

**IDENTIFIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA TANAMAN
KOPI ROBUSTA (*Coffea chanepora*) DAN KOPI ARABIKA(*Coffea
arabica*) DESA ARUL ITEM KABUPATEN ACEH TENGAH
SEBAGAI REFERENSI MATA KULIAH MIKOLOGI**

SKRIPSI

Diajukan oleh

ULFA FEBRIANI UTAMI

NIM. 160207166

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
2021 M/1442 H**

**IDENTIFIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA AKAR
TANAMAN KOPI ROBUSTA (*Coffea chanepora*) DAN KOPI
ARABIKA (*Coffea arabica*) DESA ARUL ITEM SEBAGAI
REFERENSI MATA KULIAH MIKOLOGI**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darusalam Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Dalam Ilmu Pendidikan Biologi

OLEH:

Ulfa Febriani Utami

NIM. 160207166

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Eva Nauli Taib, S.Pd, M.Pd
NIP. 198204232011012010



Zuraidah, M.Si
NIP. 197704012006042002

**IDENTIFIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA TANAMAN
KOPI ROBUSTA (*Coffea chanepora*) DAN KOPI ARABIKA (*Coffea arabica*)
DESA ARUL ITEM KABUPATEN ACEH TENGAH SEBAGAI
REFERENSI MATA KULIAH MIKOLOGI**

SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Progam Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Pendidikan Biologi

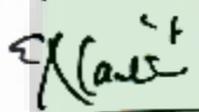
Pada Hari/Tanggal:

Jum'at, 16 Juli 2021
06 Zulhijah 1442 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


Eva Nauli Taib, M.Pd
NIP. 198204232011012010

Syahrul Rahmanda, S.Pd
NIP. -

Penguji I

Penguji II,

Zuraidah, M.Si
NIP. 197704012006042002


Muslich Hidayat, M.Si
NIP. 197903022008011008

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam-Banda Aceh




Dr. Nislim Razali, SH., M. Ag
NIP. 198903091989031001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ulfa Febriani Utami

NIM : 160207166

Prodi : Pendidikan Biologi

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : Penerapan Model pembelajaran *Make a match* dan Media Gambar Materi Sistem Peredaran Darah Pada manusia Di SMPN 2 Pasie Raja

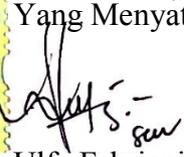
Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkannya dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggung jawabkan atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi terhadap aturan yang berlaku di Fakultas tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.



Banda Aceh, 22 Juli 2021
Yang Menyatakan,


Ulfa Febriani Utami

ABSTRAK

Fungi Mikoriza Arbuskular merupakan salah satu kelompok Mikoriza yang berasosiasi dengan sistem perakaran tumbuhan. Salah satu bentuk simbiosis fungi (cendawan) dengan tumbuhan tingkat tinggi yaitu Mikoriza, dimana 90% suku tumbuhan memiliki asosiasi simbiotik dengan Mikoriza. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada akar Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) dan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah serta dapat dijadikan sebagai referensi tambahan dalam mata kuliah mikologi. Penelitian ini menggunakan metode dan teknik *Purposive sampling*. Metode penentuan sampel dilakukan secara *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel disesuaikan dengan kriteria panjang batang, diameter batang dan percabangan pada batang. Tempat dan waktu penelitian dilaksanakan di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah. Data yang diperoleh dari hasil penelitian fungi Mikoriza arbuskular pada tanaman kopi Robusta (*Coffea chanepora*) didapatkan *Acaulospora combiana*, *Glomus aurantium*, *Glomus ambisforum*, *Glomus clavisforum*, *Glomus diserticola*, *Glomus* sp. *Sclerocytis* sp. Data spesies fungi Mikoriza arbuskular pada tanaman kopi Arabika (*Coffea arabica*) *Acaulospora denticulata*, *Glomus canadense*, *Glomus diserticola*, *Glomus multicaule*, *Glomus* sp. *Gigaspora* sp. dan *Scutellospora* sp. Uji kelayakan buku elektronik (*e-book*) terhadap ahli materi dan ahli media menunjukkan hasil 90% dengan kriteria sangat layak direkomendasikan sebagai sumber belajar pada perkuliahan mikologi. Respon mahasiswa menunjukkan hasil 96,6% dengan kategori sangat positif dan *e-book*.

Kata Kunci : *Fungi Mikoriza Arbuskular, Tanaman Kopi Robusta (Coffea chanepora), Kopi Arabika (Coffea arabica), Aceh Tengah, Mikologi, Uji Kelayakan, Respon Mahasiswa.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'Alamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkah dan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) dan Arabika" (*Coffea arabica*) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari program studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Syalawat dan salam ter lanturkan kepada kekasih Allah yaitu Nabi Besar Muhammad SAW, semoga Rahmat dan Hidayah Allah diberikan kepada sanak saudara dan para sahabat serta seluruh muslimin sekalian.

Selama proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai kesulitan, dan hambatan mulai dari proses mengidentifikasi sampel, sumber referensi yang masih kurang, sampai pengolahan data maupun proses penulisan. Namun dengan penuh semangat dan kerja keras serta ketekunan sebagai mahasiswa, alhamdulillah akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Hal tersebut tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah membantu, memberi kritik dan saran yang telah bermanfaat dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini.

Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Dr. Muslim Razali, Sh., Ag selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

2. Bapak Samsul Kamal, M. Pd selaku Ketua Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Ibu Eva Nauli Taib, S.Pd.M.Pd selaku penasihat Akademik serta Pembimbing I yang tidak henti-hentinya memberikan bantuan, ide, nasehat, material, bimbingan dan saran sehingga menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Zuraidah, M.Si selaku pembimbing II yang tidak henti-hentinya memberikan bantuan, ide, nasehat, material, bimbingan dan saran, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Terima kasih kepada staf Prodi Pendidikan Biologi beserta semua dosen, dan asisten yang telah mengajarkan dan membantu dalam membekali ilmu dari semester pertama hingga semester akhir.
6. Terima kasih juga kepada sahabat-sahabat yang selama ini selalu ada dalam membantu dan memberi semangat kepada penulis, serta terima kasih untuk seluruh pihak yang ikut serta membantu dan memberi dukungan.
7. Teruntuk teman-teman angkatan 2016 dan tak terlupakan untuk sahabat yang telah membantu saya, Varah Ulya Febriana, Talitha Zakia, Sarah Sakira Bancin, Feby Tifani Pratiwi, Ainul Maghfirah, Kintan Reskyna, Laras Safrida, Yulida Lase, Wildan Muharrir dan Rizal Ayubi.
8. Teristimewa untuk kedua orang tua tercinta, Ayahanda armianto dan Ibunda rahmidawati atas segala pengorbanan yang ikhlas dan kasih sayang yang telah dicurahkan sepanjang hidup penulis. Kepada saudara tercinta Wien Alpin Selian, Wara Maulana, dan, serta Paman Ardiansyah, dan Bibi Emi Linggawani yang selama ini telah mencurahkan waktu dan tenangnya

untuk memberi nasehat, motivasi serta dukungan dan menjadi penyemangat selama menempuh pendidikan ini hingga menyelesaikan tulisan ini.

Semoga segala kebaikan dibalas oleh Allah dengan kebaikan yang berlipat ganda, penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kesalahan dan kekhilafan yang pernah penulis lakukan. Penulis juga mengharapkan saran dan komentar yang dapat dijadikan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini. Semoga apa yang disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Dan semoga segalanya dapat berberkah serta bernilai ibadah di sisi-Nya. Aamiin Yarabbal'Alaamiin.

Banda Aceh, 10 Juli 2021
Penulis,

Ulfa Febriani Utami



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
SURAT PENGESAHAN KEASLIAN	vi
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	10
E. Definisi Operasional.....	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	13
A. Pengertian Mikoriza	13
B. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	17
C. Faktor yang Mempengaruhi Infeksi Mikoriza	18
D. Genus Spora Mikoriza.....	26
E. Biofertilizer Fungi.....	32
G. Referensi	39
BAB III METODE PENELITIAN	44
A. Rancangan Penelitian.....	44
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	44
C. Populasi dan Sampel	45
D. Prosedur Penelitian.....	46
E. Parameter Penelitian.....	49
F. Instrumen Pengumpulan Data.....	50
G. Teknik Analisis Data.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
A. Hasil Penelitian	54
B. Pembahasan.....	78
BAB V PENUTUP	89
A. Kesimpulan	89
B. Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spora <i>Glomulus</i>	27
Gambar 2.2	Spora <i>Paraglomus</i>	27
Gambar 2.3	Spora <i>Gigaspora</i>	28
Gambar 2.4	Spora <i>Scutellospora</i>	29
Gambar 2.5	Spora <i>Acaulospora</i>	29
Gambar 2.6	Spora <i>Entrophospora</i>	30
Gambar 2.7	Morfologi Pohon Kopi	37
Gambar 2.8	Morfologi Pohon Tanaman Kopi Arabika.....	38
Gambar 2.9	Morfologi Tanaman Kopi Robusta.....	39
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	46
Gambar 4. 1	<i>Glomus clavisforum</i>	58
Gambar 4. 2	<i>Glomus aurantium</i>	59
Gambar 4.3	<i>Glomus diserticola</i>	60
Gambar 4.4	<i>Glomus ambisporum</i>	61
Gambar 4.5	<i>Glomus</i> sp.	62
Gambar 4.6	<i>Acaulospora</i> sp.	64
Gambar 4.7	<i>Sclerocystis</i> sp.	65
Gambar 4.8	<i>Acaulospora combiana</i>	66
Gambar 4.9	<i>Glomus diserticola</i>	67
Gambar 4.10	<i>Glomus multicaule</i>	68
Gambar 4.11	<i>Glomus canadense</i>	69
Gambar 4.12	<i>Glomus</i> sp	70
Gambar 4.13	<i>Acaulospora denticulata</i>	71
Gambar 4.14	<i>Gigaspora</i> sp.	72
Gambar 4.15	<i>Scutellospora</i> sp	73
Gambar 4.16	Cover <i>E-book</i>	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe dan Karakteristik Morfologi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman <i>Avicennia</i> sp.....	31
Tabel 3.1	Alat dan Bahan yang digunakan dalam peneltian Fungi Mikoriza Arbuskula yang terdapat pada tanaman kopi Arabika dan Robusta.....	47
Tabel 3.2	Alat dan Bahan yang digunakan dalam peneltian Fungi Mikoriza Arbuskula yang terdapat pada tanaman kopi.....	47
Tabel 3.3	Kriteria penilaian validasi	54
Tabel 4.1	Jenis Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Robusta dan Arabika Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah.....	55
Tabel 4.2	Jenis Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Robusta (<i>Coffea chanepora</i>) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah.....	56
Tabel 4.3	Jenis Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Arabika Desa Arul item Kabupaten Aceh Tengah.....	57
Tabel 4.4	Parameter Faktor fisika-kimia pada Tanaman Kopi Robusta (<i>Coffea chanepora</i>)	73
Tabel 4.5	Parameter Faktor fisika-kimia pada Tanaman Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>).....	73
Tabel 4.6	Uji Kelayakan Materi <i>E-book</i> Mata Kuliah Mikologi	75
Tabel 4.7	Uji Kelayakan Media <i>e-book</i> Mata Kuliah Mikologi.....	76
Tabel 4.8	Respon Mahasiswa Media Buku Elektronik (<i>e-book</i>) Mikologi.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan.....	95
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian.....	96
Lampiran 3 Surat Selesai Penelitian	97
Lampiran 4 Lembar Validasi Produk Hasil Penelitian <i>Ebook</i>	98
Lampiran 5 Angket Respon Mahasiswa	104
Lampiran 6 Dokumentasi Kegiatan Penelitian	106



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Mikologi berasal dari bahasa Yunani *mykes* = jamur dan *logos* = ilmu. Mikologi merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang jamur (fungi).¹ Mikologi salah satu mata kuliah yang dipelajari pada Semester Ganjil yaitu VII. Mata Kuliah Mikologi terdiri dari kredit 2 (1) SKS teori dan satu SKS Praktikum, dimana mata kuliah ini memiliki bidang kajian yaitu Mikoriza.² Mikoriza merupakan organisme yang tersebar luas di alam karena mudah tumbuh. Terdapat lebih dari 100.000 spesies yang telah diidentifikasi dan lebih banyak lagi yang belum teridentifikasi. Salah satu bentuk simbiosis fungi (cendawan) dengan tumbuhan tingkat tinggi yaitu Mikoriza, dimana sekitar 90% suku tumbuhan memiliki asosiasi simbiotik dengan Mikoriza.³

Mikoriza adalah bagian dari sejumlah besar simbiosis antara organisme heterotrofik dan autotrofik dari karang hingga pohon. Dalam simbiosis ini salah satu bentuk yaitu karbon autotrofik yang menyediakan perbaikan senyawa karbon.⁴ Terjadinya hubungan simbiosis antara akar dan jamur (Mikoriza) telah diakui sejak 1800-an dan sampai sekarang jenis asosiasi ini adalah yang paling

¹ Ika Rochjatun Sastrahidayat, *Ilmu Jamur (Mikologi)*, (Malang:UB Press, 2011), h 1.

² Tim Revisi, “*Buku Panduan Akademik*,” (Banda Aceh:Universitas Islam Negri Ar-Raniry, 2016 : 2017) h 102.

³ Nur Hidayat, *Mikologi Industri*, (Malang :UB Press, 2016),h 1.

⁴ Ajit Varma, *Symbiotik Fungi Principles and Practice*, (New Delhi:Jawaharlal Nehru University, 1998) h 104.

umum. Asosiasi Mikoriza dapat ditemukan di semua ekosistem dan yang penting pada spesies hutan dan tanaman.⁵

Istilah Mikoriza berasal dari bahasa Yunani fungi (*mykes*) dengan perakaran (*rhiza*) tumbuhan, karenanya mikoriza sering diartikan sebagai akar jamur. Mikoriza merupakan fungi yang berasosiasi simbiotik dengan akar tanaman. Hasil temuan peneliti bahwa mikoriza ternyata juga ditemukan dalam kondisi alami dalam sistem perakaran banyak tanaman budidaya.⁶

Jamur mikoriza membentuk himpunan dengan akar tumbuhan. Jamur mendapatkan makanan dari sisa enzim pencernaan pada jaringan filamen ramping yang diambil akar dan menghisap hasil cernaan yang dapat larut. Jamur mikoriza meningkatkan pengambilan zat hara oleh akar dari daun jatuh yang membusuk, sementara itu mengambil nutrisi dari fotosintesis tumbuhan inangnya.⁷

Mikoriza adalah golongan fungi yang bersimbiosis dengan akar tanaman yang banyak berada di bumi ini. Jenis yang sering dijumpai adalah fungi mikoriza arbuskular (FMA). Jenis ini mampu bersimbiosis dengan lebih kurang 90% spesies tanaman dan terdapat lebih dari 50 spesies FMA yang termasuk dalam Phylum *Glomeromycota*. Manfaat FMA bagi tanaman inangnya adalah untuk mempermudah penyerapan unsur zat hara, meningkatkan penyerapan air,

⁵ Larry Peterson, *Mycorrhizas Anatomy and Cell Biologi*, (Ottawa:NRC Research Press, 2004) h 562.

⁶ Yohanna Annisa Indriyani, *Mikoriza dan Peranannya dalam dunia Pertanian*, (Bogor:Bogor Agricultural, 2012) h 1.

⁷ Tony Whitten, *Tetumbuhan*, (Jakarta: Grolir International, 2002) h 19.

dan juga dapat memperbaiki agregat dan struktur tanah berkat hifa yang dimiliki oleh FMA.⁸

Mikoriza terbagi menjadi dua kelompok yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza umumnya ditemukan pada daerah yang agak dingin berasosiasi dengan tanaman khusus dan semak- semak. Contohnya pohon cemara, oak, dan yang paling banyak tumbuh di hutan temperata yang tumbuh pada kondisi dingin dan biasanya mengandung ektomikoriza, yang terdiri dari komponen fungi basidiomycetes, ascomycetes, dan zygomycetes. Ektomikoriza tumbuh pada sekitar akar tanaman, terutama pada ujung akar.

Endomikoriza tidak membentuk selubung luar tetapi dalam sel-sel akar (intraseluler) dan membentuk hubungan langsung dengan tanah yang di sekitarnya. Pada Jenis Endomikoriza, jaringan hifa cendawan masuk ke dalam sel korteks akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut vesikel dan sistem percabangan hifa disebut arbuskular sehingga endomikoriza disebut juga FMA Fungi Mikoriza Arbuskular. Fungi Mikoriza Arbuskular dapat berasosiasi pada spesies tanaman tinggi golongan kopi (*Rubiaceae*).⁹

Tanaman kopi (*Coffea* sp.) tersebar di berbagai wilayah didunia, mulai dari dataran tinggi hingga dataran rendah. Perbedaan ketinggian tempat ini memberikan pengaruh pada rasa kopi yang dihasilkan. Komoditas yang merupakan salah satu tanaman subtropis ini memiliki jenis yang berbeda tempat

⁸ Schubler A and Walker C, *The Glomeromycota, A spesies cies list with new families and new genera*, (Kew:The Royal Botanic Garden Kew, 2010) h 289.

⁹ Tim Penyusun Mikologi, *Modul Praktikum Mikologi*, (Darussalam:Universitas Islam Negri Ar-raniry, 2019), h 26-27.

tumbuhnya. Jenis kopi yang banyak dibudidayakan yaitu Kopi Robusta (*Coffea robusta*) dan Kopi Arabika (*Coffea arabica*).¹⁰

Tanaman Kopi membutuhkan tanah sebagai media tumbuh baik secara kimia dan biologi yang baik. Keadaan fisik tanah yang baik dapat menjamin pertumbuhan akar tanaman yang berfungsi dalam meningkatkan penyerapan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Dalam membekali tanaman lebih mudah menyerap zat hara dan air, mikoriza mampu meningkatkan kapasitas tanaman serta dapat membantu pertumbuhan tanaman.¹¹

Di dalam Al-Qur'an, Allah SWT menyebutkan bahwa hamparan bumi dan semua yang ada di dalamnya diciptakan Allah untuk kebutuhan manusia sebagai berikut :

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ ﴿٩١﴾ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ
وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٩٢﴾

Artinya:

“ Dan kami telah menghamparkan bumi dan kami pancangkan padanya gunung-gunung serta kami tumbuhkan disana segala sesuatu menurut ukuran. (Al-Qur'an, Surat Al-Hijr Ayat 19).¹²

Penafsiran Ayat di atas menjelaskan Allah telah menghamparkan bumi dan menjadikan seluruh isinya untuk kebutuhan manusia. Semua yang ada di langit

¹⁰ Yohanna Annisa Indriyani, *Mikoriza dan peranannya dalam Dunia Pertanian*, (Bogor: Bogor Agricultural, 2017) h, 1.

¹¹ Djodi Harcu Santoso, Limbah Kopi EM-4 dan Mikoriza Untuk Meningkatkan Kualitas Tanah Dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Gayo, *Jurnal Manajemen dan Sumberdaya Alam*, Vol.3, No,1, (2013) h, 422.

¹² Drs, H. Muhammad Shohib, MA, “*Al-qur'an Terjemahan dan Tajwid*”, Kementerian Agama RI : Sygma creative media corp, 2007, h 263.

dan bumi, daratan dan lautan, sungai-sungai, matahari dan bulan, malam dan siang, tanaman dan buah-buahan, binatang melata dan binatang ternak, merupakan ciptaan Allah yang memang didedikasikan untuk kebutuhan manusia. Hal ini mengindikasikan bahwa lingkungan hidup memang bagian yang absolut dari kehidupan manusia, karena manusia termasuk makhluk sosial yang tidak dapat hidup secara individual. Manusia dalam memenuhi kebutuhannya – seperti dalam mencari sandang, pangan dan papan – sangat bergantung dengan lingkungan. Lingkungan juga menyediakan berbagai sumber daya alam yang menjadi daya dukung bagi kehidupan yang layak, sehingga manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan dapat memperoleh asupan tenaga dari sumber daya tersebut.¹³

Berdasarkan penafsiran ayat di atas dijelaskan bahwa Allah SWT telah memberikan banyak fasilitas yang Allah sediakan bagi kebutuhan manusia, dengan cara menjaga keseimbangan dan kelestarian alam, dalam menjaga kelestarian alam mikoriza memiliki peran penting sebagai penyedia jasa ekosistem, yang secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi kesejahteraan hidup manusia.

Penelitian yang dilakukan Diriba Muleta menyebutkan bahwa tanaman kopi dihabitat aslinya berasosiasi dengan lima jenis FMA yang mendominasi yaitu *Glomulus*, *Acalauspora*, *Gigaspora*, *Entrospora* dan *Scutellospora*. Diantara kelima jenis tersebut, *Glomulus* adalah jenis yang paling mendominasi dari

¹³ M. Quraish Shihab, “*Tafsir Al- Misbhbah : Pesan dan keserasian Al-Qur’an*”, Jakarta :Lentera Hati, 2002, h 419.

kelompok *Glomeromycota*. Jumlah spora FMA dipengaruhi oleh jumlah populasi kopi dalam satu hektar dan juga ketersediaan P dalam tanah.¹⁴

Pembelajaran Mikologi pada salah satu sub materi mikoriza hanya mengkaji mikoriza secara umum, sehingga masih kurangnya referensi tentang jenis mikoriza pada tanaman yang dibudidayakan salah satunya yaitu kopi, adapun jenis tumbuhan kopi yang dimaksud adalah kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan kopi Robusta (*Coffea canephora*) guna menambah referensi terkait simbiosis mikoriza pada tanaman kopi Arabika dan Robusta. Berdasarkan hasil wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Mikologi yaitu masih minimnya referensi tentang mikoriza pada kopi.

Berdasarkan hasil wawancara dengan mahasiswa Pendidikan Biologi bahwa mereka masih kesulitan dalam mencari referensi mengenai mikoriza, padahal mikoriza merupakan salah satu sub materi dari mata kuliah mikologi. Penambahan referensi mikoriza juga dapat menambah pengetahuan apakah terdapat perbedaan mikoriza pada kawasan geotermal (dataran rendah) dan juga pada kawasan yang memiliki suhu yang relatif tinggi yaitu Aceh Tengah (dataran tinggi) kawasan yang baik bagi pertumbuhan kopi yang kaya akan oksigennya.

