjang sekuen nukleotida seluruhnya berkisar 321 hingga 409 bp untuk *forward* dan *reverse* berkisar 316 hingga 398 bp. Kemudian dilanjutkan dengan tahap pengeditan menggunakan perangkat lunak Mega 11. Pita sekuen nukleotida yang didapatkan dalam penelitian ini banyak dalam keadaan yang pudar atau tipis, hal ini menunjukkan kualitas sekuen yang kurang baik. Pita sekuen yang terang atau tebal menunjukkan kualitas sekuen yang baik. Sekuen yang memiliki kualitas yang baik kemudian digunakan dalam tahap analisis data.



Gambar 5. Pita Gen Mikoriza yang Terdeteksi Hasil Elektroforesis

Keterangan : (M) Maker (PKB) Pal Delapan Kayu Bawang (KKB) Kertapati Kayu Bawang

Berdasarkan uraian di atas diketahui bahwa sekuen fungi mikoriza yang terdeteksi umumnya tampak lebih tebal dan terang. Namun terdapat banyak sampel yang rusak sehingga panjang pita yang didapatkan lebih pendek. Sekuen nukleotida yang didapatkan selanjutnya dibandingkan dengan nukleotida yang terdapat di dalam data GenBank untuk menentukan tingkat kemiripan sampel yang diuji.

4.5.2 Hasil Identifikasi Fungi Mikoriza Berdasarkan GenBank NCBI

Fungi mikoriza merupakan mikroorganisme yang membangun hubungan simbiosis mutualisme pada akar tanaman tingkat tinggi, dengan cara tanaman memperoleh unsur hara dan nutrisi. Fungi mikoriza mendapatkan unsur karbon dari hasil fotosintesis (Smith dan Read, 2008). Berdasarkan hasil penelitian, diketahui dari 14 sampel yang diuji hanya terdapat 5 sampel yang menghasilkan produk PCR dengan kondisi yang baik dan dapat

diidentifikasi sekuennya. Sampel yang terdeteksi tersebut mewakili 2 lokasi pengambilan sampel. Sampel dari Desa Kertapati yang terdeteksi sekuennya ditunjukkan dengan kode KKB. Terdapat 4 sampel dari Desa Kertapati yaitu KKB1, KKB5, KKB6 dan KKB8. Sampel dari Desa Pal Delapan yang terdeteksi sekuennya ditunjukkan dengan kode PKB. Hanya terdapat 1 sampel yang terdeteksi yaitu sampel PKB1. Sekuen spesies fungi mikoriza yang terdeteksi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sekuen Spesies Terdeteksi dan Tingkat Similaritas dengan Data Sekuen pada GenBank NCBI

No.	Nama Sampel	Sekuen pada GenBank NCBI		Kode akses GenBank
		Spesies	Similaritas (%)	
1.	KKB1	<i>Psathyrella</i> sp.	98,51	MZ 997010.1
		<i>Mycena</i> sp.	98,51	AB 512339.2
2.	KKB5	<i>Filoboletus manipularis</i>	75,71	MZ 828043.1
		<i>Mycena amicta</i>	76,20	MH 857183.1
3.	KKB6	<i>Tricholomata</i> sp.	85,21	OK 430970.1
		<i>Agarica</i> sp.	84,62	KY 228606.1
4.	KKB8	<i>Mycena pura</i>	92,68	KF 007948.1
		<i>Mycena rosea</i>	92,47	JF 908488.1
5.	PKB1	<i>Mycena citrinomarginata</i>	84,42	MN 992622.1
		<i>Favolaschia manipularis</i>	85,01	MZ 621236.1

Dari hasil sekuensing diketahui bahwa sampel akar tanaman kayu bawang dari kedua lokasi memiliki asosiasi dengan fungi mikoriza. Hasil identifikasi menggunakan metode PCR telah menunjukkan adanya sekuen nukleotida yang merupakan spesies dari fungi mikoriza. Sekuen nukleotida yang telah terdeteksi selanjutnya dibandingkan dengan sekuen yang terdapat di dalam data GenBank untuk menentukan tingkat kemiripan sampel yang telah diuji (Tabel 5).

Berdasarkan hasil Bold system didapatkan tingkat kemiripan tertinggi berada pada angka 98,51 % dengan spesies *Psathyrella* sp. dan *Mycena* sp. Tingkat kemiripan terendah berada pada angka 75,71 % dengan spesies *Filoboletus manipularis*. Jenis-jenis fungi mikoriza yang terdeteksi berdasarkan tingkat kemiripan di atas berjumlah 10 jenis, diantaranya adalah *Psathyrella* sp., *Mycena* sp., *Filoboletus manipularis*, *Mycena amicta*, *Tricholomata* sp., *Agarica* sp., *Mycena pura*, *Mycena rosea*, *Mycena citrinomarginata*, *Favolaschia manipularis*. Semua spesies yang terdeteksi oleh GenBank belum diketahui memiliki asosiasi dengan tanaman kayu bawang. Hal ini mungkin terjadi karena belum

ditemukan penelitian sejenis menggunakan metode molekular dengan sampel akar tanaman kayu bawang sebelumnya.

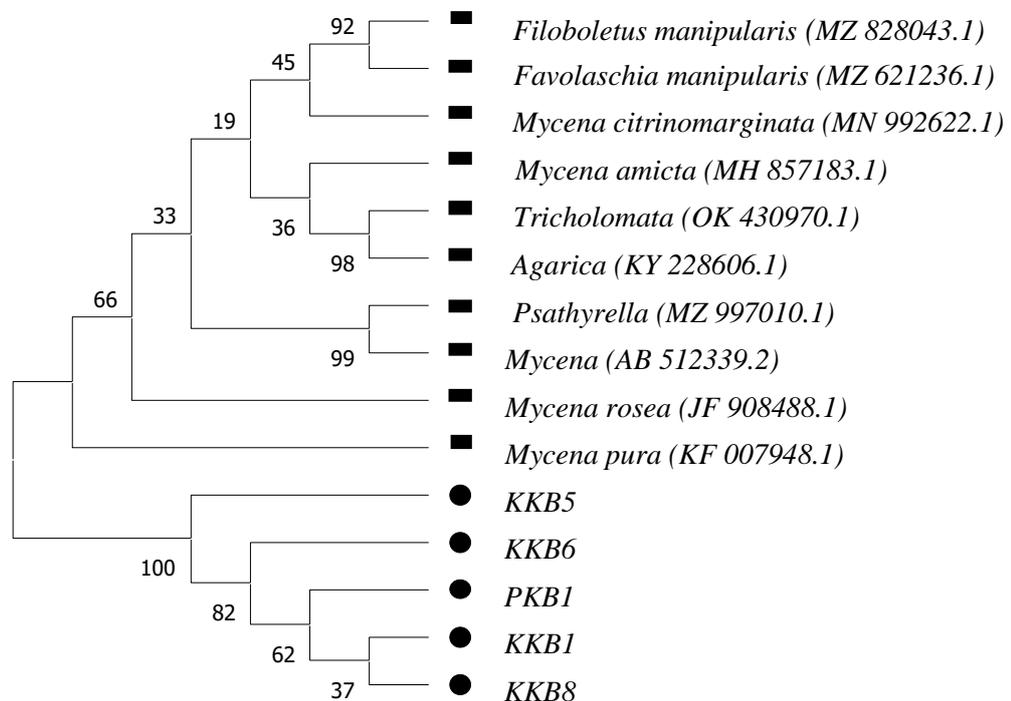
Semua spesies fungi mikoriza yang terdeteksi merupakan bagian filum *Basidiomycota*, yang merupakan kelompok fungi yang memiliki tahapan diploid di dalam daur hidupnya dan mencakup seluruh spesies yang memproduksi spora dalam tubuh berbentuk kotak yang disebut *basidium* (Hiola, 2011). Fungi *Basidiomycota* adalah salah satu fungi yang bisa dilihat dengan kasat mata karena ukuran tubuh yang besar. Umumnya fungi ini hidup sebagai saprofit pada sisa-sisa makhluk hidup, namun ada juga yang hidup bersimbiosis dengan akar tumbuhan membentuk mikoriza yang dimana berfungsi dalam membantu pertumbuhan fungi serta tanaman inangnya tersebut (Reece *et al*, 2011). Berdasarkan hasil dari sekuen yang telah didapatkan terdapat 4 famili fungi yang terdeteksi yaitu *Mycenaceae*, *Psathyrellaceae*, *Tricholomataceae*, *Agaricaceae* yang mana kesemua famili fungi yang terdeteksi merupakan bagian dari ordo *Agaricales* dari kelas *Agaricomycetes*. Famili *Marasmiaceae*, *Psathyrellaceae*, *Agaricaceae*, *Mycenaceae*, dan *Crepidotaceae* diklasifikasikan sebagai *Agaricales* yang dominan di hutan pinus dan hutan campuran (Izati *et al*, 2020). *Agaricales* merupakan salah satu ordo dengan tingkat keanekaragaman terbesar yang dijumpai di Indonesia yakni terdiri dari 6 famili, seperti *Agaricaceae*, *Hygrophoraceae*, *Marasmiaceae*, *Mycenaceae*, *Pleurotaceae*, dan *Psathyrellaceae* (Khairani, 2022).