Penelitian tentang identifikasi jenis mikoriza sebelumnya telah dilakukan oleh Diriba Muleta, dkk tentang kepadatan mikoriza di kopi hutan Barat Daya, dimana dalam hutan kopi kehadiran pohon yang berbeda spesies yang digunakan untuk menaungi tanaman kopi juga membantu dalam memperbanyak jenis

¹⁴ Diriba Muleta, dkk, Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga Natural Coffee Forest, Southwestern Ethiopia, *Forest Ecology and Management*, Vol.,1, No.,1 (2007) h 153.

mikoriza pada kopi, karena keanekaragaman di hutan tersebut yang tinggi. Spora daripada mikoriza yang sangat positif berkorelasi pada tanaman kopi.¹⁵

Penelitian tentang identifikasi mikoriza arbuskular juga telah dilakukan oleh mahasiswa Pendidikan Biologi Ikhlas Wahid pada kawasan *geothermal* dan didapatkan jenis mikoriza yaitu *Acaulospora mellea*, *Acaulospora foveata*, *Glomus albidum*, *Entropora infrequns*, *Glomulus Geosporum*, *Glomulus diserticola*.¹⁶

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu letak geografis lokasi penelitian, kawasan *geothermal* dan kawasan dataran tinggi, lokasi ini memiliki perbedaan suhu yang relatif jauh berkisar antara 11⁰C - 14⁰C, sedangkan penelitian sebelumnya berada pada kawasan manifestasi dengan tipe kawasan *Geothermal* (Panas bumi), perbedaan lainnya terdapat pada jenis tumbuhan yang terdapat pada lokasi penelitian, pada penelitian hanya fokus pada jenis tumbuhan famili *Rubiaceae* (Golongan Kopi), penelitian ini diharapkan agar mikoriza yang ditemukan pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya, untuk mempermudah mahasiswa dalam mengenal mikoriza yang beragam pada beberapa jenis tumbuhan.

Referensi adalah sumber acuan (rujukan atau petunjuk). Rujukan adalah sesuatu yang digunakan pemberi informasi untuk menyokong atau memperkuat pernyataan.¹⁷ Media referensi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini

¹⁵ Diriba Muleta,dkk, Composition of coffe shade tree spesies and density of indigenouarbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga Natural Coffe Forest, Southwestern Ethiopia, *Forest Ecology and Management*, Vol.,1,No.,1, (2007) h 153.

¹⁶ Ikhlas Wahid, "Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula Dikawasan Manifestsi Geothermal Ie Jue Seulwah Agam sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan", *Skripsi*, 2018, h. 44.

¹⁷ Tim Penyusun Kamus Pusat Bahasa Indonesia, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta:Balai Pustaka, 2002) h 939.

berbentuk buku elektronik (*E-book*).¹⁸ Buku Elektronik (*E-book*) merupakan salah satu media yang digunakan untuk mempublikasikan *blog* atau *website*. (*E-book*) digunakan dengan cara menuliskan sebuah karya yang didalamnya terdapat unsur promosi.¹⁹ *Ebook* yaitu media belajar yang interaktif dalam penyampaian informasi karena dapat ditampilkan ilustrasi multimedia. (*E-book*) juga secara langsung akan mempermudah dan (*E-book*) dalam penggunaannya juga sangat praktis karena disusun dalam bentuk *softfile*.²⁰

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) dan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi**”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti merumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Jenis-jenis fungi mikoriza arbuskular apa saja yang terdapat pada akar tanaman kopi Robusta ?
2. Jenis-jenis fungi mikoriza arbuskular apa saja yang terdapat pada akar tanaman kopi Arabika ?
3. Bagaimana uji kelayakan terhadap hasil penelitian sebagai referensi mata kuliah Mikologi ?

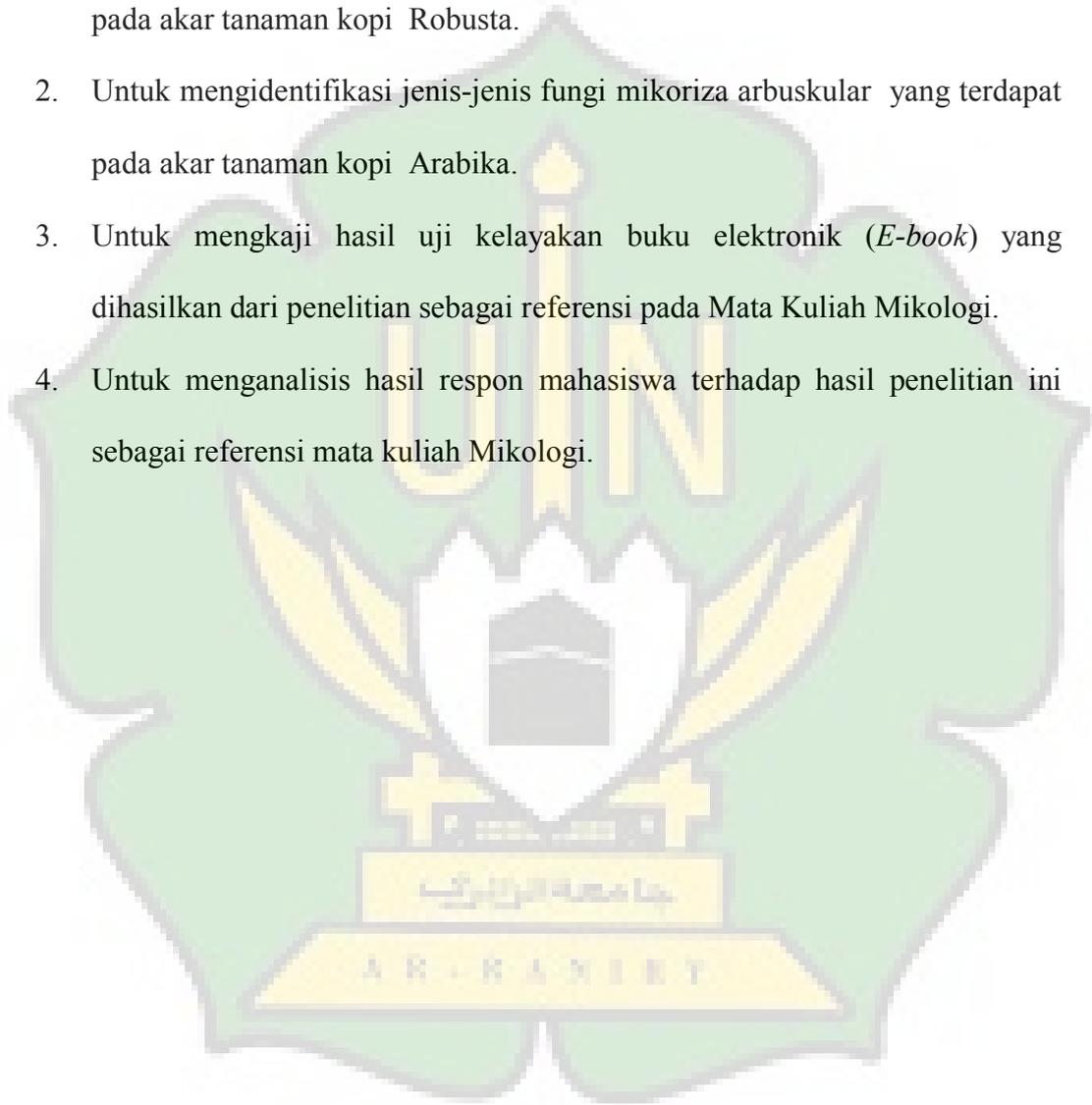
¹⁹ Jefferly Helianthusonfri, *1 Juta Rupiah Pertama anda dari Blogger*, (Jakarta: Elex Media Computindo, 2014) h, 205.

²⁰ Arifah Khairrani, “E-book sebagai Media Pembelajaran Masa Depan”, *Jurnal Ekonomi UNJ*, Vol.3.,No.1, (2011) h, 40.

4. Bagaimana Respon mahasiswa terhadap hasil penelitian sebagai referensi mata kuliah Mikologi ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi jenis-jenis fungi mikoriza arbuskular yang terdapat pada akar tanaman kopi Robusta.
2. Untuk mengidentifikasi jenis-jenis fungi mikoriza arbuskular yang terdapat pada akar tanaman kopi Arabika.
3. Untuk mengkaji hasil uji kelayakan buku elektronik (*E-book*) yang dihasilkan dari penelitian sebagai referensi pada Mata Kuliah Mikologi.
4. Untuk menganalisis hasil respon mahasiswa terhadap hasil penelitian ini sebagai referensi mata kuliah Mikologi.



D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Secara teoretis penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan (teoritis), menambah wawasan, dan sumber referensi bagi mahasiswa. Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi pembelajaran, khususnya tentang fungsi mikoriza arbuskular pada akar tanaman kopi (*Coffea* sp.) jenis kopi Arabika dan Robusta.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis penelitian ini menghasilkan referensi yang dapat digunakan pada mata kuliah mikologi. *E-book* memungkinkan dapat diakses pada setiap saat kapan dan dimana saja, yang memudahkan pembaca dapat memperoleh informasi tidak terbatas pada penggunaan waktu maupun tempat.

E. Definisi Operasional

1. Jenis-jenis Mikoriza Arbuskular.

Mikoriza Arbuskular terdiri dari beberapa jenis yang berasal dari Phylum *Glomeromycota* yang bercirikan memiliki Arbuskular yaitu struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon-pohon kecil menyerupai haustorium, berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Vesikula merupakan suatu struktur berbentuk lonjong atau bulat, mengandung cairan lemak yang berdinding tipis, yang berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan.²¹ Hifa Ekstaradikal dan intraradikal berfungsi dalam untuk

²¹ Ahmad Shafwan, "Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dari Perakaran Tebu (*Sacharum officinarum*) di Area Perkebunan Tebu Sei Semayang Kabupaten Deli Serdang", *Jurnal Biologi Lingkungan*", Vol.1., No.1 (2014) h, 27-28.

mendukung sistem perakaran tumbuhan. Fungi mikoriza arbuskular yang dimaksud pada penelitian ini adalah *Acaulospora*, *Entrospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Paraglomus*, *Scutellospora* FMA yang terdapat pada akar tanaman kopi Arabika dan Robusta.

2. Tanaman Kopi Arabika dan Robusta

Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) adalah tanaman berbentuk pohon yang termasuk dalam famili *Rubiaceae*. Secara alami tanaman kopi memiliki simbiosis dengan jamur akar yaitu mikoriza. Pada akar tunggang terdapat akar kecil yang tumbuh ke samping, yang sering disebut akar lebar. Tudung akar berfungsi melindungi akar ketika menghisap unsur hara dari dalam tanah. Yang dimaksud dalam penelitian ini adalah tanaman kopi Arabika dan Robusta yang terdapat di kebun kopi di kawasan Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah.²²

3. Uji Kelayakan

Uji kelayakan merupakan uji kategori atau kriteria penentuan apakah suatu produk yang dihasilkan layak untuk digunakan.²³ Uji kelayakan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kelayakan dari materi dan media berupa buku elektronik (*E-book*) untuk pembelajaran mata kuliah Mikologi yang dihasilkan dari penelitian ini.

4. Referensi Mikologi

Referensi adalah sumber acuan (rujukan atau penunjuk) yang dapat dipakai sebagai bahan. Referensi juga merupakan bahan acuan, rujukan, dan referensi tambahan di dalam pembelajaran. Referensi yang dimaksud dalam

²² Pudji Raharjo, *Berkebun Kopi*, (Depok:Penebar Swadaya, 2012) h 78.

²³ Serian Wijatno, *Pengantar Enterprneurship*, (Jakarta: Grasindo, 2009) h 88.

penelitian ini yaitu buku elektronik (*E-book*). E-book berisikan tentang data yang diperoleh dari proses mengidentifikasi mikoriza secara umum ke spesifik, jenis-jenis mikoriza, struktur, fungsi, serta fungsinya masing-masing.

5. Desa Arul Item Kabupatn Aceh Tengah

Desa arul item merupakan desa yang terletak di kecamatan Linge Kabupaten Aceh Tengah. Desa Arul Item merupakan desa yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi. Daerah ini merupakan penghasil kopi (*Coffea* sp). Daerah ini memiliki ketinggian mencapai 1500 mdpl. Tanaman kopi di desa arul item memiliki lahan yang sangat luas dan tekstur tanah yang cukup subur, serta mendukung pertumbuhan tanaman kopi didesa tersebut. Tanaman kopi memerlukan iklim sebagai salah satu yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, disamping faktor lainnya.



BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Pengertian Mikoriza

Istilah mikoriza digunakan untuk menjelaskan hubungan simbiosis antara akar tanaman dan jamur.²⁴ Mikoriza adalah asosiasi simbiotik antara fungi dan tumbuhan. Mikoriza menggambarkan hubungan tersebut sebagai suatu parasitisme fisiologi yang seimbang timbal balik, yaitu saling membutuhkan. Dalam simbiosis tersebut fungi mendapat karbohidrat dan vitamin dari tumbuhan, sedangkan tumbuhan antara lain meningkatkan kemampuannya memperoleh nutrisi dari tanah, seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan kalsium. Lagi pula tumbuhan tersebut juga meningkatkan toleransinya terhadap kekeringan, suhu tinggi, keasaman tinggi karena kadar aluminium, sulfur, dan mangan yang tinggi.²⁵

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) sangat tergantung pada tingkat spesifikasi tumbuhan inang. Hubungan yang bersifat simbiosis mutualisme ini dipercaya sebagai jembatan perkembangan keberadaan dan eksistensi tumbuhan inang di suatu habitat tertentu. Fungi mikoriza arbuskular (FMA) berperan penting dalam penyerapan unsur hara tumbuhan melalui hifa/miselium, sedangkan fungi memperoleh sumber energi dari hasil asimilasi yang dilakukan oleh tumbuhan. Keberadaan Fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada sistem perakaran ditunjukkan

²⁴ Ika Rochdatun, *Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*, (Universitas Brawijaya : UB Press, 2011) h 2.

²⁵ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati*...h 3.

oleh kemampuan fungi mampu menembus akar tanaman sampai pada sel korteks akar.²⁶

Mikoriza adalah asosiasi simbiosis yang terbentuk di antara akar-akar sebagian besar spesies tanaman dan jamur. Istilah mycorrhizas (akar jamur, dari bahasa Yunani; *mykes* = jamur dan *rhiza* = akar). Mikoriza juga dapat didefinisikan sebagai simbiosis mutualistik antara tanaman dan jamur, terlokalisasi dalam struktur akar atau seperti akar di mana energi bergerak terutama dari tanaman ke jamur dan sumber daya anorganik berpindah dari jamur ke tanaman. Simbiosis ini ditandai dengan pergerakan dua arah nutrisi, dimana karbon mengalir ke jamur dan nutrisi anorganik pindah ke tanaman, dengan demikian memberikan hubungan kritis antara akar tanaman dan tanah. Di tanah yang tidak subur nutrisi yang diambil oleh jamur mikoriza dapat menyebabkan peningkatan pertumbuhan tanaman dan reproduksi. Akibatnya, tanaman mikoriza sering lebih kompetitif dan lebih mampu mentolerir tekanan lingkungan daripada tanaman nonmikoriza.²⁷

Mikoriza arbuskular telah diakui sebagai simbiosis yang secara ekologis dari berbagai tanaman yang sangat luas. Spesies mikoriza bersimbiosis secara biotrophic dan bersifat mutualistik, interaksi jangka panjang yang berkompeten untuk dikembangkan.²⁸ Istilah mikoriza, yang secara harfiah berarti 'jamur-root', pertama kali diterapkan pada asosiasi jamur-pohon yang dijelaskan pada Tahun 1885 oleh ahli patologi hutan Jerman Frank dimana sebagian besar tanaman darat

²⁶ S.E Smith, *Mycorrhizal Symbiosis*, (Uk:Academic Press, 2001) h, 59.

²⁷ Ajit Varma M, dkk, *Symbiotic Fungi Principles and Practice*, (India : Amity Institute of Microbial Technology, 2009) h 18-19.

²⁸ S.E Smith, *Mycorrhizal Symbiosis*, (Uk:Academic Press, 2001) h, 42.

membentuk asosiasi simbiotik dengan jamur. Diperkirakan 95% dari semua spesies tanaman termasuk genera beragam yang bersifat khas membentuk mikoriza. Tergantung pada lingkungan di mana mereka tumbuh, tanaman dapat dialihkan hingga 80% atau lebih dari energi bersih ditetapkan sebagai sinar matahari untuk proses di bawah tanah.²⁹

Mikoriza digunakan untuk menjelaskan hubungan simbiosis antara akar tanaman dan jamur. Menurut Harley dan Smith menyatakan ada enam tipe mikoriza yaitu; vesicular arbuskular mycorizhae atau endomikoriza, ectomykorhizae, ectendomycorrhizae, ericoid, arbutoid, monotropoid dan orchid mycorrhizae. Berdasarkan cara infeksiya terhadap tanaman inang, mikoriza tanaman dimana jamur membentuk sarung di seluruh atau beberapa jaringan akar yang halus.

Berdasarkan cara infeksiya terhadap tanaman inang, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga golongan besar yakni : ektomikoriza, endomikoriza dan ektendomikoriza.³⁰

1. Ektomikoriza

Ektomikoriza merupakan hubungan simbiosis di antara jamur dan akar tanaman dimana jamur membentuk sarung di seluruh tubuh atau beberapa jaringan akar yang halus. Hifa menembusi di antara sel akar dan kadang-kadang masuk ke dalam sel tetapi tidak menembusi melewati kortek dan hifa intraseluler tidak menyebabkan kerusakan pada sel inang. Akar ektomikoriza biasanya membesar, di permukaan luarnya ditutupi mantel atau sarung jamur yang

²⁹Ajit Varma M, dkk, *Symbiotic...*, 21.

³⁰ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati.....*h 3.

padat, dengan miselium jamur yang menyebar ke dalam tanah dan jamur menyerang korteks tetapi terbatas di antara dinding sel. Beberapa genus jamur pembentuk ektomikoriza adalah *Amanita*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Cortinarius*, *Entoloma*, *Rhizopogon*, *Scoderma* dan *Cenococum*.³¹

2. Endomikoriza

Istilah endomikoriza (AM) digunakan untuk menjelaskan hubungan simbiosis mutualistik antara jamur tertentu dan akar tanaman, dimana jamur tumbuh terutama di dalam korteks akar dan mempenetrasi sel dari akar inang. Endomikoriza meliputi 3 kelompok yaitu ericoid mikoriza, orchid mikoriza, dan vesikular arbuskular mikoriza. Jamur membentuk jaringan bebas berupa hifa yang terdapat pada permukaan akar dan menginfeksi akar melalui rambut akar atau secara langsung pada sel epidermal. Pada endomikoriza, jamurnya tidak membentuk suatu selubung luar tetapi hidup di dalam sel akar dan tanah di sekitarnya.³²

Endomikoriza merupakan salah satu tipe mikoriza paling umum yang membentuk struktur jamur yang berupa vesikel dan arbuskular di dalam jaringan korteks akar. Perkembangan infeksi dari mikoriza dimulai dengan pembentukan appresorium oleh hifa eksternal pada permukaan akar yang dihasilkan oleh spora atau akar yang terinfeksi dalam tanah. Terdapat dua struktur khusus yang dibentuk oleh jamur AM yaitu : arbuskular, terbentuk secara intraseluler dan merupakan tempat terjadinya pertukaran hara antara inang dan jamur. Vesikel kebanyakan

³¹ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati...* h, 3-4.

³² Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati...* h, 4.

berbentuk bulat dan mengandung lipida, biasanya terbentuk diujung hifa dan diperkirakan sebagai organ penyimpanan sementara.

Di bawah mikroskop jamur mikoriza dapat terlihat sebagai hifa, vesikel atau arbuskular di dalam korteks akar. Karakteristik arbuskular adalah tampak seperti struktur berbentuk pohon di dalam korteks sel. Bentuk yang bercabang-cabang dari pohon tersebut menghasilkan luas permukaan yang luas dan berperan dalam pertukaran hara makanan antara inang dan jamur. Vesikel adalah bentuk pembengkakan hifa yang terdapat di dalam dan di antara sel-sel korteks. Lima genus AM yang terkenal adalah *Glomulus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Sclerocystic* dan *Endogone*.

3. Ektendomikoriza

Ektendomikoriza merupakan bentuk perpaduan antara ektomikoriza dan endomikoriza, dimana pada akar yang terinfeksi terdapat mantel atau tidak ada mantel, membentuk jala hartig dan hifa masuk ke dalam sel.³³

B. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

1. Dasar-dasar Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

Untuk identifikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) diperlukan karakteristik penentu penting untuk menyatakan perbedaan-perbedaan pada setiap tingkat taksa. Untuk keperluan identifikasi secara morfologi diperlukan spora FMA, sedangkan identifikasi molekuler dapat dilakukan dengan material berupa spora atau hifa (miselium). Hifa yang digunakan dapat berasal dari hifa ekstra radikal

³³Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati...* h. 4.

(yang berada di luar jaringan akar tanaman, misalnya tanah, media tanam *in vitro*) maupun hifa intraradikal (yang berada di dalam jaringan akar tanaman).³⁴

2. Identifikasi Secara Morfologi

a. Pentingnya Karakter Identitas Jenis

Morfologi spora sejak lama telah digunakan dalam pengembangan klasifikasi dan kelimpahan spora dalam survei komunitas fungi mikoriza arbuskula (FMA), namun metode ini memiliki beberapa kelemahan. Beberapa jenis mungkin memproduksi spora hanya pada musim tertentu, sedangkan jenis lain mungkin dapat membentuk spora sepanjang tahun.³⁵

C. Faktor yang Mempengaruhi Infeksi Mikoriza

Meskipun mikoriza terbentuk di dalam tanah, faktor iklim juga mempengaruhi karakteristik tanah, mempengaruhi fisiologi tanaman inang dan berakibat mempengaruhi hubungan tanaman dan jamur.³⁶

1. Cahaya

Mikroorganisme yang hidup bersimbiosis dengan akar tanaman memperoleh sumber energi karbon dari tanaman inang, yang juga bergantung pada kemampuan fotosintesis tanaman dan translokasi foto sintat ke akar. Naungan tidak hanya mengurangi infeksi akar dan produksi spora, tetapi juga respon tanaman terhadap mikoriza. Peningkatan intensitas sinar pada umumnya meningkatkan persentase infeksi. Selain itu lama penyinaran yang

³⁴ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, (Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, 2020) h, 69.

³⁵ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h, 69.