Terdapat 7 spesies fungi mikoriza dari famili *Mycenaceae* yang terdeteksi berasosiasi dengan tanaman kayu bawang diantaranya *Mycena* sp., *Filoboletus manipularis*, *Mycena amicta*, *Mycena pura*, *Mycena rosea*, *Mycena citrinomarginata*, *Favolaschia manipularis*. Li *et al*. (2017) menyebutkan *Mycena* sp merupakan fungi mikoriza yang berasosiasi dengan perakaran *Dendrobium officinale* (anggrek obat) liar. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Izati *et al*. (2020) menyebutkan bahwa famili *Mycenaceae* berasosiasi dengan *Engelhardia serrata* (pohon kesowo) dan *Schima wallichii* (pohon medang gatal). Pohon medang gatal juga berasosiasi famili fungi mikoriza *Psathyrellaceae*, berdasarkan daftar spesies yang terdeteksi, menunjukkan terdapat 1 jenis spesies fungi mikoriza yang tergolong bagian dari famili ini yaitu *Psathyrella* sp. Famili *Tricholomataceae* yang terdeteksi hanya terdapat 1 spesies yaitu *Tricholomata* sp. Baba *et al*. (2016) menyebutkan bahwa terdapat 35 sekuen spesies fungi mikoriza hasil Blast yang berasosiasi dengan *Vaccinium oldhami* (bluberry jepang) termasuk *Tricholomata* sp. Sedangkan famili *Agaricaceae* terdapat 1 spesies yang terdeteksi yaitu *Agarica* sp. Khairani (2022) menyebutkan dalam hasil

penelitiannya famili *Agaricaceae* berasosiasi dengan beberapa jenis meranti. Kayu Bawang merupakan salah satu jenis pohon dengan tipe biji *Angiospermae* yang perakarannya berasosiasi dengan ektomikoriza dari ordo *Agaricales*, filum *Basidiomycota*.

4.5.3 Pohon Filogeni

Pohon filogeni merupakan diagram cabang yang menunjukkan hubungan evolusi antara berbagai jenis atau spesies makhluk hidup berdasarkan kemiripan dan perbedaan karakteristik fisik serta genetik mereka. Sindiya *et al.* (2018) menyebutkan filogenetik merupakan klasifikasi secara taksonomi berdasarkan sejarah evolusi suatu organisme dan bertujuan untuk menentukan filogeni dari organisme berdasarkan karakteristiknya. Analisis filogenetik dapat mengikuti perubahan yang terjadi pada suatu spesies yang sangat berkaitan dengan evolusi. Dharmayanti (2011) menyebutkan bahwa hubungan cabang pada diagram filogeni menggambarkan tingkat di mana sekuen yang berbeda saling berhubungan. Sekuen yang memiliki tingkat kemiripan tinggi akan terletak pada satu cabang. Sedangkan sekuen yang tingkat kemiripannya rendah akan terletak pada cabang yang berbeda.



Gambar 6. Rekonstruksi Pohon Filogenetik Sekuen Mikoriza Terdeteksi di GenBank NCBI yang Direkonstruksi Menggunakan Model K2P Bootstrap 1000 Kali

Keterangan : ● Sampel Tanaman Inang ■ Spesies Mikoriza Terdeteksi

Berdasarkan hasil rekontruksi pohon filogeni yang ditunjukkan pada Gambar 6, nilai bootstrap spesies yang telah terdeteksi berkisar pada angka 19-100 %. Menurut Osawa, *et al* (2004) dalam Utama (2020) dapat dikategorikan stabil apabila nilai bootstrap di atas 95 % dan dikategorikan tidak stabil apabila nilai bootstrap di bawah 70 %. Jarak genetik yang jauh antara spesies fungi mikoriza yang terdeteksi dengan sampel tanaman inang menunjukkan adanya gap yang menandakan perbedaan spesies. Sekuen fungi mikoriza yang berada pada cabang yang berdekatan menunjukkan bahwa sekuen tersebut memiliki tingkat kekerabatan yang tinggi, diantaranya adalah *Tricholomata* sp. dan *Agarica* sp. yang memiliki nilai bootstrap 98 %. Sekuen mikoriza *Psathyrella* sp. dan *Mycena* sp. juga berada pada percabangan yang berdekatan dengan nilai bootstrap 98 %. Sekuen fungi mikoriza lain yang berdekatan yaitu *Filoboletus manipularis* dan *Favolaschia manipularis* dengan nilai bootstrap 92. Hasil rekontruksi pohon filogeni menunjukkan bahwa setiap sekuen fungi mikoriza yang terdeteksi memiliki hubungan kekerabatan. Hal ini selaras dengan hasil identifikasi BOLD system yang menunjukkan semua sekuen fungi mikoriza berasal dari 1 ordo *Agaricales*, filum *Basidiomycota*.

4.5.4 Morfologi Fungi Mikoriza yang Terdeteksi

Fungi mikoriza yang berhasil diidentifikasi pada penelitian ini berjumlah 10 jenis spesies, terdiri dari 4 famili yang semuanya termasuk kedalam filum *Basidiomycota*. Deskripsi karakteristik morfologi mikoriza yang teridentifikasi disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik morfologi mikoriza yang teridentifikasi

No.	Jenis Mikoriza teridentifikasi	Deskripsi
1.		<i>Psathyrella</i> sp. merupakan fungi <i>agaric</i> dari keluarga <i>Psathyrellaceae</i> . Fungi ini berspora gelap yang umumnya memiliki tubuh buah yang agak lunak dan rapuh, dan dicirikan oleh cetakan spora hitam, coklat tua, agak kemerahan atau bahkan berwarna pastel.

Psathyrella sp.

2.

*Mycena sp.*

Mycena sp. merupakan fungi dari keluarga *Mycenaceae* yang merupakan bagian dari fungi saprotrofik kecil yang lebarnya jarang lebih dari beberapa sentimeter. Mereka dicirikan dengan cetakan spora putih, topi kecil berbentuk kerucut, dan batang tipis yang rapuh. Sebagian besar berwarna abu abu atau coklat, tetapi beberapa jenis memiliki warna yang lebih cerah.

3.

*Filoboletus manipularis*

Filoboletus manipularis merupakan fungi dari keluarga *Mycenaceae* yang merupakan bagian dari fungi *Agaric*. Fungi ini banyak ditemukan di Australia, Malaysia, dan pulau pulau Pasifik. Miselium dan tubuh buah fungi ini bersifat *bioluminescent*.

4.

*Mycena amicta*

Mycena amicta merupakan fungi dari keluarga *Mycenaceae*. Fungi ini sering dikenal juga sebagai fungi topi dingin, memiliki topi dengan cetakan spora berwarna putih dan puncak topinya berwarna coklat muda dengan batang buah yang kecil dan rapuh.

5.

*Tricholomata sp.*

Tricholomata sp. merupakan spesies fungi *Agaric* yang merupakan bagian dari keluarga *Tricholomataceae*. Fungi ini memiliki topi cukup lebar dengan warna coklat kemerahan, bagian bawah topi berwarna putih, dengan batang buah berukuran besar.

6.

*Agarica sp.*

Agarica sp. merupakan bagian dari fungi *Basidiomycota* yang termasuk ke dalam keluarga *Agaricaceae*. Fungi ini memiliki cetakan spora berwarna gelap, di bagian bawah topi berwarna kecoklatan, dengan batang buah berukuran sedang.

7.

*Mycena pura*

Mycena pura merupakan spesies fungi dari keluarga *Mycenaceae*, umumnya dikenal sebagai Lilac Bonnet. Pertama kali disebut dengan *Agaricus prunus* oleh Christian Hendrik Persoon pada tahun 1794. Fungi ini memiliki topi dengan warna lilac atau ungu muda dengan batang buah berukuran sedang. *Mycena pura* juga diketahui memiliki fungsi sebagai bioakumulasi unsur boron.

8.

*Mycena rosea*

Mycena rosea merupakan spesies fungi dari keluarga *Mycenaceae*, pada umumnya fungi ini dikenal dengan sebutan Topi Merah. Pertama kali diberi nama *Agaricus roseus* oleh Heinrich Friedrich Schumacher pada tahun 1803. Fungi ini memiliki topi berwarna ungu kemerahan, dengan batang buah berukuran besar.

9.

*Mycena citrinomarginata*

Mycena citrinomarginata merupakan spesies fungi dari keluarga *Mycenaceae*. Fungi ini memiliki topi berwarna keabu-abuan berbentuk kerucut yang berdiameter hingga sekitar 3 cm, dan memiliki batang buah yang tipis dan rapuh, batang buah fungi ini dapat memanjang hingga sekitar 5 cm.

10.

Favolaschia manipularis merupakan spesies fungi *Agaric* dari keliarga *Mycenaceae*. Fungi jenis ini memiliki kekerabatan yang sangat dekat dengan *Filoboletus manipularis*, fungi ini juga banyak ditemukan di Australia, Malaysia, dan pulau pulau Pasifik. Miselium dan tubuh buah fungi ini juga bersifat *bioluminescent*.

Favolaschia manipularis

Sumber: Software ShroomID.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, terdapat 10 spesies fungi mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman kayu bawang (*Azadirachta excelsa* Jacobs) yang berasal dari 4 famili, yaitu 7 spesies dari famili *Mycenaceae* diantaranya *Mycena sp*, *Filoboletus manipularis*, *Mycena amicta*, *Mycena pura*, *Mycena rosea*, *Mycena citrinomarginata*, *Favolaschia manipularis*, 1 spesies dari famili *Psathyrellaceae* yaitu *Psathyrella sp*, 1 spesies dari famili *Tricholomataceae* yaitu *Tricholomataceae sp*, dan 1 spesies dari famili *Agaricaceae* yaitu *Agaricales sp*, kesemua spesies ini merupakan bagian dari ordo *Agaricales*, kelas *Agaricomycetes* dari filum *Basidiomycota*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran untuk para pembaca :