³⁶ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati*..... h, 6.

panjang juga meningkatkan akar yang terinfeksi. Intensitas sinar yang lebih rendah dapat menurunkan infeksi pada akar tetapi pengaruhnya akan lebih terlihat pada sporulasi.³⁷

2. Suhu

Suhu yang tinggi menyebabkan peningkatan aktivitas jamur. Suhu yang tinggi biasanya mendukung terjadinya infeksi dan pembentukan spora, sedangkan suhu yang rendah sesuai untuk pembentukan arbuskular. Suhu udara yang tinggi pada umumnya menghasilkan akar yang terinfeksi menjadi lebih tinggi dan meningkatkan sporulasi. Suhu udara yang terbaik untuk perkembangan arbuskular adalah sekitar 30⁰C, untuk kolonisasi miselium pada permukaan akar antara 28-34⁰C, serta untuk sporulasi dan perkembangan vesikel pada suhu 35⁰C.³⁸

3. Kesuburan Tanah

Unsur-unsur di dalam tanah yang paling berpengaruh terhadap mikoriza adalah P, dimana kandungan P yang tinggi di dalam tanah akan menghambat terjadinya kolonisasi. Kandungan N tanah yang tinggi juga berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan mikoriza. Efek tersebut berhubungan dengan tingkat N yang tersedia. Jumlah N terlarut akan menentukan aktivitas mikoriza di dalam tanah. Efek unsur N terhadap mikoriza juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur P di dalam tanah.³⁹

³⁷Ika Rochdjatun,*Rekayasa Pupuk Hayati*..... h, 6.

³⁸ Ika Rochdjatun,*Rekayasa Pupuk Hayati*.....h, 7.

³⁹ Ika Rochdjatun,*Rekayasa Pupuk Hayati*.....h, 7.

4. pH tanah

Setiap jamur mikoriza memerlukan pH optimum yang berbeda untuk perkembangannya. Perkecambahan spora dan perkembangan mikoriza oleh jamur yang berbeda dapat dipengaruhi oleh keragaman pH dalam tanah.⁴⁰

5. Tipe Perakaran

Tanaman-tanaman yang tipe perakarannya kasar dan rambut akarnya kurang ternyata lebih sering terinfeksi mikoriza dan pertumbuhan lebih tergantung kepada adanya mikoriza tersebut.⁴¹

6. Peran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Tanaman

Peran utama dari mikoriza adalah serapan unsur hara dan translokasi khususnya fosfat. Tanaman mikoriza bisa dikatakan mampu bertahan dari kekeringan. Pengaruh lainnya adalah terlindungnya akar dari patogen tanah, nematoda dan konsentrasi logam berat di daerah perakan.⁴² Asosiasi antara tanaman inang dengan mikoriza akan diperoleh beberapa manfaat, antara lain :

a. Meningkatkan penyerapan unsur hara (unsur P), pupuk dan logam berat.

Pertumbuhan tanaman yang terinfeksi mikoriza relatif lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi mikoriza. Hal ini disebabkan karena tanaman yang terinfeksi mikoriza mempunyai kemampuan menyerap unsur hara lebih tinggi daripada tanaman tanpa mikoriza.⁴³ Tanaman yang bermikoriza dapat menyerap pupuk fosfor (P) lebih tinggi (10-27%)

⁴⁰ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati*...h 7.

⁴¹ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati*...h 8.

⁴² Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati*...h 8.

⁴³ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati*...h 8.

dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza (0,4-13%). Fungi mikoriza juga mampu dalam mengeluarkan *enzim fosfatase* yang mampu memecah fosfat dalam tanah yang tidak tersedia menjadi tersedia di dalam tanah. Mikoriza mampu meningkatkan penyerapan air tanah beberapa kali lipat, terlebih jika tumbuhan tidak mampu membentuk rambut-rambut akar.⁴⁴

b. Lebih tahan terhadap kekeringan

Dalam mengambil air akar tanaman mempunyai kesulitan jika rongga-rongga tanah lebih kecil dari pada diameter akar, akan tetapi akar tanaman yang bermikoriza dapat bekerja untuk mengambil air yang baik karena hifa masih dapat bekerja untuk mengambil air dirongga tersebut. Ketahanan terhadap kekeringan pada tanaman bermikoriza dapat dihubungkan dengan eksploitasi tanah yang lebih besar oleh pertumbuhan hifa yang ekstensif.⁴⁵

c. Menahan serangan patogen akar.

Akar tanaman yang bermikoriza akan terlindungi dari serangan patogen akar karena akar yang bermikoriza akan menjadi lebih keras sehingga lebih sulit ditembus oleh patogen. Asosiasi mikoriza tertentu dapat memberikan keuntungan bagi tanaman dengan mengurangi pengaruh serangan patogen. Kopi arabika maupun kopi robusta yang terinfeksi jamur mikoriza (*Gigaspora margarita*), ternyata lebih toleran terhadap serangan nematoda parasit *Pratylenus coffeae*.⁴⁶ Akar yang bermikoriza lebih tahan terhadap patogen akar karena lapisan mantel (jaringan hifa) menyelimuti akar sehingga

⁴⁴ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskular...* h 102.

⁴⁵ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati.....* h 9.

⁴⁶ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati.....* h 9.

melindungi organ akar. Di samping itu, beberapa mikoriza menghasilkan antibiotik yang dapat mematikan bakteri, virus, jamur yang bersifat patogen.⁴⁷

d. Memperbaiki struktur tanah dan tidak mencemari lingkungan.

Mikoriza dapat meningkatkan struktur tanah dengan menyelimuti butir-butir tanah. Stabilitas agregat dapat ditingkatkan oleh adanya gel polisakarida yang dihasilkan oleh cendawan pembentuk mikoriza. Jamur mikoriza arbuskular merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk membentuk meningkatkan efisiensi pemupukan. Jamur ini telah diketahui dengan baik mampu beradaptasi dengan banyak tanaman pada berbagai kondisi tanah, khususnya pada tanah yang bermasalah dengan adanya fiksasi unsur fosfor. Pada tanah demikian VAM terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pangan, baik pada tanaman hortikultura dan tanaman hutan, atau tanaman penaung, tanaman semak dan rerumputan yang diketahui dengan adanya peningkatan kemampuan tanaman alam menyerap elemen-elemen nutrisi, khususnya P seperti halnya pada tanah masam, mengingat bahwa mikoriza dapat hidup pada berbagai kondisi tanah dengan kisaran pH (di atas 7), tergantung jenis jamur mikorizanya.⁴⁸ Mikoriza yang dimanfaatkan sebagai bahan *biofertilizer* tidak mencemari lingkungan.⁴⁹

e. Pemupukan sekali sepanjang siklus hidup tanaman.

Sejak berasosiasi dengan akar tanaman, mikoriza akan terus berkembang karena mikoriza merupakan makhluk hidup. Selama itu, mikoriza berfungsi membantu tanaman dalam peningkatan penyerapan unsur hara yang di

⁴⁷ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskular...* h 102.

⁴⁸ Ika Rochdjatun, *Rekayasa Pupuk Hayati...*9-10.

⁴⁹ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskular...* h 103.

perlu untuk pertumbuhan tanaman. Bahkan keberadaan sebagian dari jenis mikoriza pada sistem pertanian masih dapat bertahan hingga masa tanam berikutnya, walaupun dilakukan sistem rotasi dalam pergiliran jenis tanaman dan sistem tumpang sari.⁵⁰

f. Sinergisme dengan mikroorganisme lain.

Pada sebagian jenis tumbuhan terutama *Leguminosae* (polong-polongan), keberadaan mikoriza diperlukan dalam pembentukan bintil akar dan efektivitas penambatan nitrogen oleh bakteri *Rhizobium*. Keberadaan mikoriza bersifat sinergisme terhadap mikroba potensial lain seperti bakteri, FMA, fungi kelompok lain, dan mikroorganisme menunjukkan respon positif dan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, FMA berfungsi untuk meningkatkan biodiversitas mikroba yang potensial pada daerah perakaran tanaman.⁵¹

g. Mempertahankan keanekaragaman tumbuhan.

Mikoriza berfungsi mempertahankan stabilitas tumbuhan dengan cara mentransfer hara dari satu akar ke akar jenis tanaman lain melalui jembatan hifa (*hyphal bridge*). Jembatan hifa dengan demikian mempunyai fungsi tidak terbatas pada tanaman monokultur, tetapi mengarah pada pola tanaman tumpang sari pada budidaya pertanian.⁵²

⁵⁰ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 103.

⁵¹ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 104.

⁵² Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 104

7. Fungi Mikoriza Arbuskular

Fungi mikoriza arbuskular termasuk ke dalam filum *Glomeromycota*. Fungi mikoriza arbuskular membentuk simbiosis mutualisme atau saling menguntungkan dengan akar tanaman, dimana fungi mikoriza arbuskula meningkatkan ketahanan terhadap patogen, membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara dari dalam tanah. Dapat diketahui bahwa fungi mikoriza arbuskular membantu meningkatkan penyerapan unsur P dari dalam tanah kepada tanaman.⁵³

Mikoriza arbuskular, awalnya disebut sebagai mikoriza vesikular-arbuskular, adalah asosiasi simbiosis mutualistik antara akar sebagian besar tanaman vaskular dan sekelompok kecil jamur di filum *Glomeromycota*. Kebanyakan mikoriza arbuskular ditandai oleh adanya hifa intraradikal (antar sel atau intraseluler di lokasi), arbuscules (hifa bercabang halus miselium ekstraradikal (hifa itu hubungkan akar ke tanah), dan spora terbentuk dalam miselium ekstraradikal. Beberapa spesies jamur juga membentuk struktur intraradik disebut sebagai vesikel yaitu bagian yang diperbesar dari hifa yang menjadi penuh dengan tubuh lipid.⁵⁴

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) mempunyai sifat simbiosis obligat, yang berarti bahwa dalam melangsungkan siklus hidupnya dibutuhkan

⁵³ Yenni Bakhtiar, Peran Fungi Mikoriza dan Bakteri Endosymbiotik Mikoriza dalam Meningkatkan Daya Adaptasi Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Terhadap Cekaman Biotik *Ganoderma bonisense*, Skripsi, (Bogor:Institut Pertanian Bogor, 2011) h, 19.

⁵⁴ R. Larry Peterson, dkk, *MYCORRHIZAS: Anatomy and cell Biology*, (Canada: NRC Research Press, 2004) h, 57.

tanaman sebagai inang (host). Keberadaan komposisi komunitas dan fungsi berbeda untuk setiap jenis FMA, tergantung pada habitat tempat hidupnya.⁵⁵

8. Struktur Fungi Mikoriza Arbuskular

a. Hifa Ekstaradikal dan Intraradikal

Hifa merupakan struktur yang khas untuk semua kelompok fungi. Hifa muncul dari proses perkecambahan spora. Hifa ekstraradikal pada FMA merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan bahwa hifa ini tumbuh di luar sistem perakaran tumbuhan. Hifa intraradikal disebabkan karena hifa ini tumbuh dan berkembang di dalam sistem perakaran tumbuhan inang.⁵⁶

b. Arbuskular

Arbuskular adalah struktur hifa yang berasal dari percabangan hifa di dalam sel korteks akar tanaman inang. Bentuk arbuskular menyerupai pohon kecil yang berfungsi sebagai tempat pertukaran zat-zat metabolit primer antara fungi dan akar tanaman.

c. Vesikel

Vesikel merupakan hifa fungi mikoriza arbuskular yang mengalami pengembangan (melebar). Pengembangan hifa bisa terjadi secara internal di dalam sel atau di luar sel akar tanaman inang yang berbentuk pada hifa terminus dan interkalar.⁵⁷

⁵⁵ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 37.

⁵⁶ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 41.

⁵⁷ Lily Istigfaiyah, *Identifikasi dan Karakterisasi Mikoriza pada Tegakan Gmelina arborea*, *Skripsi*, (Makassar:Universitas Hasanuddin, 2018) h 8-9.

D. Genus Spora Mikoriza

Karakteristik spora termasuk ukuran, warna, dinding lapisan, dan fitur hifa subtending digunakan untuk mengklasifikasikan spesies jamur mikoriza arbuscular. Ini telah menghasilkan informasi yang cukup banyak tentang struktur spora matang, terutama bentuk yang diungkapkan dengan mikroskop cahaya. Spora biasanya berkembang baik secara tunggal sebagai pembesaran dari puncak hifa ekstraradikal atau dalam kelompok dalam agregat hyphal khusus (sporocarps) terjadi di miselium ekstraradikal.⁵⁸

1. *Glomulus*

Dinding spora berlapis-lapis. Genus ini dicirikan dengan bentuk bulat dan oval. Warna spora genus *Glomulus* bervariasi mulai dari kuning, kemerahan, kuning kecokelatan, coklat kekuningan berwarna bening atau hialin. Spora berukuran antara 45-180 μm . Ciri khas lain adalah masih sering ditemukannya hifa subtending yang melekat kuat pada spora.⁵⁹



1.1 Gambar Spora *Glomulus*⁶⁰

1.2

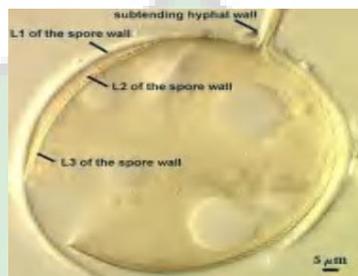
⁵⁸ R. Larry Peterson, dkk., *MYCORRHIZAS*.....h 61.

⁵⁹ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 71.

⁶⁰ Kurnia, dkk, Identifikasi dan Karakterisasi Mikoriza pada Tegakan Nyatoh (*Palaquium* sp.), *Jurnal Perennial*, Vol.,15, No., 1 (2019) h 53.

2. *Paraglomus*

Spora berukuran antara 120-540 μm . Spora berbentuk bulat berwarna kuning bening hingga kecokelatan. Jumlah dinding spora terdiri atas lapisan transparan. Spora yang dewasa masih menyisakan hifa yang melekat kuat.⁶¹



2.2. Gambar Spora *Paraglomus*⁶²

3. *Gigaspora*

Spora pada genus ini memiliki dua lapis dinding serta *auxiliary cells*. Spora berukuran 100-400 μm . Karakteristik khas pada *gigaspora* ialah memiliki *bulbos suspensor*. Spora *gigaspora* dihasilkan secara tunggal di dalam tanah, dengan ukuran relatif besar dan memiliki bentuk bulat, oval dan irregular. Warna pada genus ini bervariasi mulai dari kuning, kuning kehijauan, hijau kekuningan, kuning kecokelatan, hingga hitam.⁶³



⁶¹ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 71.

⁶² Kombong, dkk, Identifikasi Jenis-Jenis Mikoriza pada Hutan Rakyat Bitti (*Vitex Copassus*) Di Kabupaten Bulukumba Lampung Timur., *Jurnal Kehutanan Wallacea*, Vol.4. No., 1 (2015) h 89.

⁶³ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 71.

Gambar Spora *Gigaspora*⁶⁴4. *Scutellospora*

Spora berukuran antara 120-540 μm . Spora ini memiliki bentuk spora bulat, elips, dan terkadang irregular dengan warna dinding spora kuning, biru coklat hingga kehitaman.⁶⁵

2.4 Gambar Spora *Scutellospora*⁶⁶5. *Acaulospora*

Genus ini memiliki bentuk bulat, irregular dan elips dengan dua lapis dinding spora. Warna spora bervariasi mulai kuning, oranye kecokelatan, merah tua, hingga merah kecokelatan. Genus ini memiliki *saccule* yang berbentuk bulat hingga irregular dengan warna bervariasi dari transparan, hingga putih.⁶⁷

⁶⁴ Ni Wayan Armini, Identifikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dari Rhizosfer Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dan Talas (*Colocasean esculenta* L) serta Perbanyakannya Menggunakan Media Zeolit, *Jurnal Agroteknologi Tropika*, Vol.4, No.4., (2015) h 328.

⁶⁵ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 71.

⁶⁶ Moh. Ega Elman Miska, dkk, Karakterisasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosfer Aren (*Arenga pinnata* Merr) dari Jawa Barat dan Banten, *Jurnal Silvikultur Tropika*, Vol.7., No.1., (2018) h 21.

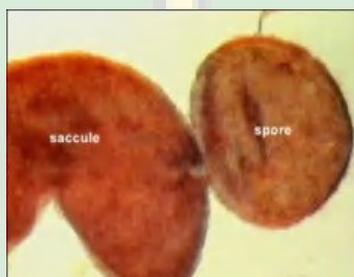
⁶⁷ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 71.



2.5 Gambar Spora *Acaulospora*⁶⁸

6. *Entrophospora*

Spora memiliki ukuran antara 100-150 μm . Berwarna kuning kecokelatan. Dinding spora memiliki lapisan bagian luar dan dalam. Memiliki dua buah *cyatryx* sebagai tanda.⁶⁹



2.6 Gambar Spora *Entrophospora*⁷⁰

Penelitian jenis fungi mikoriza arbuskular (MVA) menemukan spora pada sampel tanah rhizosper tanaman kopi dan Arabika dan Robusta. Jumlah spora MVA pada rhizosper tanaman kopi arabika adalah 59 spora dalam 100 g tanah sampel, sedangkan jumlah spora MVA dari rhizosper tanaman kopi Robusta yaitu 67 spora dalam 100 g tanah sampel . Berdasarkan hasil pengamatan terhadap spora mikoriza pada tanaman kopi Arabika diperoleh

⁶⁸ Yusriadi, dkk, Kepadatan dan Keragaman Spora Fungi Mikoriza Arbuskula pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Pangan di lahan Pertanian Desa Disera, *Jurnal Agroland*, Vol.,25.,No.1, (2018) h 68.

⁶⁹ Suharno, dkk, *Fungi Mikoriza Arbuskula*, h 72.

⁷⁰ Muhammad Haris Setyaningrum, Eksporasi dan Aplikasi Mikoriza sebagai Masukan Teknologi Pupuk Hayati untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Mutu Melon, *Jurnal Agroqua*, Vol.,15.No.,2, (2017) h 6.

dua genus mikoriza yang menyerupai *Acaulospora* sebanyak 33 spora dan *Glomus* sebanyak 26 spora.⁷¹

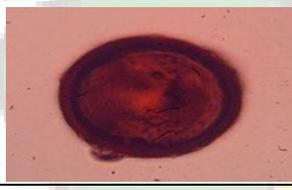
Studi mengenai kerapatan fungi Mikoriza arbuskular (FMA) pada *Avicennia* sp. menemukan tipe spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) dari tanah berdasarkan pada perbedaan bentuk spora, warna spora, lekatan tangkai hifa menunjukkan 9 morfologi spora. Kesembilan morfologi spora tersebut termasuk dalam genus *Glomus*, *Gigaspora*, dan *Acaulospora*.⁷²

Tabel 2.1 Tipe dan Karakteristik Morfologi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman *Avicennia* sp.

No	Tipe Spora	Karakteristik Morfologi
1.	<i>Glomus</i> Sp. 1 	Spora berbentuk bulat, warna coklat kemerahan, permukaan spora halus, terdapat perlekatan hifa.
2.	<i>Glomulus</i> Sp. 2 	Spora berbentuk lonjong, warna coklat kemerahan, permukaan spora halus, tidak mempunyai perlekatan hifa
3.	<i>Glomulus</i> sp. 3 	Spora berbentuk bulat, warna coklat kemerahan, permukaan spora halus mempunyai perlekatan hifa
4.	<i>Glomus</i> sp.4	Spora Berbentuk lonjong, warna Coklat kehitaman, permukaan spora halus, tidak mempunyai

⁷¹ Putu Ayu Meita Yudia Dewi, "Identifikasi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosper Kopi Arabika dan Kopi Robusta dan Perbanyakannya dengan Media Zeolit", *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*, Vol.5, No.2., (2016) h 185.

⁷² Gustia, dkk, "Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada *Avicennia* sp.". *Jurnal Hutan Lestari*, Vol.3. No.3., (2015) h 414-415.

		perlekatan hifa.
5.	<i>Glomus</i> sp.5 	Spora berbentuk bulat, warna coklat keputihan, permukaan spora halus, mempunyai perlekatan hifa.
6.	<i>Glomus</i> sp.6 	Spora berbentuk lonjong, warna coklat kemerahan, permukaan spora kasar, tidak mempunyai perlekatan hifa.
7.	<i>Gigaspora</i> sp.1 	Spora berbentuk bulat, warna coklat kehitaman, permukaan spora halus, terdapat bubus suspensor.
8.	<i>Gigaspora</i> sp.2 	Spora berbentuk bulat, warna cokelat kehitaman, permukaan halus, terdapat <i>bulbus suspensor</i> .
9.	<i>Acaulospora</i> sp.1 	Spora berbentuk bulat, kehitaman, permukaan halus, terdapat <i>bulbus suspensor</i> .

E. Biofertilizer Fungi

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) diakui sebagai kontributor memberikan pengaruh mereka pada agregasi tanah, fisiologi tanaman, dan komposisi tumbuhan. Fungi mikoriza arbuskular (FMA) berkontribusi langsung dalam proses pembentukan bahan organik tanah. Terkait itu beberapa penelitian terbaru tentang pembentukan dan stabilisasi agregat bahan tanah. Mikro agregat tanah dan bukan makro agregat tanah yang melindungi bahan organik tanah dalam jangka panjang dan mikro agregat berperan penting dalam proses mempengaruhi stabilisasi bahan organik tanah.⁷³

1. Fungi Mikoriza

Berdasarkan karakteristik morfologinya fungi mikoriza pada perakaran, para ahli mengklasifikasikannya bentuk simbiosis antara fungi mikoriza yang menyelubungi bagian luar akar, tidak menginfeksi sel tapi masuk di ruang antarsel, endomikoriza atau dikenal juga fungi mikoriza arbuskular, yang menunjukkan menginfeksi hingga ke bagian dalam sel akar. Mikoriza arbuskular (AM) adalah jenis dominan dan merupakan leluhur dari tanaman mikoriza pada tanaman darat. Mikoriza arbuskular dikelompokkan berdasarkan pada pertimbangan morfologi dan juga pada pemanfaatan molekuler.⁷⁴

⁷³ Sutarman, *Biofertilizer Fungi*, (Sidoarjo : Umsida Press, 2016) h, 40.

⁷⁴ Sutarman, *Biofertilizer Fungi*..... h 40.