1. Perlu dilakukan penelitian keanekaragaman mikoriza lanjutan yang berasosiasi dengan perakaran kayu bawang dengan menggunakan sampel yang berasal dari berbagai habitat supaya memperoleh tingkat keanekaragaman mikoriza yang lebih akurat.
2. Metode penelitian secara biomolekular sangat disarankan menjadi metode utama dalam penelitian keanekaragaman spesies fungi mikoriza.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, I. dan B.H. Simanjuntak. 2018. Penilaian status kesuburan tanah dan pengelolaannya, di Kecamatan Karanggede, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Prosiding Konser Karya Ilmiah Tingkat Nasional Tahun 2018. Fakultas Pertanian & Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana, Kota Salatiga, Jawa Tengah, 13 September 2018.
- Alamsjah, F. dan D.E.F. Husin. 2010. Keberagaman fungi ektomikoriza di rhizosfer tanaman meranti (*Shorea sp.*) di Sumatera Barat. *Jurnal Biospectrum* 6 (3):155-160.
- Albert, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K. dan P. Walter 2014. *Molecular biology of the cell*, sixth edition. Garland Science 1-10. ISBN 978-1-317-56375-4.
- Anwar, G. 2016. Structure and composition of arbuscular mycorrhizal community on thuja occidentalis roots in peatland, mesic upland, and mine tailing habitat types. Dissertations. Michigan Technological University, Amerika Serikat.
- Atawodi, S.E. dan J.C. Atawodi. 2009. *Azadirachta indica* (neem): a plant of multiple biological and pharmacological activities. *Journal Phytochem Rev* 2009 (8): 601-620. doi 10.1007/s11101-009-9144-6.
- Baba, T., Hirose, D., Sasaki, N., Watanabe, N., Kobayashi, N., Kurashige, Y., Karimi, F. dan T. Ban. 2016. Mycorrhizal formation and diversity of endophytic fungi in hair roots of *Vaccinium oldhamii* (Miq) in Japan. *Microbes Environ* 31 (2):186-189. doi:10.1264/jsme2.ME16011.
- Basri, A.H.H. 2018. Kajian peranan mikoriza dalam bidang pertanian. *Agrica Ekstensia* 12 (2): 74-78.
- Bucking, H., Liepold, E. dan P. Ambilwade. 2012. The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanism underlying these transport processes. *Plant Science* (4): 107-137. doi: 10.5772/52570.
- Cahyani, N.K.M.D., Nurhatika, S. dan A. Muhibuddin. 2014. Eksplorasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) indigenous pada tanah aluvial di Kabupaten Pamekasan Madura. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 3 (1): 2337-3520.
- Corryanti, Frida, E.A. dan D. Utomo. 2015. Kebun ektomikoriza: sumber badan buah fungi ektomikoriza. Puslitbang Perum Perhutani. Jawa Tengah.
- Darwo dan Sugiarti. 2008. Beberapa jenis cendawan ektomikoriza Di Kawasan Hutan Sipirok, Tongkoh dan Aek Nauli, Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian dan Konservasi Alam* 5 (2): 157-173.
- Dharmayanti, N.L.P.I. 2011. Filogenetika molekuler: metode taksonomi organisme berdasarkan sejarah evolusi. *Wartazoa* 21 (1): 1-10.
- Depari, E.K. 2011. Pengetahuan lokal budidaya kayu bawang (*Dysoxylum mollissimum* Blume) di Kabupaten Bengkulu Utara. *Jurnal Agriculture* 21 (2): 839-854.
- Dinas Kehutanan Provinsi Bengkulu. 2003. Budidaya tanaman kayu bawang (*Dysoxylum mollissimum* Blume). Dinas Kehutanan Provinsi Bengkulu. Bengkulu.

- Gandjar, I., Sjamsuridzal, W. dan R. Oetari. 2006. Mikologi dasar dan terapan. Penerbit Obor. Jakarta.
- Gibbs, R.A. 1990. DNA amplification by the polymerase chain reaction. *Analytical Chemistry* 62 (13): 1202-1214.
- Habte. 2009. Plant nutrient management in Hawaii's soils approaches for tropical and subtropical agriculture. *Tropical agriculture and human resource*. University of Hawaii.
- Hiola, F. (2011). Keanekaragaman fungi *Basidiomycota* di kawasan Gunung Bawakaraeng (studi kasus: kawasan sekitar Desa Lembanna Kecamatan Tinggi Moncong Kabupaten Gowa). *Bionature* 12 (2): 94-100.
- Hunt, G. 1991. Ectomycorrhizal fungi in British Columbia in Container Nurseries. *Forestry Canada*. Canada.
- Istiawan, N.D. dan D. Kastono. 2019. Pengaruh ketinggian tempat tumbuh terhadap hasil dan kualitas minyak cengkih (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.) di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo. *Vegetalika* 8 (1): 27-41.
- Izati, N., Sugiyarto dan T. Purwoko. 2020. Diversity and distribution of macrofungi in pine forest and mixed forest in Mount Merbabu National Park. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 935. doi:10.1088/1757-899X/935/1/012030.
- Jhon, T. 2000. *The Instan Expert Guide to Mycorrhiza: The connection for functional ecosystem*. Chalifornia.
- Khairani, M. 2022. Meta-analisis keanekaragaman jenis jamur ektomikoriza di Indonesia. *STKIP Asy-Syafi'iyah Internasional Medan. Jurnal JP2S* 1 (2): 6-21.
- Krishna, D. dan H.K. Sachan. 2016. Effect of mycorrhizal colonization on addition of zinc and cadmium levels in *Eleusine Coracana* L. *International Journal of Applied and Natural Sciences (IJANS)* 17 (1): 1-4.
- Kurnia, S.H., Larekeng dan Gusmiaty. 2019. Identifikasi dan karakterisasi mikoriza pada tegakan nyatoh (*Palaquium* sp.). *Jurnal Perennial* 15 (1): 51-57.
- Lee, S.B. and J.W. Taylor. 1990. *Isolation of DNA from fungal mycelia and single spores*. Academic Press, Inc. San Diego.
- Li, Q., Ding, G., Li, B. dan S.X. Guo. 2017. Transcriptome analysis of genes involved in Dendrobine Biosynthesis in *Dendrobium nobile* (Lindl.) infected with mycorrhizal fungus MF23 (*Mycena* sp.). *Scientific Reports*. 7 (1): 316. DOI:10.1038/s41598-017-00445-9.
- Mustinkaweni, A.M. 2017. Penentuan model klasifikasi dan kandungan fitokimia ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) di Madura, Jember, dan Malang menggunakan metode nir dan kemometrik. Skripsi. Fakultas Farmasi. Universitas Jember. Jember. Jawa Timur. Tidak dipublikasikan.
- Nusantara, A.D., Bertham, Y.H. dan I. Mansur. 2012. Bekerja dengan fungi mikoriza arbuskula. *Bogor (ID): Seameo Biotrop* 4-13.
- Nuriyatin, N., Apriyanto, E., Satriya, N. dan Saprinurdin. 2003. Ketahanan lima jenis kayu berdasarkan posisi kayu di pohon terhadap serangan rayap. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 5 (2): 77-82.
- Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. dan Jackson, R.B.

2011. Campbell biology (9th ed.). Boston: Pearson. Amerika.
- Rina, A., Rahmi, A., Yanti, A.R. dan M. Hidayat. 2020. Jenis fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada berbagai pohon Kawasan Glee Nipah Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020 8 (1): 161-167. ISBN: 978-602-70648-2-9.
- Setiadi, Y., Mansur, I. dan S.W. Budi. 1992. Petunjuk laboratorium mikrobiologi tanah hutan. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Pusat antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor.
- Sindiya, V., Mukarramah, L., Rohimah, S., Perwitasari, D.A.G., dan M. Su'udi. 2018. Studi in silico potensi DNA barcode pada anggrek langka *Paphiopedilum*. Biosfer, J.Bio. & Pend.Bio 3 (1): 20-26. e-ISSN: 2549-0486.
- Smith, S.E. dan D.J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3rd edition. New York: Academic Press. New York.
- Sosef, H. dan Prawirohatmodjo. 1998. PROSEA 5 (3) Timber trees lesser known timbers. Bogor: PROSEA Foundation. Bogor.
- Sub Balai RLKT Ketahun. 1997. Teknik budidaya kayu bawang. Bengkulu: Sub Balai RLKT Ketahun. Bengkulu.
- Sudarmo, S. dan S. Mulyaningsih. 2014. Mudah membuat pestisida nabati ampuh. Jakarta: Agromedia. Jakarta.
- Sudarsono, Gunawan, D., Wahyuono, S., Donatus, A.I. dan Purnomo. 2002. Tumbuhan obat II, hasil penelitian, sifat-sifat, dan penggunaan. Yogyakarta: Pusat Studi Obat Tradisional UGM. Yogyakarta.
- Suchbler, R.A., Schwarzott, D. dan C. Walker. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. Mycol 105 (12): 1413-1421.
- Susrianti. 2011. Pengaruh mikoriza VA dan effective microorganism-4 (EM-4) terhadap pertumbuhan semai Kayu Bawang (*Protium javanicum* Burm.F) pada media tanah bekas tambang batu bara. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu. Tidak Dipublikasikan.
- Sutariati, G.A.K., Kharruni, A. dan Muhidin. 2014. Biofertilizer: solusi teknologi pengembangan lahan sub optimal. Kendari (ID): Unhalu Press. Sulawesi Tenggara.
- Tahat, M.M., Kamaruzaman, S. dan R. Otham. 2010. Mycorrhizal fungi as biocontrol agent. Plant Pathology Journal 9 (4): 198-207.
- Taylor, D.L., Walters, W.A., Lennon, N.J., James, B., Krohn, A., Caporaso, J.G. dan T. Pennanen. 2016. Accurate estimation of fungal diversity and abundance through improved lineage-specific primers optimized for illumina amplicon sequencing. American Society for Microbiology. Amerika.
- Triharto, S., Musa, L. dan G. Sitanggang. 2014. Survei dan pemetaan unsur hara N, P, K, dan pH tanah pada lahan sawah tadah hujan di Desa Durian Kecamatan Pantai Labu. Jurnal Online Agroekoteknologi 2 (3). ISSN No. 2337-6597.
- Turjaman, M., Faulina, S.A., Aryanto, Najmulah, Yani, A. dan A. Hidayat. 2019. Isolasi, identifikasi dan pemanfaatan fungi yang berasosiasi dengan *Tristaniopsis obovata*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam 16 (1): 73-90.
- Utama, A.F. 2020. DNA barcode burung kacamata topi hitam (*Zosterops atricapilla*)