2. Bioekologi Fungi mikoriza Arbuskular

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) dapat mempengaruhi keanekaragaman tanaman dan produktivitas ekosistem. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa fungi ini dapat meningkatkan efisiensi budidaya tanaman.⁷⁵

3. Fisiologi Fungi Mikoriza`

Kemampuan mendifusikan ion yang diperlukan oleh tanaman inang, pengambilan P oleh mikoriza. Pada tanah yang memiliki pH yang rendah dan tingkat AL dan Mn yang membutuhkan tinggi input dan pemberian bahan organik sudah tentu akan meningkatkan produksi tanaman. Fungi mikoriza arbuskula seperti *Glomus, etunicatum*, dan *S. Pelusida* juga secara signifikan mengubah konsentrasi unsur-unsur P, Zn, Cu, Sa, N, K, Fe, dan Al dalam jaringan, dengan demikian tampak nyata bahwa fungi ini efektif membantu pertumbuhan tanaman dan serapan hara. Fungi mikoriza arbuskular juga memiliki kemampuan untuk mendegradasi bahan organik. Penelitian menyebutkan berbagai enzim yang dihasilkan oleh fungi mikoriza dapat digunakan untuk mendegradasi dinding sel tanaman, oksidasi asam fenolik dan tanin, hidrolisis lignin.⁷⁶

4. Peran *Glomus*

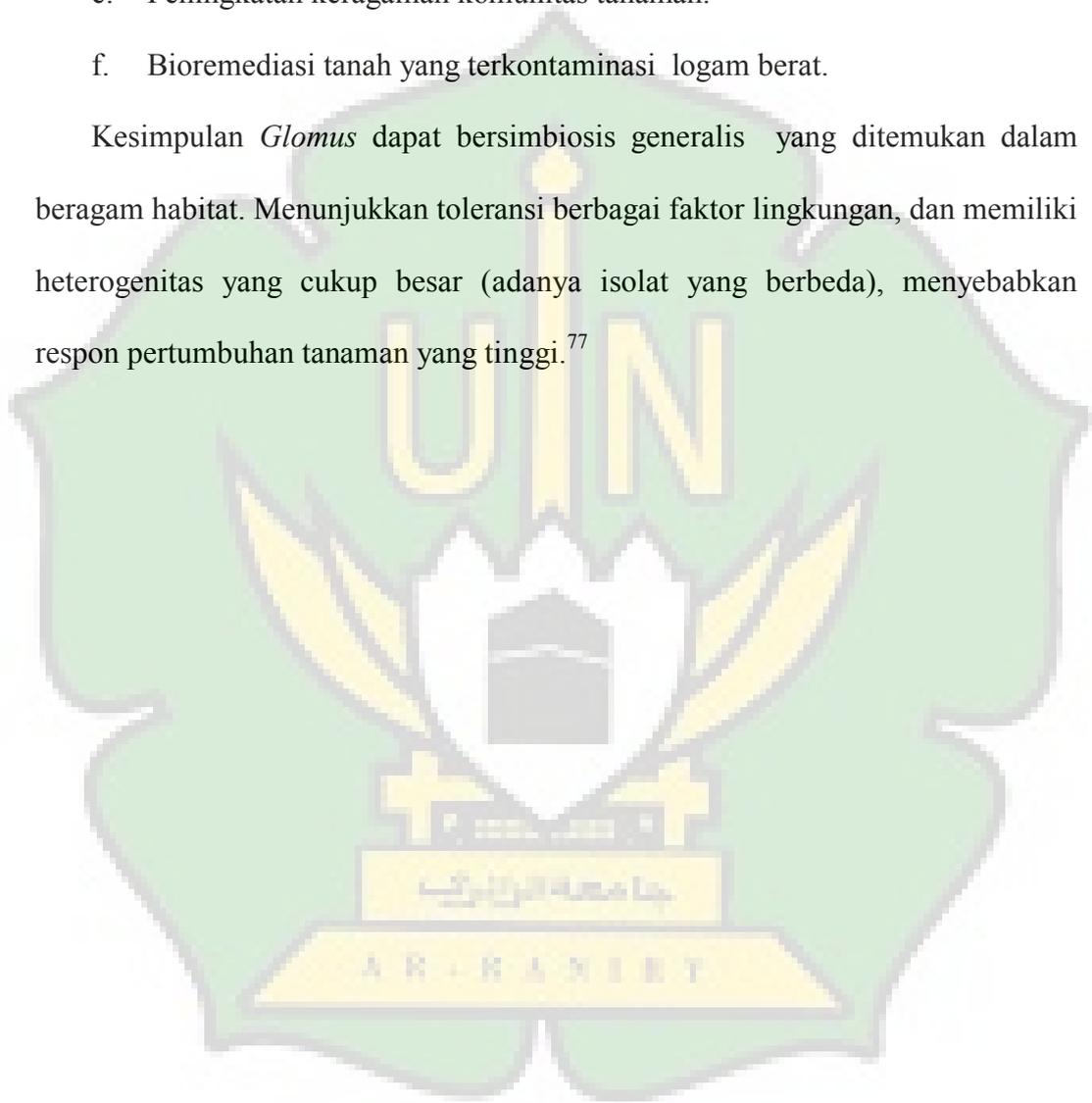
- a. Konsistensi berbagai isolat jamur mikoriza arbuskular dalam meningkatkan penyerapan nutrisi berupa fosfor (P) dan juga berkontribusi dalam penyerapan kalsium (Ca), Besi (Fe) dan Nitrogen (N).

⁷⁵ Sutarman, *Biofertilizer Fungi*,.... h 43.

⁷⁶ Sutarman, *Biofertilizer Fungi*..... h 46-47.

- b. Peningkatan toleransi tanaman terhadap *stress biotic* dan abiotik.
- c. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang sehat, dan membantu dalam pembentukan bibit akar .
- d. Mengambil nutrisi dari dalam tanah.
- e. Peningkatan keragaman komunitas tanaman.
- f. Bioremediasi tanah yang terkontaminasi logam berat.

Kesimpulan *Glomus* dapat bersimbiosis generalis yang ditemukan dalam beragam habitat. Menunjukkan toleransi berbagai faktor lingkungan, dan memiliki heterogenitas yang cukup besar (adanya isolat yang berbeda), menyebabkan respon pertumbuhan tanaman yang tinggi.⁷⁷

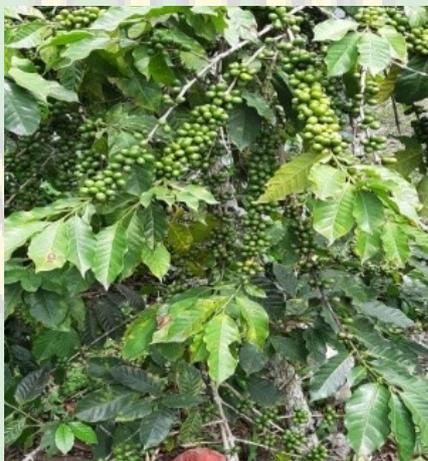


⁷⁷ Kim maria, dkk., *Glomus*. (India: Department of Botany: 2008) h 564.

F. Tanaman Kopi

1. Morfologi Tanaman Kopi

Tanaman kopi membutuhkan waktu 3 tahun dari saat perkecambahan sampai menjadi tanaman berbunga dan menghasilkan buah kopi. Semua spesies kopi berbunga berwarna putih dan wangi. Bunga tersebut muncul pada ketiak daun. Adapun buah kopi tersusun dari kulit buah (*epicarp*), daging buah (*mesocarp*) dikenal dengan sebutan pulp, dan kulit tanduk (*endocarp*). Buah yang terbentuk akan matang dalam 7-12 bulan. Setiap buah kopi memiliki dua biji kopi. Buah dan biji kopi liberika sangat besar. Biji kopi dibungkus oleh kulit keras disebut tanduk (*pachmentskin*). Biji mempunyai alur pada bagian datarnya.⁷⁸



2.7 Gambar Morfologi Pohon Kopi⁷⁹

2. Taksonomi Kopi

Tanaman kopi termasuk dalam genus *Coffea* dengan famili Rubiaceae.

Tanaman kopi skala luas di seluruh dunia, yaitu kopi arabika dan kopi robusta.⁸⁰

Kingdom : Plantae
Division : Magnoliophyta

⁷⁸ Pudji Raharjo, *Berkebun Kopi*, (Bogor:Penebar Swadaya, 2013) h 24.

⁷⁹ Foto Dokumentasi Diambil pada Bulan Juni 2019 (Lokasi Perkebunan Kopi Arul Item)

⁸⁰ Luqman Qurata, *Teknik Menanam Kopi*, (Surabaya:Udaya Press, 2009) h 89.

Class : Magnoliopsida
 Order : Rubiales
 Family : Rubiaceae (suku kopi-kopian)
 Genus : *Coffea*

3. Jenis-jenis Kopi
 a. Kopi Arabika

Kopi Arabika (*Coffea arabica*) termasuk kelompok tanaman semak belukar merupakan salah satu tanaman perkebunan yang menjadi produk unggulan dan diindonesia daerah penghasilnya adalah Gayo. Tanaman kopi sebagian besar merupakan perkebunan rakyat dengan penerapan teknologi budidaya yang masih terbatas. Bila penerapan teknologi dan budidaya di perkebunan kopi rakyat tersebut diperbaiki, maka produksinya bisa ditingkatkan.⁸¹



2.8 Gambar Morfologi Pohon Tanaman Kopi Arabika⁸²

b. Kopi Robusta

Kopi robusta (*Coffea chanepora*) merupakan jenis kopi yang dapat tumbuh pada ketinggian 1.700 m di atas permukaan laut. Bentuk

⁸¹ Ernawati, *Teknologi Budidaya Kopi Poliklnal*. (Jakarta: Pengembangan Teknologi Pertanian, 2008) h 98.

⁸² Foto Dokumentasi Diambil pada Bulan Juni 2019 (Lokasi Perkebunan Kopi Arul Item)

tumbuh tegak ke atas, daunnya lebih kecil dengan permukaan agak berombak, dan dari batangnya tumbuh banyak cabang – cabang.



2.9 Gambar Morfologi Tanaman Kopi Robusta⁸³

c. Syarat – syarat Tumbuh Tanaman Kopi

1) Tanah

a) Sifat Fisis Tanah

Sifat fisis tanah meliputi tekstur, struktur, air dan udara di dalam tanah. Tanaman kopi menghendaki reaksi yang agak asam dengan derajat keasaman 5-6.

2) Iklim

Faktor iklim sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi. Faktor iklim mencakup :

- a) Daerah penyebaran, tinggi tempat, suhu.
- b) Curah hujan dalam satu tahun
- c) Angin.
- d) Pengaruh iklim terhadap produksi tanaman.

⁸³ Foto Dokumentasi Diambil pada Bulan Juni 2019 (Lokasi Perkebunan Kopi Arul Item)

3) Pertumbuhan Tanaman kopi

Isolat mikoriza tanaman kopi memberikan pengaruh terhadap diameter batang, terjadinya peningkatan diameter batang oleh perlakuan mikoriza diperkirakan berhubungan erat dengan sistem perakaran kopi yang terbentuk dan tingkat infeksi akar oleh mikoriza. Infeksi mikoriza akan membentuk sistem perakaran yang baik sehingga tanaman mampu menyerap unsur hara dan air tanah secara optimal sehingga tanaman kopi mampu tumbuh dan berkembang secara baik.⁸⁴

Pemberian takaran inokulan FMA yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata terhadap jumlah daun dan panjang akar, tetapi memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman. Untuk variabel tinggi tanaman, semakin tinggi takaran inokulan FMA maka pertumbuhan tinggi bibit kopi pun semakin baik, mikoriza memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman kopi. Hal ini diduga bahwa dengan pemberian inokulan FMA mampu membantu penyerapan nutrisi dan unsur hara oleh akar kopi dibandingkan tanpa FMA. FMA dapat meningkatkan pengambilan hara melalui difusi hara dari dalam tanah ke akar karena bidang penyerapan oleh hifa FMA yang lebih luas.⁸⁵

G. Referensi

Referensi adalah sumber acuan (rujukan sesuatu petunjuk) yang dapat dipakai sebagai bahan. Referensi juga merupakan bahan acuan, rujukan, dan bahan pembandingan di dalam pembelajaran. Pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik (Mahasiswa) dengan pendidik (Dosen) guna mencapai tujuan pembelajaran.

⁸⁴ Usman daras,” Pengaruh Mikoriza dan Amelioran terhadap Pertumbuhan Benih Kopi”, *Jurnal Buletin Ristri*, Vol., 4.No.,2, (2013) h 148-149.

⁸⁵ Lia sugiarti,” Pengaruh Takaran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.)”, *Jurnal Agro*, Vol., No.,1, (2018) h 62.

Pembelajaran sub materi Mikoriza merupakan pembelajaran yang mempelajari hubungan interaksi antara jamur dengan akar tumbuhan tingkat tinggi.⁸⁶

Macam-macam media Pembelajaran :

1. Buku Elektronik (*E-book*)

Buku elektronik atau disingkat (*E-book*) atau buku digital. Buku elektronik berisikan informasi digital yang juga dapat berwujud teks atau gambar.⁸⁷

Fungsi (*E-book*) secara umum adalah sebagai media untuk pembaca informasi secara digital melalui perangkat khusus. Sebagai sarana untuk belajar dan memperoleh informasi. Penggunaan (*E-book*) dapat memberikan informasi kepada pembaca dalam memperoleh informasi berisikan tentang ilmu pengetahuan dan tutorial dibidang tertentu.

Beberapa kelebihan (*E-book*):

- a. Lebih Ringkas : (*E-book*) terbukti jauh lebih ringkas dibandingkan dengan buku cetak. Pembaca dapat mudah mengakses kapan dan dimana saja untuk memperoleh informasi yang diinginkan materi yang diinginkan dan dapat diakses pada semua kalangan.
- b. Ramah Lingkungan : (*E-book*) didesain dalam bentuk digital sehingga dapat mengurangi dampak penggunaan kertas yang berlebihan.⁸⁸
- c. Ditampilkan secara elektronik tersedia dalam berbagai macam format.

⁸⁶Tim Penyusun Kamus Pusat Bahasa, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, 2002), h. 939.

⁸⁷ Departemen Pendidikan Nasional, *Wikipedia.*, diakses pada tanggal 24 Agustus 2020.

⁸⁸ Aris Lesmana, *Mengenal Formula dan Fungsi pada Excel* , (Bandung:Native Enterprise, 2017) h 6-8.

d. Komponen *E-book*

Jenis format Buku Elektronik menggunakan PDF (*Portable Document Format*) yang dimana format hampir mencakupi semua *platform* komputer dan perangkat genggam. Beberapa aplikasi pembaca buku digital dapat menyusun ulang tampilan beberapa dokumen pdf, serta mengakomodasi layar kecil. Komponen dalam penyusunan *E-book* terdiri dari 3 Komponen

- a). Pendahuluan (Kata Pengantar, Daftar Isi)
- b). Isi (Pendahuluan, Pengertian Mikoriza, Macam-macam mikoriza Berdasarkan Cara Infeksinya, Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular, Faktor yang Mempengaruhi Mikoriza, Peran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada tanaman, Fungsi Mikoriza Arbuskular, Genus Fungi Mikoriza Arbuskular, Hasil Penelitian Fungi Mikoriza Arbuskular, Glosarium)
- c). Penutup (Daftar Pustaka)

H. Uji Kelayakan

Uji kelayakan adalah salah satu ciri yang memadai tes hasil belajar yang baik. Untuk dapat menentukan apakah suatu tes hasil belajar telah memiliki validitas atau daya ketepatan mengukur, dapat dilakukan dari dua segi, yaitu : dari segi tes itu sendiri sebagai totalitas dan dari segi itemnya, sebagai bagian yang tidak dapat terpisahkan dari tes tersebut.⁸⁹ Validasi adalah proses pemeriksaan suatu produk untuk mengetahui kevalidan (sah) atau tidaknya suatu produk.⁹⁰ Uji kelayakan dalam penelitian ini adalah untuk melihat beberapa aspek dari kelayakan referensi

⁸⁹ Sandu Siyoto, *Dasar Metodologi Penelitian*, (Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015) h 83.

⁹⁰ M. Agus J. Alam, *Mengolah Data Base dengan Borland Delphi*, (Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2003) h 181.

mata kuliah mikologi yaitu buku elektronik (*E-book*). Kelayakan ahli Materi memiliki beberapa aspek di antaranya Isi dan Kebahasaan, sedangkan ahli materi terdiri dari aspek kegrafikan dan penyajian.

I. Respon Mahasiswa

Respon merupakan suatu tingkah laku yang dipengaruhi karena adanya tanggapan dan rangsangan dari lingkungan. Respon mahasiswa adalah tingkah laku atau reaksi siswa selama mengikuti kegiatan pembelajaran. Suatu respon bisa muncul apabila melibatkan Panca indra dalam mengamati dan memperhatikan suatu objek pengamatan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi adanya suatu respon, yakni pengalaman serta proses belajar. Respon merupakan kesan atau tanggapan setelah kita mengamati melalui aktivitas pengindraan sehingga terbentuknya sikap positif atau sikap negatif.⁹¹

Respon merupakan suatu reaksi atau tanggapan seseorang terhadap stimulus atau rangsangan yang muncul, dimana biasanya stimulus tersebut berpengaruh terhadap diri seseorang kemudian muncul suatu reaksi yang bermacam-macam baik sebatas pengetahuan atau pendapat, sikap ataupun perilaku.⁹²

⁹¹ Ummu Khairiyah, "Respon Siswa Terhadap Media Dakon Matika Materi KPK dan FPB pada siswa kelas IV di SD/MI Lamongan", *Jurnal Studi Kependidikan dan KeislamanI*, Vol.,5.No.,2, (2019) h 199.

⁹² Muhimmatun Nasikhah, "Respon Mahasiswa Fakultas Dakwah dan Komunikasi Uin Walisongo Semarang Terhadap Tanyangan Dakwahtainment 'mari kita sahur' Trans Tv", *Skripsi*, (2018) h 28.

Respon mahasiswa diukur dengan menggunakan lembar angket yang kemudian akan dianalisis dengan menghitung rata-rata keseluruhan skor yang telah dibuat. Aspek-aspek angket yang diberikan kepada mahasiswa terkait pernyataan tentang media pembelajaran dimana mahasiswa akan memilih satu jawaban yang cocok, pilihan jawaban berupa sangat setuju, setuju, ragu-ragu, tidak setuju dan sangat tidak setuju. Adapun indikator respon mahasiswa yang diukur yaitu, bahasa media, efektivitas media, dan materi.

Dalam penelitian ini mahasiswa dapat memberikan responsnya melalui pilihan yang telah disediakan oleh peneliti. Pilihannya yaitu sangat setuju (SS), setuju (S), ragu-ragu (RR), tidak setuju (TS) dan sangat tidak setuju. Respon mahasiswa dikatakan positif jika langkah-langkah analisis hasil respon siswa adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung banyaknya mahasiswa yang menjawab setuju, sangat setuju, ragu-ragu, tidak setuju, dan sangat tidak setuju.
- b. Menghitung persentase jawaban sangat setuju, setuju, ragu-ragu, tidak setuju, dan sangat tidak setuju kepada setiap masing-masing jawaban.
- c. Menyatakan respon yang mahasiswa jawab menjadi respon positif.
 - 1) Dikatakan positif untuk pernyataan positif jika banyak mahasiswa yang memberikan respon “sangat setuju” dan “setuju” persentasenya lebih besar daripada respon “ragu-ragu” “tidak setuju” dan “sangat tidak setuju”.
 - 2) Dikatakan positif untuk pernyataan negatif jika banyak mahasiswa yang memberikan respon “sangat tidak setuju” dan “tidak setuju” persentasenya lebih besar daripada respon “setuju” dan “sangat setuju” dan ragu-ragu”.

- d. Persentase respon mahasiswa dalam angket dihitung pada setiap pernyataan diangket
- e. Menghitung secara keseluruhan jumlah respon positif dengan kategori tersendiri.⁹³



⁹³Edno Kamelta, “Pemanfaatan Internet oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Negeri Padang”, *Jurnal CIVED ISSN 2302-3341*, Vol. 1, No. 2 (2013), h. 144.

BAB III METODE PENELITIAN

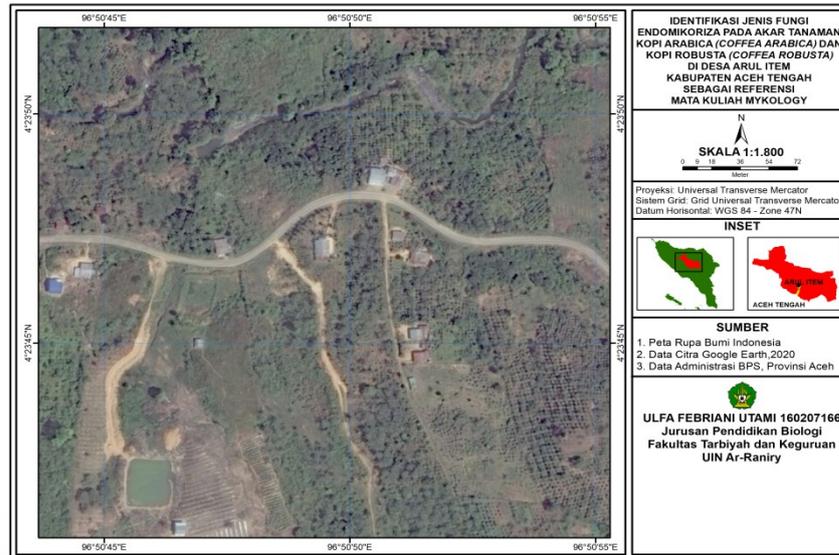
A. Rancangan Penelitian

Penelitian fungi mikoriza arbuskular menggunakan metode *Random sampling*. Teknik *Random sampling* yaitu metode penentuan sampel dengan memilih langsung dari populasi dan dari setiap populasi untuk menjadi sampel. Pengambilan sampel disesuaikan dengan kriteria panjang batang, diameter batang, percabangan batang.⁹⁴ Lokasi penelitian menggunakan teknik *sampling* yaitu ditentukan titik pengambilan sampel dengan masing-masing tanaman kopi diambil 1 sampel tanah.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah yang berjarak 60 kilometer dari Aceh Tengah. Berdasarkan letak stasiun penelitian terletak pada koordinat $4^{\circ} 23'44''N96^{\circ}50'47''E$. Untuk menuju lokasi penelitian dibutuhkan waktu selama 2 jam perjalanan. Perkebunan Kopi desa Arul item merupakan salah satu daerah penghasil terbesar kopi di Aceh Tengah. Daerah pengambilan sampel tanah dilakukan pada pertanahan menajak yang dimana ditentukan 5 titik, titik lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar, pengambilan sampel dilakukan sebanyak 1 kali.

⁹⁴ Ruqayah, dkk, *Pedoman Pengumpulan Data*, (Bogor: Pusat Penelitian Biologi LIPI, 2004), h. 50.



3.1. Gambar Lokasi Penelitian

C. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh spora mikoriza arbuskular yang terdapat di kawasan perkebunan kopi Desa Arul Item Kecamatan Linge Kabupaten Aceh Tengah. Sedangkan yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah seluruh spora mikoriza arbuskular yang terdapat di titik pengambilan sampel di kawasan perkebunan kopi Desa Arul Item Kecamatan Linge Kabupaten Aceh Tengah.

D. Alat dan Bahan

Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian Fungi Mikoriza Arbuskula yang terdapat pada tanaman kopi Arabika dan Robusta.