- berdasarkan gen CO1 DNA mitokondria. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Bengkulu, Bengkulu. Tidak dipublikasikan
- Wilson, A.W., Hobbie, E.A. dan D.S. Hibbett. 2007. The ectomycorrhizal status of *Calostoma cinnabarinum* determined using isotopic, molecular, and morphological methods. *Can J Bot-Rev* 85 (4): 385-393.
- Winnacker, E.L. 1987. From genes to clones. Introduction to gene technology. VCH, Weinheim.
- Yuwono, T. 2006. Teori dan Aplikasi Polymerase Chain Reaction. Andi. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 2. Data Hasil Uji Kandungan Unsur Hara dari Laboratorium Limu Tanah, Fakultas Pertanian



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BENGKULU FAKULTAS PERTANIAN

LABORATORIUM ILMU TANAH

Jl. WR. Supratman Bengkulu phone (0736)21170 ext.218

No.Reg/Tgl. : 22/11/2021
Pengirim : Cimbyo L.K
Jumlah Contoh : 9
Jenis contoh : Sampel Tanah
Kode Lab : -

Kode Lab	Kode Sampel	C	N	P	K	pH
		(%)		(ppm)	(me/100 g)	
268	Kertapati KB 7 U.1 ✓	3.99	0.32	5.49	0.29	4.5
269	Kertapati KB 9 U.1	4.53	0.29	9.07	0.35	5.2
270	PAL 8 KB 8 U.1	4.61	0.27	3.43	0.31	4.9
271	Kertapati KB 7 U.2 ✓	4.20	0.31	4.78	0.31	4.7
272	Kertapati KB 9 U.2	4.33	0.36	11.07	0.37	5.1
273	PAL 8 KB 8 U.2	6.30	0.32	4.76	0.24	4.6
475	Kertapati KB 7 TH U.3 ✓	2.02	0.25	7.98	0.27	5.0
476	Kertapati KB 9TH U.3	2.42	0.30	7.84	0.35	4.6
477	PAL KB 8 TH U.3	6.20	0.41	6.12	0.30	4.7

Bengkulu, Februari 2022

An. Ketua,

Suyono, SP

NIP.19670615 200501 1 019

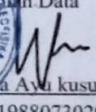
Lampiran 3. Data Intensitas Curah Hujan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Bengkulu

 **BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
PELAYANAN TERPADU SATU PINTU BMKG
BENGKULU**
Jl. Raya Padangkemiling Bengkulu 38213 - No. Telp (0736) 51064 - Fax (0736) 51614
Po Box 1051 - email : ptspbmgkbengkulu@gmail.com

Nomor : KT.0401/048/PTSPB/VI/2022 Bengkulu, 03 Juni 2022
Lampiran : 1 Berkas
Hal : Data Curah Hujan Bulanan Desa Kertapati dan
Desa Pal Delapan Tahun Januari 2021 s/d Maret 2022.

Yth. Mexy Indrawan
di
Tempat

1. Berdasarkan surat saudara Nomor: 221/UN30.11.6/KM/2022 tanggal 13 April 2022 perihal Permohonan tariff nol rupiah untuk pengambilan data curah hujan, temperature dan kelembaban harian selama 1 tahun, maka bersama ini kami sampaikan data curah hujan bulanan Desa Kertapati, Kecamatan Air Besi. Bengkulu Utara dan desa Pal Delapan Kecamatan Bermani Unlu Raya Rejang Lebong dari Bulan Januari 2021 – Januari 2022
2. Demikian informasi yang dapat kami berikan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

A.n. Koordinator Pelayanan Terpadu Satu Pintu
BMKG Bengkulu
Pengelola Data

Winda Ayu kusumawati, S.Si, M.Ling
NIP. 198807302010122001



DATA CURAH HUJAN BULANAN (MILIMETER)

Nama Propinsi : BENGKULU
Nama Kabupaten : BENGKULU UTARA
Nama Stasiun : TANJUNG AGUNG PALIK