No	Nama Alat dan bahan	Fungsi
Alat		
1	Tembilang	Untuk menggali tanah
2	Kamera digital	Untuk mengambil gambar
3	Timbangan Manual	Untuk menimbang tanah yang diambil
4	Thermometer Tanah	Untuk mengukur suhu tanah
5	Soil Tester	Untuk mengukur kelembapan pH tanah
6	Alat Tulis	Untuk mengambil suspensi hifa jamur
7	Kaleng 10-25 cm	Untuk pencuplikan sampel
8	Meteran	Untuk mengukur jarak dan panjang

9	Plastik	Untuk menyimpan sampel tanah
10	Ayakan Bertingkat	Untuk menyaring tanah
11	Mikroskop	Untuk melihat jasad renik
12	Petridisk	Untuk meletakkan sampel
13	Kaca benda	Untuk meletakkan preparat
14	Gelas kimia	Untuk mengukur air
15	Pipet tetes	Untuk mengambil dan meneteskan larutan
16	Koran	Tempat untuk menampung tanah yang sedang di ayak
17	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan
18	Botol semprot	Untuk menyimpan, mencuci ataupun membilas bahan-bahan yang tidak larut dalam air dan menetralkan peralatan yang akan digunakan
19	Sentrifuse	Untuk memisahkan bahan tersuspensi dari media.
20	GPS	Untuk menentukan ketinggian tempat..

Tabel Bahan yang digunakan dalam penelitian Fungi Mikoriza

No	Bahan
1.	Aquades Untuk membersihkan sampel tanah dengan spora mikoriza
2.	Gliserol Untuk memisahkan spora mikoriza dengan partikel tanah
3.	Alkohol Untuk perendaman mikoriza setelah di ayak

D. Prosedur Penelitian

1. Pengambilan sampel dilakukan dengan:
 - a. Penentuan lokasi penelitian menggunakan metode *purposive sampling* yang dilakukan dengan cara menentukan jenis tanaman kopi yang memiliki beberapa kriteria yang telah ditentukan, yaitu tinggi batang dan diameter batang serta percabangan pada batang. Ditentukan 5 titik di area pengambilan sampel tanah pada pohon Arabika dan Robusta.
 - b. Tanah digali menggunakan tembilang pada kedalaman 15-35 cm (bagian terdekat pada akar kopi).
 - c. Dimasukkan tanah ke dalam kaleng dan ditimbang dengan ukuran 500 gram, serta dibawa ke Laboratorium Universitas Negeri Islam Ar-raniry Banda Aceh.

d. Pengolahan sampel dilakukan dengan :

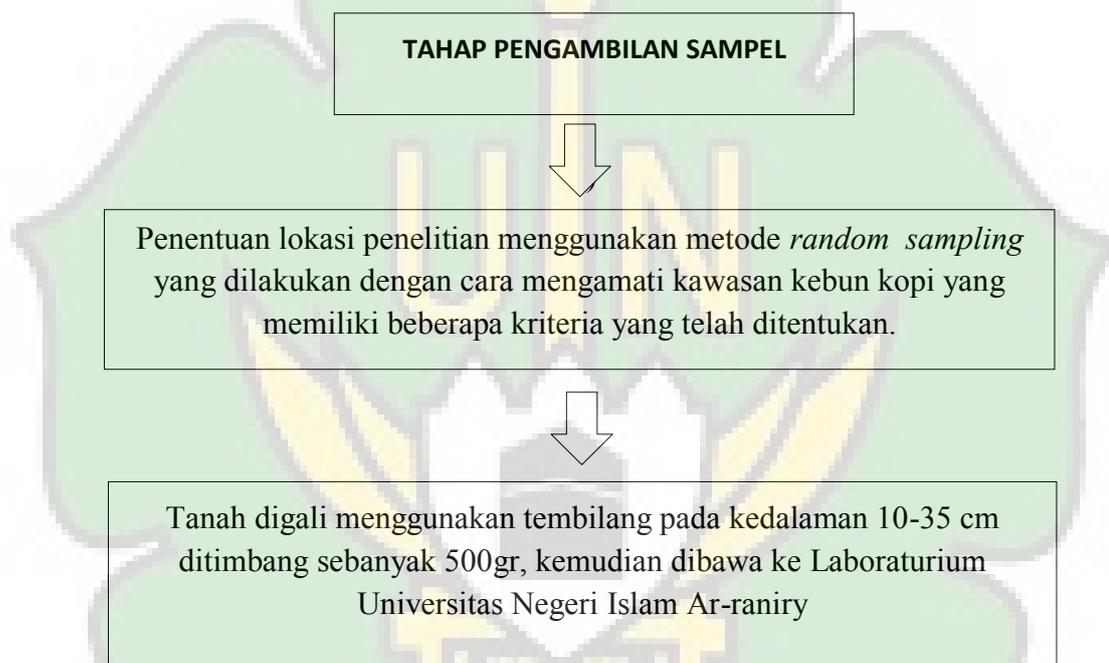
- 1) Sampel tanah diambil sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam saringan bertingkat dan dicuci dengan air biasa yang mengalir sehingga menjadi partikel-partikel kecil serta mendapatkan spora pada saringan terakhir.
- 2) Hasil saringan kembali dimasukkan ke dalam gelas ukur, yang berukuran 3000 ml. Perlakuan tersebut diulangi pada setiap sampel 2,3,4,5, dan 6 sehingga sampel pada air terlihat sedikit jernih.
- 3) Hasil sampel terakhir perlakuan tersebut yang terdapat pada saringan dimasukkan ke dalam botol sampel dan ditambahkan aquadest 20 ml.
- 4) Ditambahkan ke dalam tube gliserol 50 % dengan volume yang sama (20 mL gliserol) kemudian dimasukkan dalam tube menggunakan pipet tetes yang berukuran besar.
- 5) Volume dalam tube 1 harus sama dengan jumlah volume tube yang lainnya sehingga sentrifuse dapat berputar, di sentrifuse dengan kecepatan 2.000 rpm selama 10 menit.⁹⁵

⁹⁵ Ikhlas Wahid, "Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jueseulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimum Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan" *Skripsi*, (2018) h 36.

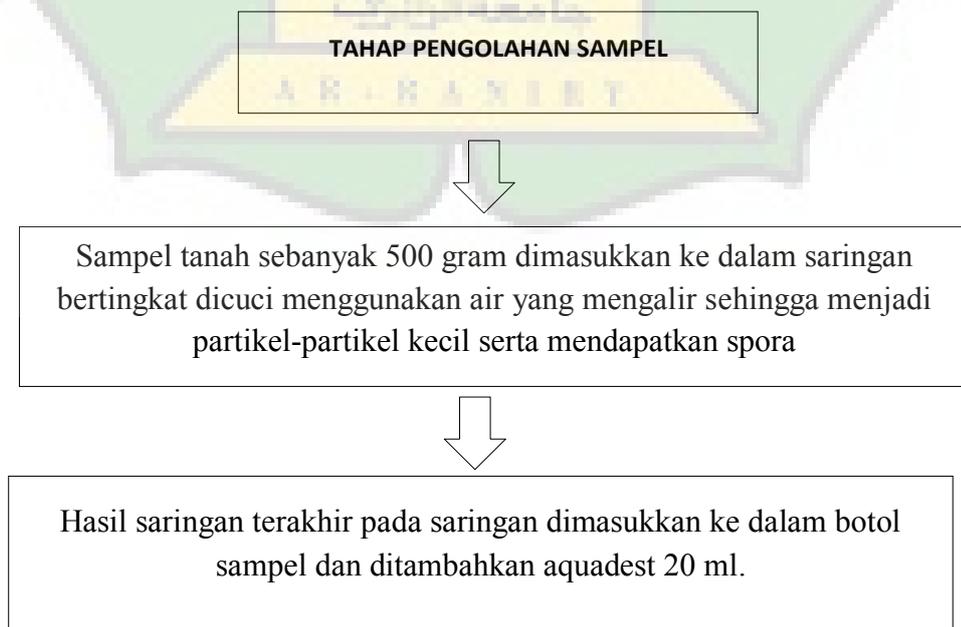
e. Identifikasi Sampel

- 1) Diambil sampel spora yang dapat dari hasil penyaringan dengan menggunakan pipet tetes dan lihat di bawah mikroskop. Diulangi sampai 5 kali pengamatan.
- 2) Didokumentasikan dan identifikasi masing-masing spesies yang diperoleh berdasarkan karakteristik morfologinya.

Skema pengambilan sampel



Skema pengolahan sampel





E. Parameter Penelitian

1. Jumlah spora mikoriza arbuskular pada akar tanaman kopi Arabika.
2. Jumlah spora mikoriza arbuskular pada akar tanaman kopi Robusta.
3. Untuk melihat bentuk-bentuk spora dari mikoriza arbuskular yang di temukan.
4. Keadaan fisik-kimia lingkungan meliputi suhu tanah, pH tanah, dan kelembapan tanah.

F. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian berisikan pengamatan, dan pertanyaan yang dipersiapkan untuk mendapatkan informasi. Instrumen merupakan suatu alat yang memenuhi persyaratan akademis sehingga dapat mengukur suatu objek ukur atau mengumpulkan data mengenai suatu variabel.⁹⁶ Instrumen penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan Lembar Pengamatan Tabel Mikoriza untuk mengidentifikasi jenis Fungi Mikoriza Arbuskular. Untuk mengukur kevalidan hasil penelitian untuk uji kelayakan media menggunakan lembar Validasi. Lembar validasi yang dimulai memberikan angket kepada dosen ahli materi, media, kemudian menghitung skor penilaian. Instrumen yang digunakan dalam melihat minat/tanggapan mahasiswa menggunakan lembar angket yang berisi pertanyaan. Respon mahasiswa menggunakan angket yang berisikan pertanyaan dan diberi pada mahasiswa yang mengambil mata kuliah mikologi serta menghitung skor penilaian dari masing-masing mahasiswa.

G. Teknik Analisis Data

1) Analisis Data Jenis-Jenis Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA).

Analisis data Jenis spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dilakukan dengan cara analisis kualitatif yaitu dengan mencantumkan famili dan nama ilmiah yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar serta mendeskripsikan masing-masing spesies yang diperoleh berdasarkan ciri-ciri morfologinya.⁹⁷

⁹⁶ Ovan, dkk, *Aplikasi Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Berbasis Web*, (Sulawesi Selatan: Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia, 2020) h 1.

⁹⁷ Asep Saepul Hamdu, *Metode Penelitian Kuantitatif dalam pendidikan*, (Yogyakarta : Deepublish, 2014), h 89.

- 2) Analisis data tentang hasil penelitian yang digunakan untuk referensi atau acuan berupa buku elektronik (*E-book*) menggunakan lembar validasi ahli materi maupun ahli media, lembar penilaian dari validator akan dianalisis menggunakan rumus uji kelayakan. Analisis data lembar validasi terhadap hasil penelitian terdiri dari dilakukan dengan cara analisis kuantitatif menggunakan skor penilaian dengan skor tunggal dan skor terendah 5 = Sangat baik 4 = Baik 3 = Cukup baik 2 = Cukup 1 = Kurang baik yang terdiri dari kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kegrafikan, kelayakan kebahasaan.⁹⁸ Rumus yang digunakan untuk menguji kevalidan atau kelayakan hasil penelitian menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{\Sigma \text{ skor perolehan}}{\Sigma \text{ Skor total}} \times 100\%.$$

Kategori :

- 81% - 100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar
 60% - 79% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan
 40% - 59% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat
 20%-39% = Tidak layak direkomendasikan
 0% - 19% = Sangat tidak layak untuk direkomendasikan.

⁹⁸ Fajri ismail, *Statiska*, (Penelitian Pendidikan), (Jakarta:Prenadamedia Group, 2018) h 879.

⁹⁹ Anas Sujino, *Pengantar Statistik Pendidikan*, (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2001) h 4

Kriteria penilaian validasi :

Tabel 3.3 Kriteria penilaian validasi.¹⁰⁰

Penilaian	Skor
Sangat Baik	5
Baik	4
Cukup Baik	3
Kurang Baik	2
Tidak Baik	1

3) Respon Mahasiswa

Analisis data lembar angket terhadap hasil penelitian untuk melihat hasil produk penelitian yang digunakan untuk referensi pembelajaran mikologi menggunakan lembar kuesioner yang diberikan kepada mahasiswa Pendidikan Biologi yang telah mengambil mata kuliah mikologi berjumlah 20 responden. Lembar kuesioner berisi 9 pertanyaan lalu memuat jawaban dari salah satu jawaban yang dianggap sesuai dengan pengalaman mahasiswa sendiri. Dengan penilaian skala likert dengan kategori penilaian :

SS = Sangat Setuju

S = Setuju

RR =Ragu-ragu

TS = Tidak Setuju

STS = Sangat Tidak Setuju

$$P = \frac{FrN}{N} \times 100\%$$

¹⁰⁰ Sudjana, *Metode Statistik*, (Bandung :Tarsito, 1989), h 49.

Keterangan :

P = Persentase yang dicari

F = Frekuensi / jumlah skor yang diperoleh

N = Jumlah Responden

Kriteria Persentase Respon Mahasiswa sebagai berikut :

$85\% \leq$ Respon mahasiswa = Sangat Positif

$70\% \leq$ Respon mahasiswa $< 85\%$ = Positif

$50\% \leq$ Respon mahasiswa $< 70\%$ = Kurang Positif

Respon mahasiswa $< 50\%$ = Tidak Positif.¹⁰¹



¹⁰¹ Edno Kamelta, "Pemanfaatan Internet oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Negeri Padang", *Jurnal CIVED ISSN 2302-3341*, Vol. 1, No. 2 (2013) h, 144.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) yang Terdapat di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah ditemukan 7 spesies yang terdiri dari 23 individu, 2 genus dan 2 famili, yaitu Glomeraceae dan Acaulosporaceae. Data spesies FMA yang terdapat pada perkebunan kopi Robusta (*Coffea chanepora*) desa Arul Item dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jenis Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah

No	Spesies	Jumlah	Genus	Famili
1.	<i>Acaulospora combiana</i>	5	<i>Acaulospora</i>	Acaulosporaceae
2.	<i>Glomus aurantium</i>	1	<i>Glomus</i>	Glomeraceae
3.	<i>Glomus ambisforum</i>	1		
4.	<i>Glomus clavisforum</i>	2		
5.	<i>Glomus diserticola</i>	2		
6.	<i>Glomus</i> sp.	11		
7.	<i>Sclerocyttis</i> sp.	1		
Jumlah		23		

Sumber : Hasil penelitian Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) yang terdapat di desa Arul Item terdiri dari 2 famili yaitu, famili Acaulosporaceae terdapat genus *Acaulospora* dengan jenis *Acaulospora combiana*. Famili Glomeraceae terdiri dari Genus *Glomus* dengan jenis *Glomus aurantium*, *Glomus ambisforum*, *Glomus clavisporum*, *Glomus diserticola*, *Glomus* sp., *Sclerocyttis* sp.

2. Jenis-jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) yang Terdapat di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah ditemukan 7 spesies yang terdiri dari 26 individu, 3 genus dan 3 famili, yaitu Glomeraceae, Acaulosporaceae, dan Gigasporaceae. Data spesies FMA yang terdapat pada perkebunan kopi Arabika (*Coffea arabica*) Desa Arul Item dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jenis Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Arabika Desa Arul item Kabupaten Aceh Tengah

No	Spesies	Jumlah	Genus	Famili
1.	<i>Acaulospora denticulata</i>	3	<i>Acaulspora</i>	Acaulosporaceae
2.	<i>Glomus canadense</i>	1	<i>Glomus</i>	Glomeraceae
3.	<i>Glomus diserticola</i>	3		
4.	<i>Glomus multicaule</i>	1		
5.	<i>Glomus</i> sp.	9		
6.	<i>Scutellospora</i> sp.	6	<i>Gigaspora</i>	Gigasporaceae
7.	<i>Gigaspora</i> sp.	3		
Jumlah		26		

Sumber : Hasil Penelitian Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) yang terdapat di desa Arul Item terdiri dari 3 famili yaitu, famili Acaulosporaceae terdapat genus *Acaulospora* dengan jenis *Acaulospora denticulata*. Famili Glomeraceae terdiri dari Genus *Glomus* dengan jenis *Glomus canadense*, *Glomus diserticola*, *Glomus multicaule*, *Glomus* sp. Famili Gigasporaceae dengan jenis *Scutellospora* sp. dan *Gigaspora* sp.

a. Morfologi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular pada Akar Tanaman Kopi Robusta dan Arabika

1). Famili Glomeraceae

a). *Glomus clavisforum*



Gambar 4.1 *Glomus clavisforum* sp.,

A).Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi¹¹⁶

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan Kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus clavisforum* merupakan spesies mikoriza glomus, yang bercirikan berwarna kecokelatan hingga hitam, yang dimana spora terbentuk sendiri dalam rangkaian sporokarp yang semakin kompleks. Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*).

Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Glomeromycota
Kelas	: Glomeromycetes
Ordo	: Glomerales
Famili	: Glomeraceae
Genus	: <i>Glomus</i>
Spesies	: <i>Glomus clavisporum</i>

¹¹⁶ Davis Collage, *Internasional Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, , <https://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/glomeraceae/glomus/>, di akses pada tanggal 26 Juni 2021

b) *Glomus aurantium*Gambar 4.2 *Glomus aurantium* sp.,¹¹⁷

A).Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Perkebunan Kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus aurantium* berbentuk bulat, berwarna hyalin kekuningan, memiliki 4 lapis dinding spora, serta permukaan yang halus tanpa ornamen. Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 1 individu. Jenis ini merupakan salah satu jenis yang paling sedikit pada akar tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*). Spesies ini ditemukan pada titik 3 dengan kisaran suhu tanah 19,7⁰C, kelembapan tanah 35%, dan pH tanah 6,7.¹¹⁸

Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Glomeromycota
Kelas	: Glomeromycetes
Ordo	: Glomerales
Family	: Glomeraceae
Genus	: <i>Glomus</i>
Spesies	: <i>Glomus aurantium</i>

¹¹⁷ Engelbert Manaroinsong, dkk, "Identifikasi Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada beberapa tekstur tanah di Lahan Kelapa Sawit di Kalimantan Tengah. *Balai Penelitian Tanaman*, Vol.16.,No.2 (2015) h 205.

¹¹⁸ Adi parulian lubis, "Eksplorasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Indigenous Pada Tanah Bekas Tambang Batubara, *Prosiding Seminar Nasional Pertanian*, ISBN : 978-602-97051-7-1, (2018), h 218.

c). *Glomus diserticola*

Gambar 4.3 *Glomus diserticola* sp.,
A).Gambar Hasil Pengamatan B. Berdasarkan Literatur / Referensi ¹¹⁹

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan Kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus diserticola* yaitu spesies fungi mikoriza yang termasuk ke dalam famili Glomaceae. Morfologi jenis spora ini memiliki warna kecokelatan hingga hitam, berbentuk glubos atau sub-glubos, obovoid atau ovoid. Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 2 individu dan Kopi Arabica (*Coffea arabica*) sebanyak 3 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 3 dengan kisaran suhu tanah 20,65⁰C, kelembapan tanah 48,5%, dan pH tanah 6,3. ¹²⁰

Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Glomeromycota
Kelas	: Glomeromycetes
Ordo	: Glomerales

¹¹⁹ Zahraeni Kumalawati, "Identifikasi dan isolasi Spora Tunggal Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Rhizosphenen Tebu (*Saccarum officinarum*), Prosiding Seinar Nasional Mikrobiologi Kesehatan dan Lingkungan, (2015), h 66.

¹²⁰ Sri wilarso, dkk, "Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular dibawah Tanaman Jabon (*Anthocephalus cadamba*) di Madiun Jawa Timur, *Jurnal Silvikultur Tropika*, Vol.,07, No.3, (2016) h 150.

Family : Glomeraceae
 Genus : *Glomus*
 Spesies : *Glomus diserticola*

d). *Glomus ambisporum*



Gambar 4.4 *Glomus ambisporum* sp.,

A).Gambar Hasil Pengamatan B. Berdasarkan Literatur / Referensi¹²¹

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan Kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus ambisporum* memiliki spora berbentuk bulat, permukaan halus sporocarps coklat tua hingga kehitaman, terdiri dari satu lapisan spora yang berasal dari hifa yang tebal. Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 4 dengan kisaran suhu tanah 20,9⁰C, kelembapan tanah 35%, dan pH tanah 6,6.¹²²

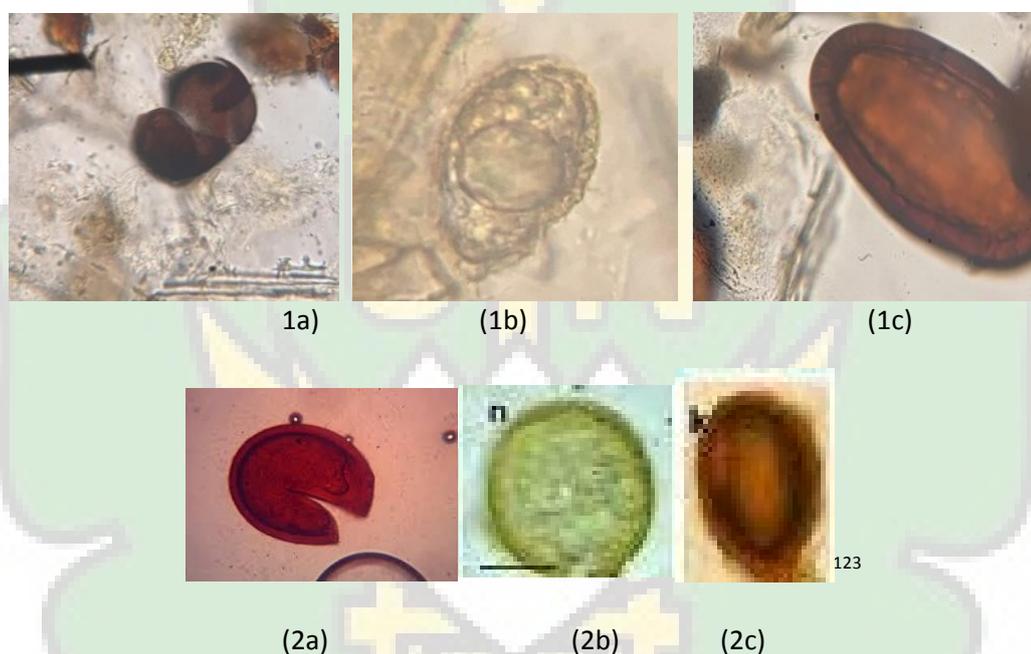
¹²¹ Ryzki ratna sari, dkk, "Identifikasi Mikoriza dari Lahan Desa Cabbiya, Pulau Poteran, Sumenep Madura, *Jurnal Sains*, Vol.3., No.2. (2014) h 69.

¹²² Davis Collage, *Internasional Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, , <https://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/glomeraceae/glomus/>, di akses pada tanggal 29 Juni 2021.

Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Glomeromycota
Kelas	: Glomeromycetes
Ordo	: Glomerales
Family	: Glomeraceae
Genus	: <i>Glomus</i>
Spesies	: <i>Glomus ambisforum</i>

e). *Glomus* sp.



Gambar 4.5 *Glomus* sp.,
1a). Gambar Hasil Pengamatan 2a) Gambar Literatur / Referensi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan Kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus* sp. (1a) Memiliki bentuk lonjong tidak terdapat hifa yang melekat serta permukaan spora yang halus memiliki dua lapis dinding sel berwarna coklat tua. Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 1 individu. Spesies ini

¹²³ Suharno,dkk, “Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tumbuhan Pokem (*Setria italica* L) dengan Metode Traping, *Jurnal Biologi*, Vol.7., No.2., (2015) h 73.

ditemukan pada titik 3 dengan kisaran suhu tanah 20,65⁰C, kelembapan tanah 48,5%, dan pH tanah 6,3.¹²⁴ *Glomus* sp. (1b) memiliki warna hyalin, dinding spora yang relatif kasar, berbentuk lonjong serta memiliki beberapa dinding spora.¹²⁵ Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 10 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 5 dengan kisaran suhu tanah 20,9⁰C, Kelembapan tanah 50%, dan pH tanah 6,1. *Glomus* sp. (1c) memiliki spora berbentuk lonjong, berwarna kecokelatan, dinding spora tebal dengan permukaan halus.¹²⁶ Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 2 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 5 dengan kisaran suhu tanah 20,9⁰C, Kelembapan tanah 50%, dan pH tanah 6,1.

Klasifikasi

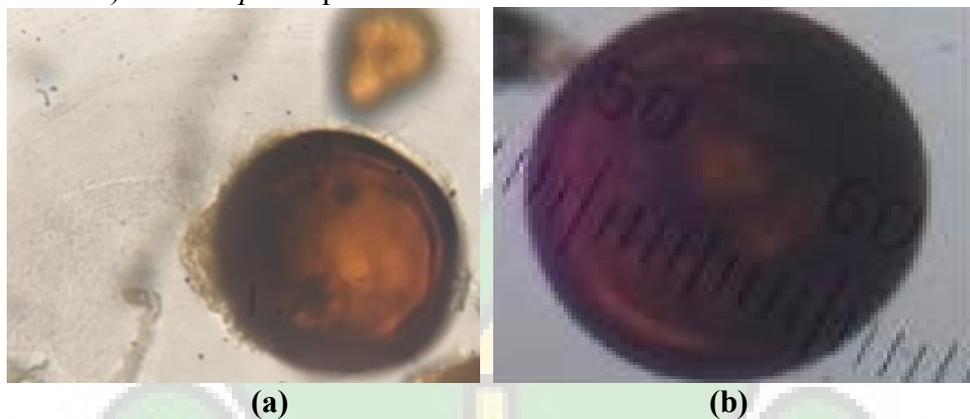
Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Glomerales
 Family : Glomeraceae
 Genus : *Glomus*
 Spesies : *Glomus* sp.

¹²⁴ Rizky Ratna Sari, “ Identifikasi Mikoriza dari Lahan Desa Cabbiya, Pulau Poteran, Sumenep Madura, *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol.3, No.2, (2014) h68.

¹²⁵ Yusriadi, dkk, “ Kepadatan dan Keragaman Spora Fungi Mikoriza Arbuskula pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Pangan Dilahan Pertanian Desa Sidera”, *Jurnal Agroland*, Vol. 25, No.,(2018) h 68.

¹²⁶ Sartika Febriani Ginting, “ Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dibawah Tegakan Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia*) pada beberapa Kedalaman Tanah, *Skripsi*, (2018) h 26.

2) Famili Acaulosporaceae
 a). *Acaulospora* sp.



(a) (b)
 Gambar 4.6 *Acaulospora* sp.,
 A). Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi ¹²⁷

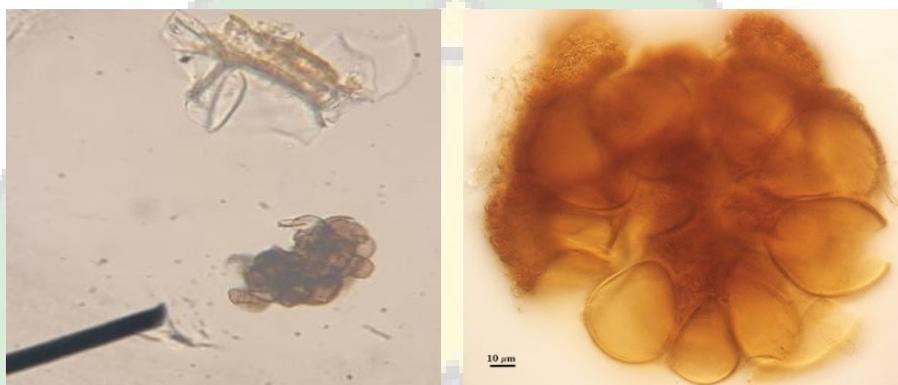
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan jenis *Acaulospora* sp. dari famili Acaulosporaceae, jenis ini mempunyai spora yang terbentuk dari pembentukan tunggal bersifat sesil sebelum terlepas dari sakul sporiferus. Beberapa kelompok *Acaulospora* memiliki ukuran hifa sekitar 5 μm . Memiliki spora berwarna kuning kehitaman, dinding spora yang tebal serta permukaan halus tanpa hifa yang melekat. Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 1 individu . Spesies ini ditemukan pada titik 1 dengan kisaran suhu tanah 20,8⁰C, kelembapan tanah 55%, dan pH tanah 6,4.

¹²⁷ Zahraeni Kumalawati, dkk, "Identifikasi dan Isolasi Spora Tunggal Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Rhizosper Tebu (*Saccharum officinarum*), *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi dan lingkungan*, (2015) h 66.

Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Diversisporales
 Family : Acaulosporaceae
 Genus : *Acaulospora*
 Spesies : *Acaulospora* sp.

b) *Sclerocystis* sp.



Gambar 4.7 *Sclerocystis* sp.,

A). Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi¹²⁸

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Sclerocystis* sp. dari genus *Glomus*, spora berwarna coklat kekuningan, lapisan dinding spora bergerombol, spora berukuran antara 80-200 µm, model formasi spora sporocaps, dijumpai ornamen yang berlapis maupun tidak berlapis. Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 1 dengan kisaran suhu tanah 20,8⁰C, kelembapan tanah 55%, dan pH tanah 6,4.

¹²⁸ Davis Collage, *Internasional Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, <https://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/glomaceae/glomus/>, di akses pada tanggal 30 Juni 2021

Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Glomerales
 Famili : Glomeraceae
 Genus : *Sclerocyttis*
 Spesies : *Sclerocyttis* sp.

c). *Acaulospora combiana*Gambar 4.6 *Acaulospora combiana* sp.,

A). Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi ¹²⁹

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Acaulospora combiana* memiliki dinding spora yang berwarna hyalin dengan dua lapisan, memiliki ketebalan 0,5-0,8 µm, posisi spora pecah, sera memiliki bentuk oval.¹³⁰ Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) sebanyak 5 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 2 dengan kisaran suhu tanah 20,8⁰C, kelembapan tanah 45%, dan pH tanah 6,6.

¹²⁹ Zahraeni Kumalawati, dkk, "Identifikasi dan Isolasi Spora Tunggal Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Rhizosper Tebu (*Saccharum officinarum*), *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi dan lingkungan*, (2015) h 66.

¹³⁰ Davis Collage, *Internasional Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, , <https://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/glomeraceae/glomus/>, di akses pada tanggal 30 Juni 2021.

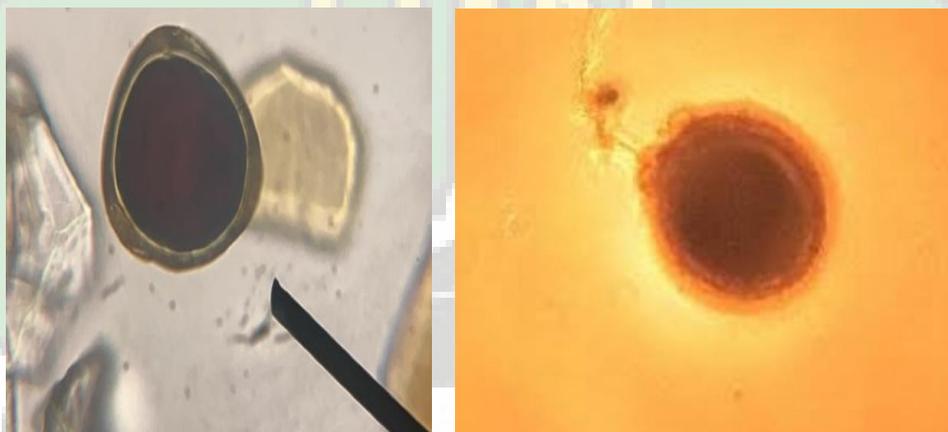
Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Diversisporales
 Family : Acaulosporaceae
 Genus : *Acaulospora*
 Spesies : *Acaulospora combiana*

b. Morfologi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular pada Akar Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

1) Famili Glomeraceae

a). *Glomus diserticola*



Gambar 4.9 *Glomus diserticola* sp.,
 A). Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi¹³¹

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus diserticola* berbentuk bulat memiliki spora tunggal dengan lapisan dinding spora yang tebal berwarna hyalin, kuning, coklat hingga kehitaman ukuran spora berkisar pada 6,4-9,9 μm , dinding spora terdiri dari 2 lapisan yang mengalami penebalan, permukaan halus.

¹³¹ Zahraeni Kumalawati, dkk, "Identifikasi dan Isolasi Spora Tunggal Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Rhizosper Tebu (*Saccharum officinarum*), *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi dan lingkungan*, (2015) h 66.

¹³² Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 3 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 1 dengan kisaran suhu tanah 19,1⁰C, kelembapan tanah 32%, dan pH tanah 6,1.

Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Glomerales
 Famili : Glomeraceae
 Genus : *Glomus*
 Spesies : *Glomus diserticola*

b). *Glomus multicaule*



Gambar 4.10 *Glomus multicaule* sp.,

A).Gambar Hasil Pengamatan B. Berdasarkan Literatur / Referensi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus multicaule* berbentuk sub-globus, memiliki dinding spora yang berwarna hitam, serta terdapat hifa subtending,

¹³² Adi parulian lubis, “ Eksplorasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Indigenous Pada Tanah Bekas Tambang Batubara, *Prosiding Seminar Nasional Pertamina.....*, h 219.

jumlah bervariasi bisa 1 sampai 4, hifa menempel pada dinding spora.¹³³ Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 1 dengan kisaran suhu tanah 19,1⁰C, kelembapan tanah 45%, dan pH tanah 6,1.

Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Glomerales
 Family : Glomeraceae
 Genus : *Glomus*
 Spesies : *Glomus multicaulis*

c). *Glomus canadense*



Gambar 4.11 *Glomus canadense* sp.,

A). Gambar Hasil Pengamatan B. Berdasarkan Literatur / Referensi¹³⁴

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus canadense* memiliki susunan tunggal hialin kekuning-kuningan serta agak bulat lonjong, berukuran 4-18 µm. Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 1

¹³³ Davis Collage, *Internasional Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, <https://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/glomeraceae/glomus/>, di akses pada tanggal 1 Juli 2021.

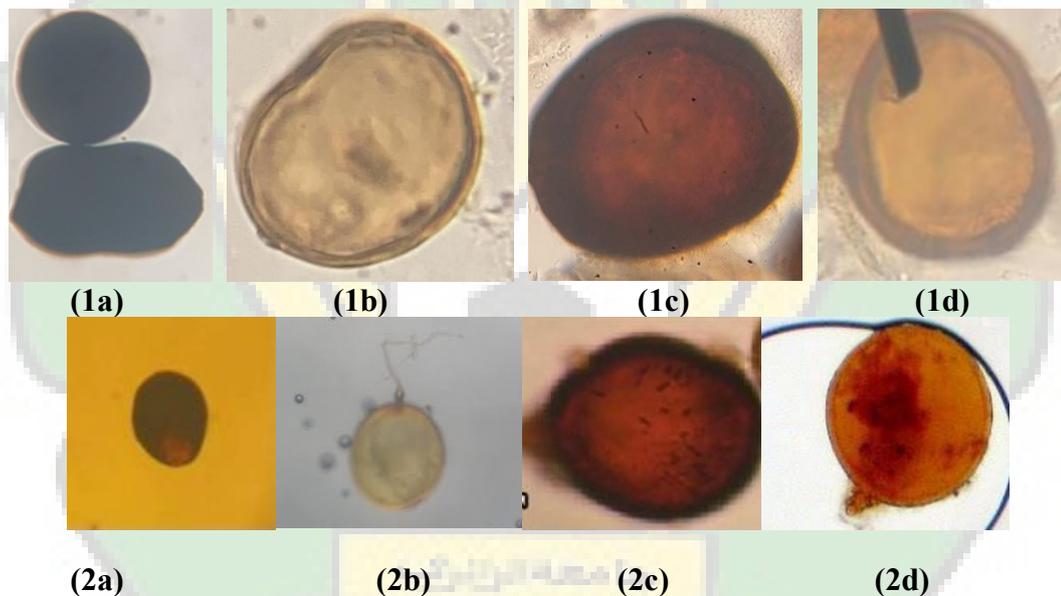
¹³⁴ Sri Wilarso Budi, dkk, “ Fungi mikoriza Arbuskular pada Rhizosper *Pericopsis mooniana* di Sulawesi Tenggara, *Jurnal Fakultas Kehutanan*, (2014) h 266.

individu. Spesies ini ditemukan pada titik 4 dengan kisaran suhu tanah 20,5⁰C, kelembapan tanah 42%, dan pH tanah 6,2.

Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Glomerales
 Famili : Glomeraceae
 Genus : *Glomus*
 Spesies : *Glomus canadense*

d). *Glomus* sp.



Gambar 4.12 *Glomus* sp.,

1a).Gambar Hasil Pengamatan 1b). Berdasarkan Literatur / Referensi¹³⁵

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Glomus* sp. (a) memiliki spora berwarna hitam, tidak terdapat hifa yang melekat, permukaan dinding spora halus.

¹³⁵ Gusmawarti, dkk, “ Isolasi dan Identifikasi Mikoriza Asal Tanah Gambut di Bawah Tegakan Kelapa Sawit (*Elais guinesiisI*) di Beberapa Kabupaten di Riau, *Jurnal Agrotek Trop*, Vol.,3. No.,1, (2014) h 22.

Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 16 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 4 dengan kisaran suhu tanah 20,5⁰C, kelembapan tanah 42%, dan pH tanah 6,2.

Glomus sp. (b) memiliki dinding spora yang halus agak kekuning-kuningan dan tunggal berbentuk bulat. Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 4 dengan kisaran suhu tanah 20,5⁰C, kelembapan tanah 42%, dan pH tanah 6,2.

Glomus sp.(c) memiliki dinding spora yang relatif tebal berwarna coklat tua kehitaman, serta memiliki beberapa lapisan dinding spora. Spesies ini ditemukan pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada pada titik 5 dengan kisaran suhu tanah 20,2⁰C, kelembapan tanah 45%, dan pH tanah 4,4.

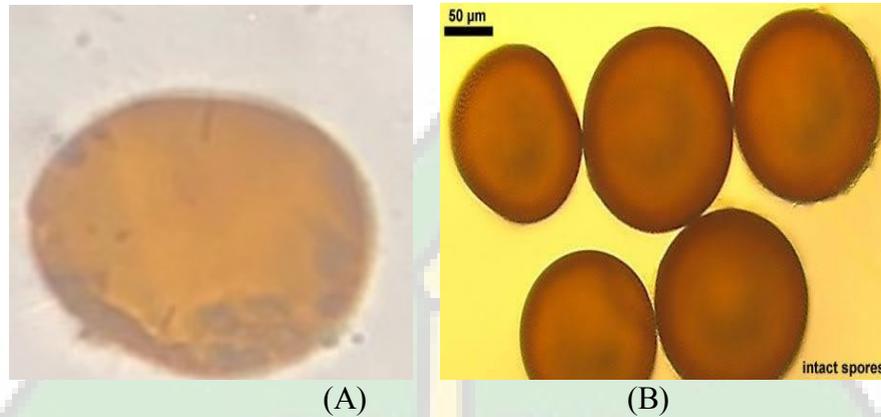
Glomus sp (d) berbentuk tunggal memiliki dinding spora yang tebal bagian dalam berwarna orange. Spesies ini ditemukan pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 5 dengan kisaran suhu tanah 20,2⁰C, kelembapan tanah 45%, dan pH tanah 4,4.

Klasifikasi

Kingdom : Fungi
Divisi : Glomeromycota
Kelas : Glomeromycetes
Ordo : Glomerales
Family : Glomeraceae
Genus : *Glomus*
Spesies : *Glomus* sp.

2) Famili Acaulosporaceae

a). *Acaulospora denticulata*



(A) (B)
Gambar 4.13 *Acaulospora denticulata* sp.,
A).Gambar Hasil Pengamatan B. Berdasarkan Literatur / Referensi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Acaulospora denticulata* spora berwarna orange pucat, berbentuk bulat hingga iregular yang transparan, berukuran 50 μm.¹³⁶ Spesies ini ditemukan pada tanaman Kopi Arabica (*Coffea arabica*) sebanyak 3 individu. titik 3 dengan kisaran suhu tanah 20,2⁰C, kelembapan tanah 36%, dan pH tanah 4,8.

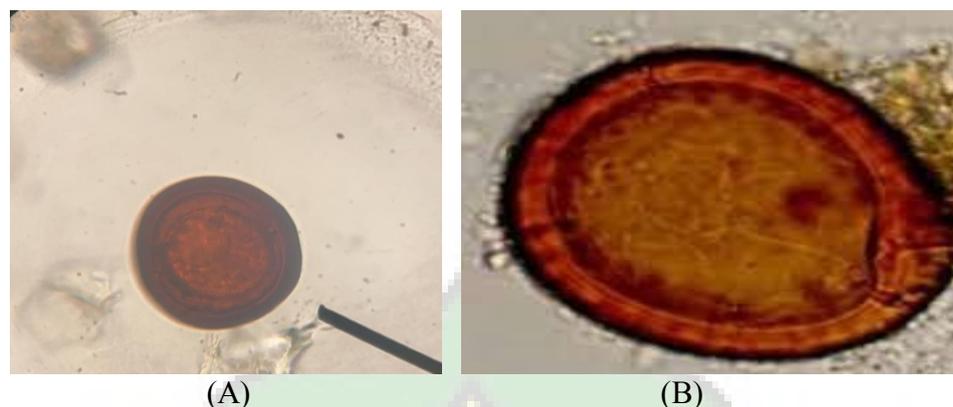
Klasifikasi

Kingdom : Fungi
 Divisi : Glomeromycota
 Kelas : Glomeromycetes
 Ordo : Diversisporales
 Famili : Acaulosporaceae
 Genus : *Acaulospora*
 Spesies : *Acaulospora denticulata*

3) Famili Gigasporaceae

a). *Gigaspora* sp.

¹³⁶ Ni Wayan Armini, dkk, “ Identifikasi Mikoriza Arbuskular dari Rhizosfer Bawang Merah (*Allium cepa* L) dan Talas (*Colocasean esculanta*), *Jurnal Agroteknologi Tropika*, Vol.4, No.4, (2015) h 328.



(A) (B)
Gambar 4.14 *Gigaspora* sp.,
A).Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi¹³⁷

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Gigaspora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam famili *Gigasporaceae*. Bentuk *gigaspora* sp. memiliki bentuk bulat berwarna cokelat kehitaman dengan permukaan halus serta memiliki dinding sel yang tebal.¹³⁸ Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 11 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 5 dengan kisaran suhu tanah 20,2⁰C, kelembapan tanah 45%, dan pH tanah 4,4.

Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Glomeromycota
Kelas	: Glomeromycetes
Ordo	: Glomerales
Family	: Gigasporaceae
Genus	: <i>Gigaspora</i>
Spesies	: <i>Gigaspora</i> sp.

¹³⁷ Desi puspitasari, "Eksplorasi *Vesicular Arbuskular Mycorrhiza* (VAM) Indegenous pada Lahan Jagug Di desa Torjun, Sampang Madura, Jurnal Sains dan Seni, Vol.1, No.1, (2012) h 21.

¹³⁸ Moh. Ega Elman Miska, dkk, " Karakterisasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosper Aren (*Arenga pinnata*) dari Jawa Barat dan Banten, *Jurnal Silvikultur Tropika*, Vol.1, No.1, (2016) h 21.

b).*Scutellospora* sp.



(A) (B)
Gambar 4.15 *Scutellospora* sp.,
A).Gambar Hasil Pengamatan B). Berdasarkan Literatur / Referensi¹³⁹

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di perkebunan kopi desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah didapatkan *Scutellospora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam famili *Gigasporaceae*. Bentuk *gigaspora* sp. memiliki bentuk bulat berwarna hyalin bening dengan permukaan halus serta memiliki dinding sel yang tebal.¹⁴⁰ Jenis ini terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) sebanyak 1 individu. Spesies ini ditemukan pada titik 5 dengan kisaran suhu tanah 20,2⁰C, kelembapan tanah 45%, dan pH tanah 4,4.

Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Glomeromycota
Kelas	: Glomeromycetes
Ordo	: Glomerales
Family	: Gigasporaceae
Genus	: <i>Gigaspora</i>
Spesies	: <i>Scutellospora</i> sp.

¹³⁹ Desi puspitasari, “Eksplorasi *Vesicular Arbuskular Mycorrhiza* (VAM) Indegenous pada Lahan Jagug Di desa Torjun, Sampang Madura, Jurnal Sains dan Seni, Vol.1, No.1, (2012) h 21.

¹⁴⁰ Moh. Ega Elman Miska, dkk, “ Karakterisasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosper Aren (*Arenga pinnata*) dari Jawa Barat dan Banten, *Jurnal Silvikultur Tropika*, Vol.1, No.1, (2016) h 21.