Lintang : 03° 33' 37.7" LS
Bujur : 102° 08' 13.2" BT
Tinggi : 78 m

Tahun : 2021 Sd Tahun : 2022

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov
2021	260	315	343	188	465	390	433	403	449	527	173
2022	271										

Des
186

DATA CURAH HUJAN BULANAN (MILIMETER)

Nama Propinsi : BENGKULU
Nama Kabupaten : REJANG LEBONG
Nama Stasiun : PAL 8

Lintang : 03° 22' 43.3" LS
Bujur : 102° 28' 12.0" BT
Tinggi : 986 m

Tahun : 2021 Sd Tahun : 2022

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov
2021	237	179	286	206	261	287	228	132	394	344	181
2022	286										

Des
273

Lampiran 4. Tabel Deduksi DNA Sekuen Mikoriza Terdeteksi

No.	Nama spesies	DNA Code
1.	<i>Psathyrella</i> sp.	GCTTCAGCCTATAAAAACATACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCGCATGATGAAGAACGCA GCGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAG TGAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCT CCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGT GTCATTA AATTCTCAACCTCTCTAGTTTGACTAG TTGGCTTGGATTTGGGAGTTTTTTGCAGGCTTTC ACAAGTCAGCTCTCCTTAAATGTATTAGCCGGT GC
2.	<i>Mycena</i> sp.	GCTTCGGCCTATAAACATATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCGCATGATGAAGAACGCA GCGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAG TGAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCT CCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGT GTCATTA AATTCTCAACCTCTCTAGTTTGACTAG TTGGCTTGGATTTGGGAGTTTTTTGCAGGCTTTC ACAAGTCAGCTCTCCTTAAATGTATTAGCCGGT GC
3.	<i>Filoboletus manipularis</i>	CGCTTGGTCGTTAAACCTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCTATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTATCAACCTTAAAGACTTGTCTTC AAGGCTTGGATGTGAGGGCTTGCTGGCTTCCTT CAGTGGTCTGCTCCCTTTAAATGCATTAGTGGG ATC
4.	<i>Mycena amicta</i>	TTGACTGTCAGTAAACTTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCCATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTCTCAACCTTGAACCAGTGACTGG GAGGCTTGGATGTGAGGGCTTGCTGGCTTCCTT CAGTGGTCTGCTCCCTTTAAATGCATTAGTGGG ATC
5.	<i>Tricholomata</i> sp.	TTCTTGGTCAGTAAACTTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCCATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTCTCAACCTTGA AAGGCTGTCTTTT TGGCTTGGATGTGAGGGTTTGCTGGCTTCCTTC AGTGGTCTGCTCCCTTTAAAAGCATTAGTGGGA TC
6.	<i>Agarica</i> sp.	TTCTTGGTCAGTAAACTTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCCATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT

		GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTCTCAACCTTGAAAGACTGTCTTTT TGGCTTGGATGTGAGGGTTTGCTGGCTTCCTTC AGTGGTCTGCTCCCTTTAAATGCATTAGTGAGA TC
7.	<i>Mycena pura</i>	ACCTTGGTCAGTAAATCAATACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCCATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTCTCAACCTTGCAAGCTTTTTGCTA AGGCTTGGATGTGAGGGCTTGCTGGCTTCCTTC ATTGGTCTGCTCCCTTAAATTCATTAGTGGGGA TC
8.	<i>Mycena rosea</i>	TTGACTGTCAGTAAATCTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCCATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTCTCAACCTTGCAAGCTTGCTTGTG AGGCTTGGATGTGAGGGTTTGCTGGCTTCCTTC ATTGGTCTGCTCCCTTTAAATTTATTAGTGGGAT C
9.	<i>Mycena citrinomarginata</i>	TGCTTGGTCATTAAACCTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCTATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTATCAACCTTGCTCGCTTGGCTTGA AGGCTTGGATGTGAGGGTTTGCTGGCTTCCTTC AGTGGTCTGCTCCCTTTAAATGCATTAGTGGGGA TC
10.	<i>Favolaschia manipularis</i>	CGCTTGGTCGTTAAACCTATAACAACCTTTCAGCA ACGGATCTGGCTCTCCTATGATGAAGAACGCAG CGAATGCGATAAATGTGAATGCAGAATTCAGT GAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCC TTTGGTATTCCGAAGGGCATGCCTGTTTGAGTG TCATTA AATTATCAACCTTAAAGACTTGTCTTC AAGGCTTGGATGTGAGGGCTTGCTGGCTTCCTT CAGTGGTCTGCTCCCTTTAAATGCATTAGTGGG ATC

Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Sampel Akar





Lampiran 6. Dokumentasi Pengukuran Pohon Inang Mikoriza



Lampiran 7. Dokumentasi Pengukuran Faktor Lingkungan



Lampiran 8. Dokumentasi Identifikasi Mikoriza Menggunakan Metode Molekular