B. Parameter Faktor Fisika-Kimia Tanah di Kawasan Perkebunan Kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah

Berdasarkan hasil pengukuran faktor fisika-kimia tanah pada setiap titik penelitian di kawasan perkebunan kopi Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah pada stasiun I dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter Faktor fisika-kimia pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*)

Titik	Kelembapan Tanah (%)	Suhu Tanah ($^{\circ}\text{C}$)	pH Tanah
1	55 %	20,8 $^{\circ}\text{C}$	6,4
2	45 %	20,8 $^{\circ}\text{C}$	6,6
3	60 %	19,7 $^{\circ}\text{C}$	6,7
4	35 %	19,6 $^{\circ}\text{C}$	6,6
5	50 %	20,9 $^{\circ}\text{C}$	6,1
Rata-rata :	49%	20,36 $^{\circ}\text{C}$	6,48

Sumber Data : Hasil Penelitian 2021

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa suhu tanah berkisar antara 20,36 $^{\circ}\text{C}$ dengan suhu tertinggi terdapat pada titik 5 20,9 $^{\circ}\text{C}$. Kelembapan tanah berkisar antara 49% dengan kelembapan tertinggi berada pada titik 3 yaitu 60%. pH Tanah berkisar antara 6,48 dengan pH tertinggi pada titik 3 yaitu 6,7. Adapun kondisi faktor fisik kimia pada stasiun II dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Parameter Faktor fisika-kimia pada Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Titik	Kelembapan Tanah (%)	Suhu Tanah ($^{\circ}\text{C}$)	pH Tanah
1	32 %	19,1 $^{\circ}\text{C}$	6,1
2	36 %	21,1 $^{\circ}\text{C}$	5,8
3	25 %	20,2 $^{\circ}\text{C}$	6,1
4	42 %	20,5 $^{\circ}\text{C}$	6,2
5	45 %	20,2 $^{\circ}\text{C}$	4,4
Rata-rata :	36%	20,22 $^{\circ}\text{C}$	5,72

Sumber Data : Hasil Penelitian 2021

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa suhu tanah berkisar antara 20,22 $^{\circ}\text{C}$ dengan suhu tertinggi terdapat pada titik 4 20,5 $^{\circ}\text{C}$. Kelembapan tanah berkisar

antara 36% dengan kelembapan tertinggi berada pada titik 5 yaitu 45%. pH tanah berkisar antara 5,75 dengan pH tertinggi pada titik 4 yaitu 6,2.

3. Uji Kelayakan *E-book* Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi

Uji kelayakan terhadap (*E-book*) sebagai referensi tambahan mata kuliah mikologi digunakan lembar validasi yang akan divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Adapun yang menjadi indikator uji kelayakan materi yaitu aspek kelayakan isi dan kelayakan bahasa. Sedangkan lembar validasi media terdiri dari aspek kelayakan penyajian, kelayakan kegrafikan. Adapun cover *e-book* mikoriza arbuskular pada kopi dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Cover *E-book*

Cover *E-book* memuat judul yaitu Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta dan Arabika Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah, nama penulis Ulfa Febriani Utami. Uji kelayakan dilakukan untuk mengetahui apakah media tersebut layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran mata kuliah mikologi secara materi dan secara media. Hasil dari uji

kelayakan materi oleh kedua validator ahli materi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel. 4.5.

Tabel 4.5. Uji Kelayakan Materi *E-book* Mata Kuliah Mikologi

No	Indikator	Skor		Kategori	
		V1	V2	V1	V2
1	Kelayakan isi	4,4	3,4	Baik	Cukup Baik
2	Kelayakan Kebahasaan	4,25	3,5	Baik	Cukup Baik
	Rata-rata	4,32	3,45	Baik	Cukup Baik
	Persentase	86,6%	68,8%	Sangat Layak	Layak
	Nilai Rata-rata 2 Validator	3,88		Cukup Baik	
	Persentase Keseluruhan	77,7%		Layak	

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa kevalidan materi pada *e-book* mata kuliah Mikologi yang telah ditentukan oleh ahli materi I diperoleh rata-rata 4,4 dengan bobot tertinggi per soal yaitu 5 maka diperoleh persentase yaitu 86,6% dengan kriteria sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu media pembelajaran. Setelah dilakukan validasi oleh ahli materi II diperoleh beberapa saran yaitu perlu penambahan gambar yang lebih jelas serta perbaikan pada penulisan nama ilmiah. Kemudian diperoleh hasil dari uji kelayakan materi oleh dosen ahli materi II dengan rata-rata 3,45 dengan bobot tertinggi per soal yaitu 5 maka diperoleh persentase yaitu 68,8% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar.

Total persentase keseluruhan indikator diperoleh persentase sebesar 77,7% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar pada mata kuliah Mikologi. Adapun hasil dari uji kelayakan media oleh kedua validator ahli media yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel. 4.6.

Tabel 4.6 Uji Kelayakan Media *e-book* Mata Kuliah Mikologi

No	Indikator	Skor		Kategori	
		V1	V2	V1	V2
1	Kelayakan penyajian	4,75	4	Baik	Baik
4	Kelayakan kegrafikan	4,25	3,5	Baik	Cukup
	Rata-rata	4,5	3,75	Baik	Cukup
	Persentase	90%	75%	Sangat Layak	Layak
	Nilai Rata-rata 2 Validator	4,12		Baik	
	Persentase Keseluruhan	82,5%		Sangat Layak	

Sumber: Hasil Penelitian Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa kevalidan media pada *e-book* mata kuliah Mikologi yang telah ditentukan oleh ahli media I diperoleh rata-rata 4,5 dengan bobot tertinggi per soal yaitu 5 maka diperoleh persentase yaitu 90% dengan kriteria sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu sumber belajar. Sedangkan hasil dari uji kelayakan media oleh dosen ahli media II diperoleh rata-rata 3,75 dengan bobot tertinggi per soal yaitu 5 maka diperoleh persentase yaitu 75% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar. Total persentase keseluruhan indikator diperoleh persentase sebesar 82,5% dengan kriteria layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar pada mata kuliah Mikologi.

4. Respon Mahasiswa terhadap Buku Elektronik (*E-book*) Mikologi

Respon mahasiswa terhadap penggunaan buku elektronik *e-book* dengan menggunakan angket, dengan jumlah sampelnya terdiri dari 20 mahasiswa. Adapun yang menjadi pernyataan respon siswa berjumlah 9. Hasil dari respon mahasiswa yang mengambil mata kuliah Mikologi Universitas Negeri Ar-raniry dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Respon Mahasiswa Media Buku Elektronik (*e-book*) Mikologi

No	Pernyataan	SS		S		RR		TS		STS	
		f	%	f	%	f	%	f	%	F	%
1.	Bentuk, model dan ukuran huruf yang digunakan sederhana dan mudah dibaca	8	40	9	45	2	10	-	-	1	5
2.	Penyajian materi dalam buku berguna sebagai referensi mata kuliah mikologi khususnya submateri tentang identifikasi fungi mikoriza arbuskular	7	35	13	65	-	-	-	-	-	-
3.	Saya setuju apabila buku ini dijadikan sebagai referensi pembelajaran fungi mikoriza arbuskular	5	25	15	75	-	-	-	-	-	-
4.	Penyajian gambar atau foto dalam buku ini jelas dan tidak buram	8	40	12	60	-	-	-	-	-	-
5.	Desain buku ini sangat menarik sehingga dapat memberikan motivasi untuk mempelajari fungi mikoriza arbuskular	5	25	14	70	1	5	-	-	-	-
6.	Penyajian materi dalam buku dapat mendorong pembelajaran secara efektif	5	25	15	75	-	-	-	-	-	-
7.	Penyajian dalam buku ini menggunakan bahasa yang tepat dan mudah dipahami	4	20	16	80	-	-	-	-	-	-
8.	Penyajian materi dalam buku disajikan secara sistematis	4	20	16	80	-	-	-	-	-	-
9.	Materi dalam buku dapat menambahkan dan memperluas wawasan tentang fungi mikoriza pada tanaman kopi	2	10	16	80	1	5	1	5	-	-

No	Pernyataan	SS		S		RR		TS		STS	
		f	%	f	%	f	%	f	%	F	%
	robusta										
Rata-rata Pernyataan		5,3	26,6%	14	70%	0,3	1,6%	0,1	0,5%	0,1	0,5%
Total Persentase Pernyataan										96,6%	

Sumber: Hasil Penelitian Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai respon mahasiswa terhadap penggunaan buku elektronik (*e-book*) Mikologi jawaban mahasiswa yang menjawab bervariasi mulai dari sangat setuju (SS), setuju (S), Cukup Setuju (CS), tidak setuju (TS) dan sangat tidak setuju (STS).

Hasil perolehan nilai respon mahasiswa terhadap output hasil penelitian berupa buku elektronik (*e-book*) mahasiswa yang menjawab sangat setuju, 26,6% mahasiswa menjawab setuju dan 70% siswa menjawab ragu-ragu sebanyak 1,6% mahasiswa yang menjawab tidak setuju sebanyak 0,1% dan siswa yang menjawab sangat tidak setuju sebanyak 0,5%. Total keseluruhan pernyataan diperoleh persentase yaitu 96,6% dengan kriteria bahwa respon mahasiswa terhadap buku elektronik (*e-book*) Mikologi sangat positif.

C. Pembahasan

1. Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah

Berdasarkan hasil penelitian jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tanaman Kopi Robusta dan Arabika Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah terdiri dari 3 famili, 14 spesies, terdiri dari 49 individu. Jumlah spesies FMA yang ditemukan pada tanaman Kopi Robusta memiliki variasi antara spesies baik dari jenis maupun individunya. Jenis Fungi Mikoriza (FMA) yang mendominasi pada tanaman Kopi Robusta yaitu spesies *Glomulus* sp. dari famili Glomeraceae

sebanyak 11 individu, hal ini sesuai dengan pernyataan Budi hartoyo 2011, *Glomus* adalah jenis FMA yang mempunyai penyebaran paling dominan dimana tingginya frekuensi kehadiran spora FMA tipe *Glomus* berhubungan dengan genus *Glomus* yang sangat banyak dibandingkan jenis lain.¹⁴¹

Umumnya cendawan mikoriza dapat ditemukan pada jenis tanaman yang tumbuh pada berbagai tipe habitat dan iklim yang berbeda. Pertumbuhan mikoriza dapat dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH), kelembapan tanah dan suhu tanah. Kelembapan relatif tanah pada tanaman kopi robusta berkisar 49%, memiliki tekstur tanah berpasir. Kelembapan tanah yang tinggi pada kondisi lembab akan merangsang perkecambahan spora dan terbentuknya kolonisasi dengan tanaman inang.¹⁴²

Derajat keasaman tanah (pH) pada tanaman kopi Robusta berkisar antara 6,48, termasuk ke dalam kategori asam. Hubungan (pH) dengan jumlah spora FMA yang yaitu yang dimana pada kondisi ini tersedianya unsur hara yang baik, sehingga mendukung pertumbuhan daripada mikoriza. Derajat keasamaan mempengaruhi penyebaran daripada Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) hal ini dikarenakan setiap jamur mikoriza memerlukan (pH) optimum untuk mendukung pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Screder:1947 dalam Atmaja:2001 yang menjelaskan bahwa *Glomus* yang berasal dari wilayah iklim dingin, dengan suhu optimal untuk perkecambahan adalah 20^oC dan spesies yang

¹⁴¹ Budi Hartoyo, Keaneragaman Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Rhizosper Tanaman Pegagan, *Jurnal litri*, vol.17 No.1 (2011) h 4.

¹⁴² Ilham Riskan Harahap, Keamekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tegakan Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia*) Berdasarkan Waktu Pengamatan, *Skripsi*, Departemen Budidaya Hutan: Universitas Sumatra Utara, 2018, h 9.

paling sedikit dijumpai adalah *Glomus canadense*, *Glomus multicaule*, *Sclerocytis* sp. dan *Glomus ambisforum*, *Glomus aurantium* dengan jumlah masing-masing sebanyak 1 individu. Setiap individu FMA memiliki faktor intrinsik yang akan memberikan pengaruh pada persebaran mikoriza. Tekstur tanah mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan spora. Jenis *Glomus multicaule*, merupakan salah satu jenis fungi mikoriza arbuskula yang paling sedikit dijumpai, hal ini sesuai dengan pernyataan Kartini Kramadibrata : 2016 yang menyatakan jenis fungi mikoriza arbuskular *Glomus multicaule* merupakan jenis yang jarang dijumpai.¹⁴³

Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) memiliki kemampuan mendifusikan ion yang diperlukan oleh tanaman inang, pengambilan unsur P oleh mikoriza. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sutarman: 2016 bahwa Fungi Mikoriza Arbuskula seperti *Glomus* efektif membantu pertumbuhan tanaman dan serapan zat hara di dalam tanah. *Glomus* sp. dapat bersimbiosis generalis yang di temukan dalam beragam habitat. Menunjukkan toleransi berbagai faktor lingkungan dan memiliki heterogenitas yang cukup besar serta menyebabkan respon pertumbuhan tanaman yang tinggi.¹⁴⁴

Lingkungan perkebunan tanaman Kopi Robusta dan Arabika merupakan habitat dan substrat yang dibutuhkan mikoriza dalam melakukan perkecambahan hifa. Stasiun dalam penelitian ini memiliki tingkat kelembapan tanah pada zona lingkungan yang berbeda. Keberadaan dan penyebaran fungi mikoriza arbuskular

¹⁴³ Kartini Kramadibrata, Keanekaragaman Jamur Arbuskular di Pulau Enggano, *Berita Biologi*, (2016) h 11.

¹⁴⁴ Sutarman, *Biofertilizer Fungi*, (Sidoarjo: Umsida Press, 2016) h, 40.

sangat beragam, hal ini dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan. Semua mikoriza tidak mempunyai sifat dan morfologi yang sama, sehingga sangat berguna dalam mengenal identitasnya.

Identifikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) berdasarkan bentuk spora serta warna spora didapati jenis yang berbeda pada tanaman kopi Robusta. Faktor fisik-kimia dalam proses pengambilan sampel tanah memiliki kadar kelembapan tanah yang tinggi yaitu 45-69%. Hal ini disebabkan mikoriza berkembang pada kelembapan dan kadar air dan kelembapan tinggi. Kondisi tanah yang sedikit hujan dapat mendukung pembentukan spora yang baru, kondisi ini merangsang pembentukan spora untuk menjaga keberadaannya di tanah. Perkembangan FMA dipengaruhi oleh kepekaan tanaman inang terhadap infeksi, kadar air pada tanah, pH tanah, bahan organik, residu akar serta ketersediaan unsur hara di dalam tanah.¹⁴⁵

2. Identifikasi Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*)

Fungi mikoriza arbuskular yang terdapat pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) spesies *Glomus aurantium* dan *Glomus ambisforum* sebanyak 1 individu pada masing-masing spesies. Hal ini sesuai pernyataan Screder (1947) dalam Atmaja (20001) yang menjelaskan bahwa *Glomus* yang berasal dari wilayah yang beriklim dingin, dengan suhu optimal untuk perkecambahan adalah 20°C. Faktor pH yang berkisar 6,1-6,7 digolongkan dalam kategori asam,

¹⁴⁵ Ristiyanti, dkk, Pengaruh Beberapa Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Media Tanah Dengan pH berbeda Terhadap Pertumbuhan Semai Kemiri (*Aleurites moluccana*), ISSN : 2406-8373, Vol.2, No.2, (2014), h 118.

menyebabkan *Glomus ambisforum* dan *Glomus aurantium* sulit untuk tumbuh dan berkembang di wilayah tersebut.¹⁴⁶

Jenis fungi mikoriza arbuskular pada tanaman kopi Robusta didominasi oleh jenis *Acaulospora combiana* sebanyak 5 individu, jenis ini mampu berkembang baik pada cuaca yang memiliki curah hujan yang tinggi. Jenis tanah merupakan faktor yang mempengaruhi terhadap jenis mikoriza. Hal ini dapat terjadi karena setiap jenis tanah memiliki tekstur, bahan organik dan pH yang berbeda. *Acaulospora combiana* terdapat pada tanaman kopi robusta yang dimana kategori Ph dalam perkebunan ini 6,1-6,6 kategori asam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kurnia:2019 yang menyatakan bahwa *Aculospora* umumnya hanya ditemukan pada pH tanah asam.¹⁴⁷

Berdasarkan hasil penelitian didapat keterangan pH berkisar 6,1-6,7% digolongkan pada kategori asam. Fungi mikoriza arbuskular (FMA) mampu meningkatkan pH tanah dan memperbaiki tingkat kesuburan tanah.¹⁴⁸ Sesuai dengan pernyataan Alabouvette banyaknya mikroba dipengaruhi oleh tingginya kandungan bahan organik yang ada di dalam tanah dan tingkat derajat keasaman tanah (pH), pH antara 5 dan 6 merupakan tingkat keasaman yang sesuai untuk pertumbuhan miselium eksternal dengan memperluas permukaan penyerpan akar.

3. Identifikasi Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

¹⁴⁶ I Wanna Dana Atmaja, Bioteknologi Tanah, Denpasar : Fakultas Pertanian Agroteknologi, 2015. H 43.

¹⁴⁷ Kurnia, dkk, Idenifikasi dan Karakterisasi Mikoriz pada Tegak Nyatoh (*Palaquium* sp.) Jurnal Perennial, Vol.15, No.1, (2019) h 5.

¹⁴⁸ Nurmasiyah, dkk, Pengaruh Jenis Tanah dan Dosis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kedelai Terhadap Sifat Kimiawi, *Jurnal Agrista*, Vol. 17, No.3, (2013) h 104.

Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) spesies yang paling sedikit dijumpai adalah *Glomus canadense*, *Glomus multicaule*, *Sclerocytis* sp. dan *Glomus ambisforum*, *Glomus aurantium* dengan jumlah masing-masing sebanyak 1 individu. Setiap individu FMA memiliki faktor intrinsik yang akan memberikan pengaruh pada persebaran mikoriza. Tekstur tanah mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan spora. Jenis *Glomus multicaule*, merupakan salah satu jenis fungi mikoriza arbuskula yang paling sedikit dijumpai, hal ini sesuai dengan pernyataan Kartini Kramidibarata, (2016) yang menyatakan jenis fungi mikoriza arbuskular *Glomus multicaule* merupakan jenis yang jarang dijumpai.¹⁴⁹

Fungi mikoriza arbuskular yang terdapat pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) spesies *Glomus* sp. memiliki tingkat spora yang relatif tinggi, sebanyak 9 individu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tarmedy, (2006) *Glomus* merupakan genus yang memiliki penyebaran paling luas dan adaptasi yang sangat tinggi terhadap kondisi lingkungan.¹⁵⁰ Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) *Glomus canadense* dan *Glomus multicaule* dan sebanyak 1 individu pada masing-masing spesies *Glomus canadense* terdapat pada vegetasi hutan serta tanaman budidaya. Proses dalam perkecambahan mikoriza dipengaruhi pH tanah, kandungan zat hara dalam tanah dan musim sangat mempengaruhi proses

¹⁴⁹ Kartini Kramadibrata, Keanekaragaman Jamur Arbuskular di Pulau Enggano, *Berita Biologi*, (2016) h 11.

¹⁵⁰ Helmi Hermawan, dkk, Kelimpahan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Tegakan Ekaliptus Berdasarkan Tingkat Kedalaman Lahan Gambut, *Jurnal Hutan Lestari*, Vol.3. No,1 (2015) h 129.

kolonisasi dan pembentukan spora di dalam tanah.¹⁵¹ Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular *Glomus multicaule* memiliki tingkat penyebaran yang rendah. Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular dengan jumlah individu yang tergolong tinggi yaitu *Gigaspora* sp. dengan total jumlah 3 individu. *Gigaspora* sp. dapat bersimbiosis dengan hampir 80% tanaman spesies tingkat tinggi yang dapat tumbuh pada berbagai tipe habitat dan iklim. *Gigaspora* memiliki jumlah yang tinggi pada tanah yang berpasir yang dikarenakan keadaan tanah tersebut mendukung dalam perkembangbiakan perkecambahan spora tersebut.¹⁵²

4. Uji Kelayakan terhadap Buku Elektronik (*E-book*) Mikologi

Pengujian tingkat kelayakan buku elektronik (*e-book*) Mikologi dilakukan dengan tujuan agar media yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa sesuai dengan yang dibutuhkan. Pengujian tingkat kelayakan media buku elektronik (*e-book*) yaitu menggunakan instrumen berupa lembar validasi yang diisi oleh validator dari kalangan dosen yang dipilih sebagai ahli materi dan media pembelajaran. Sebelum digunakan, instrumen diteliti terlebih dahulu oleh dosen pembimbing dengan memberikan masukan dan saran agar lebih baik.

Instrumen menguji tingkat kelayakan buku elektronik (*e-book*) yaitu menggunakan penilaian atau skor 1 sampai 5, dengan indikator uji kelayakan materi yaitu aspek kelayakan isi dan bahasa. Sedangkan lembar validasi media terdiri dari aspek kegrafikan dan kelayakan penyajian.

¹⁵¹ Adi Parulian Lubis, Eksplorasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular FMA pada Tanah Bekas Tambang Batubara, *Prosiding Fakultas Pertanian Jambi*, ISBN : 978-602-9705-7-1, h 217.

¹⁵² Moh Ega Elman, dkk, Karakterisasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Rhizosfer Aren (*Arenga pinnata*) dari Jawa Barat dan Banten, Vol, 7, No.1, (2016) h 7.

Buku elektronik (*e-book*) Mikologi dilakukan uji kelayakan bertujuan untuk mengetahui apakah media yang telah dibuat layak untuk digunakan. Selain diuji kelayakan juga direvisi sesuai komentar dan saran oleh validator ahli media dan ahli materi, yaitu perbaikan kesalahan pengetikan, gambar pembanding dan dan penulisan nama ilmiah, sehingga jelas serta memudahkan mahasiswa dalam memahami materi.

Hasil penilaian dari dua ahli materi diperoleh hasil yaitu 86,6% dan 68,8% dikarenakan buku elektronik (*e-book*) memuat materi yang mudah dipahami dengan menampilkan berbagai jenis mikoriza yang terdapat di alam. Sedangkan uji kelayakan oleh dua ahli media pembelajaran diperoleh hasil yaitu 90% dan 75% dikarenakan buku elektronik (*e-book*) memiliki desain background yang menarik. Uji kelayakan dilakukan oleh ahli yang mempunyai bidang dibagian media pembelajaran, baik ahli materi maupun ahli media, dengan adanya uji kelayakan dapat mengetahui seberapa layak media yang telah dihasilkan untuk digunakan di sekolah.

Hasil penilaian dari ahli materi pembelajaran sesuai dengan kategori yang ditetapkan sebelumnya, yaitu <21% berarti sangat tidak layak, layak, 21-40% berarti tidak layak, 41-60% berarti kurang layak, 61-80% berarti layak dan 81-100% berarti sangat layak. Indikator uji kelayakan materi diperoleh persentase 77,7% dengan kategori layak. Sedangkan validasi media diperoleh persentase 82,5% dengan kategori sangat layak untuk memudahkan mahasiswa. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Nugroho Aji Prasetyo dan Pertiwi Perwiraningtyas dengan hasil validasi terhadap ahli materi, rata-rata persentase hasil penilaian

terhadap materi buku ajar, yaitu sebesar 96,15% dengan kriteria sangat valid. Buku elektronik (*e-book*) Mikologi yang dikembangkan sesuai dengan keperluan matakuliah Biologi, kedalaman materi sesuai dengan tujuan sehingga layak digunakan setelah dilakukan revisi.¹⁵³

Kelayakan merupakan kriteria yang digunakan untuk menentukan suatu produk layak untuk dikembangkan dan direalisasikan. Produk yang dihasilkan dari penelitian dilakukan uji melalui dua tahapan yaitu uji kelayakan materi dan uji kelayakan media. Uji kelayakan terbatas dari hasil materi pembelajaran, hasil pengembangan dari aspek pembelajaran dan aspek materi. Uji kelayakan dari ahli media mengevaluasi media pembelajaran hasil pengembangan dan mengukur layak atau tidaknya media tersebut untuk digunakan.¹⁵⁴

5. Respon Mahasiswa terhadap Buku Elektronik (*E-Book*)

Media pembelajaran yang baik adalah media pembelajaran yang dapat menggambarkan segala situasi yang sebenarnya di depan mata kita, dalam arti kita dapat memahami apa yang kita pelajari seolah-olah kita sedang menghadapinya secara nyata. Media pembelajaran yang baik juga harus dapat menarik perhatian, penuh dengan improvisasi dan mengajak siswa untuk berkonsentrasi terhadap pembelajaran. Adapun manfaat media pembelajaran yaitu penyampaian materi pelajaran dapat diseragamkan, proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami, proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, efisiensi dalam

¹⁵³ Nugroho Aji Prasetyo dan Pertiwi Perwiraningtyas, "Pengembangan Buku Ajar Berbasis Lingkungan Hidup Pada Matakuliah Biologi Di Universitas Tribhuwana Tunggadewi", *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, Vol. 3, No. 1, (2017), h. 19-27.

¹⁵⁴ Serian Wijatno, *Pengantar Media Pembelajaran*, (Jakarta: Grasindo, 2009), h. 7.

waktu dan tenaga, meningkatkan kualitas hasil belajar mahasiswa dan media dapat menumbuhkan sikap positif mahasiswa terhadap materi dan proses belajar.¹⁵⁵

Berdasarkan hasil penelitian tentang respon siswa terhadap penggunaan media pembelajaran buku elektronik (*e-book*) Mikologi diukur menggunakan lembar angket yang terdiri dari 10 soal yang terbagi ke dalam beberapa tipe pernyataan. Lembar angket yang dibagikan kepada 20 orang mahasiswa, didapatkan jawaban yang bervariasi.

Hasil respon mahasiswa diperoleh persentase total dari keseluruhan aspek yang terdiri dari 10 pernyataan positif yaitu 96%, dengan kriteria yaitu respon mahasiswa terhadap media pembelajaran sangat positif sehingga direkomendasikan untuk digunakan pada materi Mikologi. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa merasa tertarik dan mudah dalam mengerjakan tugas maupun pemahaman materi, dengan demikian media pembelajaran berupa buku elektronik (*e-book*) dapat membantu mahasiswa dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Materi pelajaran yang dikemas melalui media pembelajaran menjadi lebih jelas, lengkap, serta menarik minat atau respon mahasiswa. Media pembelajaran dapat membantu untuk menciptakan suasana belajar menjadi lebih hidup, tidak monoton, dan tidak membosankan. Iwan menyatakan, dosen tidak harus menjelaskan materi pelajaran secara berulang-ulang, sebab dengan penyajian media, mahasiswa akan lebih mudah memahami pelajaran.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Sadiman, Arif.S. dkk., *Media Pendidikan, Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*, (Jakarta:Pt RajaGrafindo Persada, 2006), h. 56.

¹⁵⁶ Iwan Falahudin, "Pemanfaatan Media dalam Pembelajaran", *Jurnal Lingkar Widyaaiswara*, Edisi 1, No. 4, (2014), h. 114.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Akar Tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) dan Kopi Arabika (*Coffea arabica*) Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat 12 jenis Fungi Mikoriza Arbuskular di Desa Arul Item Kabupaen Aceh Tengah yang terdiri dari 3 Famili yaitu : *Acaulospora combiana*, *Acaulospora denticulata*, *Glomus aurantium*, *Glomus ambisforum*, *Glomus canadense*, *Glomus clavisforum*, *Glomus diserticola*, *Glomus multicale*, *Glomus sp.* *Sclerocyttis sp.* *Gigaspora sp.* dan *Scutellospora sp.*
2. Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) terdiri dari 7 Spesies yaitu : *Acaulospora combiana*, *Glomus aurantium*, *Glomus ambisforum*, *Glomus clavisforum*, *Glomus diserticola*, *Glomus sp.* dan *Sclerocyttis sp.*
3. Fungi Mikoriza Arbuskular pada tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Desa Arul Item Kabupaen Aceh Tengah yang terdiri dari 3 Famili yaitu : *Acaulospora denticulata*, *Glomus canadense*, *Glomus diserticola*, *Glomus multicale*, *Glomus sp.* *Scutellospora sp.* dan *Gigaspora sp.*
4. Bentuk hasil penelitian identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada tanaman Kopi Robusta dan Arabika Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah yaitu buku elektronik (*e-book*) tentang mikoriza pada tanaman Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) dan Kopi Arabika (*Coffea arabica*).

5. Persentase uji kelayakan buku elektronik (*e-book*) diperoleh hasil 90% dengan kriteria sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber belajar pada perkuliahan Mikologi.
6. Hasil respon mahasiswa diperoleh total persentase keseluruhan aspek yaitu 96 % dengan kriteria respon mahasiswa terhadap buku elektronik (*e-book*) sangat positif.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, adapun saran yang dapat penulis kemukakan terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan penelitian ini bermanfaat bagi setiap pembacanya, terkait dengan Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Robusta dan Kopi Arabika.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada tanaman Kopi Robusta dan Kopi Arabika.
3. Produk dari penelitian ini yaitu buku elektronik, diharapkan dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran, khususnya pada sub materi mikoriza.
4. Perlu dilakukan validasi dengan beberapa ahli media maupun materi agar kelayakan media lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Muhsin. 2012. *Kementerian Agama RI Al-qur'an dan Terjemhanannya*. Jawa Barat: Syamil Quran.
- Abdul Muis. 2019. *Konsep dan Strategi Pembelajaran di Era Revolusi Industri 4.0*. Yogyakarta : Laksana.
- Ahmad Shafwan. 2014. "Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dari Perakaran Tebu (*Saccharum offinarum*) di Area Perkebunan Tebu Sei Semayang Kabupaten Deli Serdang". Vol.1.No.1.
- Ajit Varma. 1998. *Symbiotic Fungi and Principles and Practice*. New Delhi: Jawaharlal Nehru University.
- Albi Anggito. 2018. *Metode Penelitian Kualitatif*. Sukabumi : CV Jejak.
- Anas Sujino. 2001. *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Annisa Dian Pertiwi. 2019. Analisis Vegetasi Semak, Herba dan Pohon dengan Metode Kuadrat di Taman Pancasila. *Proseding Pendidikan Biologi*. Vol.3. No.1.
- Arifah Khairani. 2011. E-book sebagai Media Pembelajaran Masa Depan. *Jurnal Ekonomi UNJ*. Vol.3.No.1.
- Aris Lesmana. 2017. *Mengenal Formula dan Fungsi pada Excel*. Bandung: Native Enterpise.
- Asep Saepul Hamdu. 2014. *Metode Penelitian Kuanlitatif dalam pendidikan*. Yogyakarta : Deepublish.
- Benny A. Pribadi. 2017. *Media dan Teknologi dalam Pembelajaran*. Jakarta : Kencana.
- Cecep Kustandi. 2020. *Pengembangan Media Pembelajaran Konsep : Aplikasi Pengembangan Media Pembelajaran bagi Pendidik di Sekolah dan Masyarakat*. Jakarta : Divisi Prenadamedia Group.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2020. *Wikipedia*.
- Diriba Muleta. 2007. Composition of Coffe Shade Tree Spesies and Density Of Indigenouсарbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Spores in Bonga Natural Coffe Forest Southwestern Ethiopia, *Journal Forest Ecology and Management*, Vol.1. No.1.

- Edno Kamelta. 2013. "Pemanfaatan Internet oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Negeri Padang", *Jurnal CIVED ISSN 2302-3341*. Vol.1. No. 2.
- Eka Sukmawati. 2000. *Keanekaragaman Mikoriza Arbuskula Indonesia dan Peranannya Dalam Ekosistem*. FTK UINAM : Jurusan Pendidikan Biologi.
- Ernawati. 2008. *Teknologi Budidaya Kopi Poliklnal*. Jakarta : Pengembang Teknologi Pertanian.
- Fajri Ismail. 2018. *Statiska (Penelitian Pendidikan)*. Jakarta : Prenadamedia Group.
- Gustia.2015. " Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada *Avecennia* sp."". *Jurnal Hutan Lestari*. Vol.3. No.3.
- Ika Rochdatun. 2011. *Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. Universitas Brawijaya : UB Press.
- Ika Rochjatun Sastrahidayat. 2011. *Ilmu Jamur (Mikologi)*. Malang : UB Press.
- Ikhlash wahid. 2018. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula di kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jueseulawah Agam Desa Murah Kecamatan Seulimeum sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan. *Skripsi* . Banda Aceh : Universitas Ar- raniry.
- Jefferly helianthusonfri. 2014. *1 Juta Rupiah Pertama anda dari Blogger*. Jakarta : Elex Media Computindo.
- Kim maria.2015. *Glomus*. India: Department of Botany.
- Kombong. 2015. Idetifikasi Jenis-Jenis Mikoriza pada Hutan Rakyat Bitti (*Vitex Copassus*) Di Kabupaten Bulukumba Lampung Timur. *Jurnal Kehutanan Wallacea*. Vol.4. No.1.
- Kurnia. 2019. Identifikasi dan Karakterisasi Mikoriza pada Tegakan Nyatoh (*Palaquium* sp.). *Jurnal Perennial*. Vol. 15. No.1.
- Larry Peterson. 2004. *Mycorrhizas : Anatomy and cell Biologi*. Ottawa : NRC Research.
- Lia sugiarti. 2018. "Pengaruh Takaran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.)". *Jurnal Agro*. Vol.7. No.1.
- Lily Istigfaiyah. 2018. Identifikasi dan Karakterisasi Mikoriza oada Tegakan *Gmelina arborea*. *Skripsi*.

- Luqman Qurata. 2009. *Teknik Menanam Kopi*. Surabaya : Udaya Press.
- M. Agus J. Alam. 2003. *Mengolah Data Base dengan Borland Delphi*. Jakarta:PT Elex Media Komputindo.
- Maria Viva Rini. 2014. Pengaruh Lima Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular dan Dosis Pupuk Organik pada Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea chanepora*), *Prosiding Seminar Nasional*, Fakultas Pertanian : Universitas Bandung.
- Michael Pelczar. 1986. *Dasar – Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Mochammad Arif Zainul Fuad. 2019. *Metode Penelitian Kelautan dan Perikanan*, Brawijaya:UB Press.
- Moh. Ega Elman Miska. 2018. Karakterisasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosfer Aren (*Arenga pinnata* Merr) dari Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Silvicultura Tropika*. Vol.7., No.1.
- Muhammad Haris Setyaningrum. 2017. Eksporasi dan Aplikasi Mikoriza sebagai Masukan Teknologi Pupuk Hayati untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Mutu Melon. *Jurnal Agroqua*. Vol.15. No.2.
- Muhammad Nasfiannoor,. 2009. *Pendekatan Statistika Modern Untuk Ilmu Sosial*, Jakarta : Salemba Humanika.
- Muhimmatun Nasikhah,. 2018. “Respon Mahasiswa Fakultas Dakwah dan Komunikasi Uin Walisongo Semarang Terhadap Tanyangan Dakwahtainment ‘mari kita sahur’ Trans Tv”, *Skripsi*.
- Ni Wayan Armini. 2015. Identifikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dari Rhizosfer Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dan Talas (*Colocasean esculenta* L) serta Perbanyakannya Menggunakan Media Zeolit. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, Vol.4. No.4.
- Nur Hidayat. 2016. *Mikologi Industri*. Malang : UB Press.
- Ovan. 2020. *Aplikasi Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Berbasis Web*, Sulawesi Selatan:Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia.
- Pudji Raharjo. 2012. *Berkebun Kopi*. Depok : Penebar Swadaya.
- Putu Ayu Meita Yudia Dewi. 2016. “ Identifikasi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosper Kopi Arabika dan Kopi Robusta dan Perbanyakannya dengan Media Zeolit” *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*, Vol.5. No.2.
- R. Larry Peterson,dkk. 2004. *MYCORRHIZAS: Anatomy and cell Biology*. Canada : NRC Research Press.

- S.E Smith. 2001. *Mycorrhizal Symbiosis*. Uk : Academic Press.
- Sandu Siyoto.2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta:Literasi Media Publishing.
- Schubler A. 2008. *The Glomeromycota*. Kew : The Royal Botanic Garden Kew.
- Serian Wijatno. 2009. *Pengantar Enterprneurship*. Jakarta: Grasindo.
- Sudjana. 1989. *Metode Statistik*. Bandung :Tarsito.
- Sutarman. 2016. *Biofertilizer Fungi*. Sidoarjo : Umsida Press.
- Tim Penyusun Kamus Pusat Bahasa Indonesia. 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta : Balai Pustaka.
- Tim Penyusun Mikologi. 2019. *Modul Praktikum Mikologi*. Darussalam : Universitas Islam Negri Ar-Raniry.
- Tim Revisi. 2017. *Buku Panduan Akademik*. Banda Aceh : Universitas Islam Negeri Ar – Raniry.
- Tonny Whitten. 2002. *Tetumbuhan*. Jakarta : Glolir International.
- Ummu Khairiyah. 2019. “Respon Siswa Terhadap Media Dakon Matika Materi KPK dan FPB pada siswa kelas IV di SD/MI Lamongan”, *Jurnal Studi Kependidikan dan KeislamanI*, Vol.5..No.2.
- Windu Erhansyah. 2012. “Pengembangan Web Sebagai Media Penyampaian Bahan Ajar dengan Materi Struktur Dan Fungsi Jaringan pada Organ Tumbuhan”. *Jurnal UNESA*. Vol. 2. No.3.
- Yenni Bakhtiar,. 2011. Peran Fungi Mikoriza dan Bakteri Endosymbiotik Mikoriza dalam Meningkatkan Daya Adaptasi Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Terhadap Cekaman Biotik *Ganoderma bonisense*. *Skripsi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Yohanna Annisa Indriyani. 2012. *Mikoriza dan Peranannya dalam Dunia Pertanian*. Bogor : Bogor Agricultural.
- Yusriadi. 2018. Kepadatan dan Keragaman Spora Fungi Mikoriza Arbuskula pada Daerah Perakaran Beberapa Tanaman Pangan di lahan Pertanian Desa Disera. *Jurnal Agroland*. Vol.,25.,No.1.

Lampiran 1

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY
 Nomor: B-8045/Uh.08/FTK/KP.07.6/07/2020

TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Menimbang	<p>a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;</p> <p>b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai Pembimbing Skripsi.</p>												
Mengingat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional; 2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen; 3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Sistem Pendidikan Tinggi; 4. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum; 5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi; 6. Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh; 7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh; 8. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh; 9. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia; 10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011, tentang Penetapan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum; 11. Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh 												
Memperhatikan	Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 06 Agustus 2020												
Menetapkan PERTAMA	<p>MEMUTUSKAN</p> <p>Menunjuk Saudara:</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Eva Nauli Taib, M Pd</td> <td>sebagai Pembimbing Pertama</td> </tr> <tr> <td>Zuraidah, M Si</td> <td>sebagai Pembimbing Kedua</td> </tr> </table> <p>Untuk membimbing Skripsi</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">Nama</td> <td>Ulfa Febrani Utami</td> </tr> <tr> <td>NIM</td> <td>160207166</td> </tr> <tr> <td>Program Studi</td> <td>Pendidikan Biologi</td> </tr> <tr> <td>Judul Skripsi</td> <td>Identifikasi Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Akar Tanaman Kopi Robusta (<i>Coffea chanepora</i>) dan Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>) Desa Anul Item Kabupaten Aceh Tengah Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi</td> </tr> </table>	Eva Nauli Taib, M Pd	sebagai Pembimbing Pertama	Zuraidah, M Si	sebagai Pembimbing Kedua	Nama	Ulfa Febrani Utami	NIM	160207166	Program Studi	Pendidikan Biologi	Judul Skripsi	Identifikasi Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Akar Tanaman Kopi Robusta (<i>Coffea chanepora</i>) dan Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>) Desa Anul Item Kabupaten Aceh Tengah Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi
Eva Nauli Taib, M Pd	sebagai Pembimbing Pertama												
Zuraidah, M Si	sebagai Pembimbing Kedua												
Nama	Ulfa Febrani Utami												
NIM	160207166												
Program Studi	Pendidikan Biologi												
Judul Skripsi	Identifikasi Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Akar Tanaman Kopi Robusta (<i>Coffea chanepora</i>) dan Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>) Desa Anul Item Kabupaten Aceh Tengah Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi												
KEDUA	Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut diatas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2020;												
KETIGA	Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021.												
KEEMPAT	Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.												

Ditetapkan di : Banda Aceh
 Pada tanggal : 31 Agustus 2020

An. Rektor
 Dekan,


 Muslim Razali

Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua Prodi Pendidikan Biologi;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.

Lampiran 2

7/8/2021

Document



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN**

Jl. Syekh Abdur Rauf Kogelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651 - 1551121, Email : unisra-raniry.ac.id

Nomor : B-3866/Un.08/FTK.1/TL.00/03/2021
Lamp : -
Hal : *Penelitian Ilmiah Mahasiswa*

Kepada Yth,
Desa Arul Item, Kecamatan Linge Kabupaten Aceh Tengah

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **ULFA FEBRIANI UTAMI / 160207166**
Semester/Jurusan : X / Pendidikan Biologi
Alamat sekarang : Jl. Laks. Malahayan Lr. Korea Gampoeng Baet, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul *Identifikasi Fungsi Mikoriza Arbuskular pada Akar Tanaman Kopi Robusta (COFFEA CHANEPORA) dan Kopi Arabika (COFFEA ARABICA) Desa Arul Item sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi*

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 18 Maret 2021
an. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



Berlaku sampai : 18 Mei 2021

Dr. M. Chalis, M Ag.

Lampiran 3



**PEMERINTAH KABUPATEN ACEH TENGAH
KECAMATAN LINGE
KAMPUNG ARUL ITEM**

Jalan Isaq – Jagong Km. 14 Kode Pos 24563

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 420/49/2021.

Reje Arul Item, Kecamatan Linge, Kabupaten Aceh Tengah bersama ini menerangkan :

Nama	: ULFA FEBRIANI UTAMI.
NIM	: 160207166.
Jenis Kelamin	: Perempuan.
Jurusan	: Pendidikan Biologi.
Fakultas	: Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat	: Jl. Laks. Malahayati Tr. Korea Gampoeng Baet, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar.

Benar Mahasiswa yang tersebut namanya di atas telah melakukan penelitian yang berjudul *Identifikasi Fungsi Mikoriza Arbuskular pada akar Tanaman Kopi Robusta (COFFEA CHANIPORA) Dan Kopi Arabika (COFFEA ARABICA) Desa Arul Item sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi* pada tanggal 2 s/d 6 April 2021.

Demikian Surat Keterangan ini Kami Keluarkan sebagai bahan perlengkapan administrasi yang bersangkutan agar dipergunakan seperlunya.

Arul Item, 7 April 2021.



*Lampiran 4***Lembar Validasi Penilaian Produk Hasil Penelitian Buku Elektronik (*E-book*) Sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi**

I. Identitas Penulis

Nama : Ulfa Febriani Utami
NIM : 160207166
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

II. Pengantar

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh penulis melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan berjudul "Identifikasi Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Akar Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Kopi Robusta (*Coffea chanepora*) di Desa Arul Item Kabupaten Aceh Tengah sebagai referensi Mata Kuliah Mikologi." Untuk mencapai tujuan penelitian, penulis dengan hormat meminta kesediaan dari Bapak/Ibu dosen untuk menilai buku tersebut dengan melakukan pengisian daftar kuesioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu akan dijamin sesuai dengan kode etik dalam penelitian. Penulis menyampaikan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar kuesioner yang diajukan.

Hormat saya,

Ulfa Febriani Utami

III. Deskripsi Skor

- 1 = Tidak Baik
- 2 = Kurang Baik
- 3 = Cukup Baik
- 4 = Baik
- 5 = Sangat Baik

IV. Instrumen Penilaian Petunjuk Pengisian

- a. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan cara memberi centang (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
- b. Jika perlu diadakan revisi, mohon Bapak/Ibu memberikan revisi pada bagian komentar/saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.

1. Komponen Kelayakan Isi

No.	Kriteria	Skor					Komentar/saran
		1	2	3	4	5	
1.	Keakuratan fakta dan data sesuai dengan tujuan penyusunan Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta.						
2.	Keakuaratan konsep dan teori dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
3.	Keluasan materi dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
4.	Kelengkapan isi Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta L.)						

5.	Ketersediaan sumber yang beragam dalam penyusunan Buku Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
Total skor komponen kelayakan isi							

2. Komponen Kelayakan Kebahasaan

No.	Unsur yang dinilai	Skor					Komentar/saran
		1	2	3	4	5	
1.	Penyusunan kalimat dalam Buku Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta sesuai dengan EYD						
2.	Kejelasan informasi yang disampaikan dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
3.	Bahasa yang digunakan dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta mudah unuk dipahami						
4.	Penggunaan kata istilah dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta sesuai dengan aturan yang ditentukan						
Total skor komponen kelayakan kebahasaan							

3. Komponen Kelayakan Penyajian

No.	Kriteria	Skor					Komentar/saran
		1	2	3	4	5	
1.	Konsistensi sistematika penulisan Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
2.	Bentuk Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta menumbuhkan rasa ketertarikan pembaca						
3.	Keberadaan foto dan deskripsi dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta dapat membantu proses pengamatan						
4.	Kelengkapan informasi yang disajikan dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
Total skor komponen kelayakan Penyajian							

4. Komponen Kelayakan Kegrafikan

No.	Kriteria	Skor					Komentar/saran
		1	2	3	4	5	
1.	Penggunaan teks dan huruf yang digunakan dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta.						
2.	Ketepatan <i>lay out</i> atau atur letak yang digunakan dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
3.	Ketepatan gambar (foto) yang digunakan dalam Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta						
4.	Desain tampilan Buku Elektronik (<i>E-book</i>) Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kopi Arabika dan Robusta menarik.						
Total skor komponen kelayakan kegrafikan							

Sumber: Laila Istighfaroh, dkk., "Pengembangan Buku Identifikasi Aves Koleksi Kebun Binatang Surabaya Sebagai Sumber Belajar Untuk SMA Kelas X", *Jurnal Bioedu*, Vol. 4, No. 3, (2015), h. 964.

Aspek Penilaian :

80%-100% = Sangat layak direkomendasikan sebagai salah satu buku referensi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar

60%-79% = Layak direkomendasikan dengan perbaikan yang ringan

40%-59% = Cukup layak direkomendasikan dengan perbaikan yang berat

20%-39% = Tidak layak untuk direkomendasikan

0%-19 % = Sangat tidak layak direkomendasikan

Banda Aceh, 2021
Validator



Lampiran 5

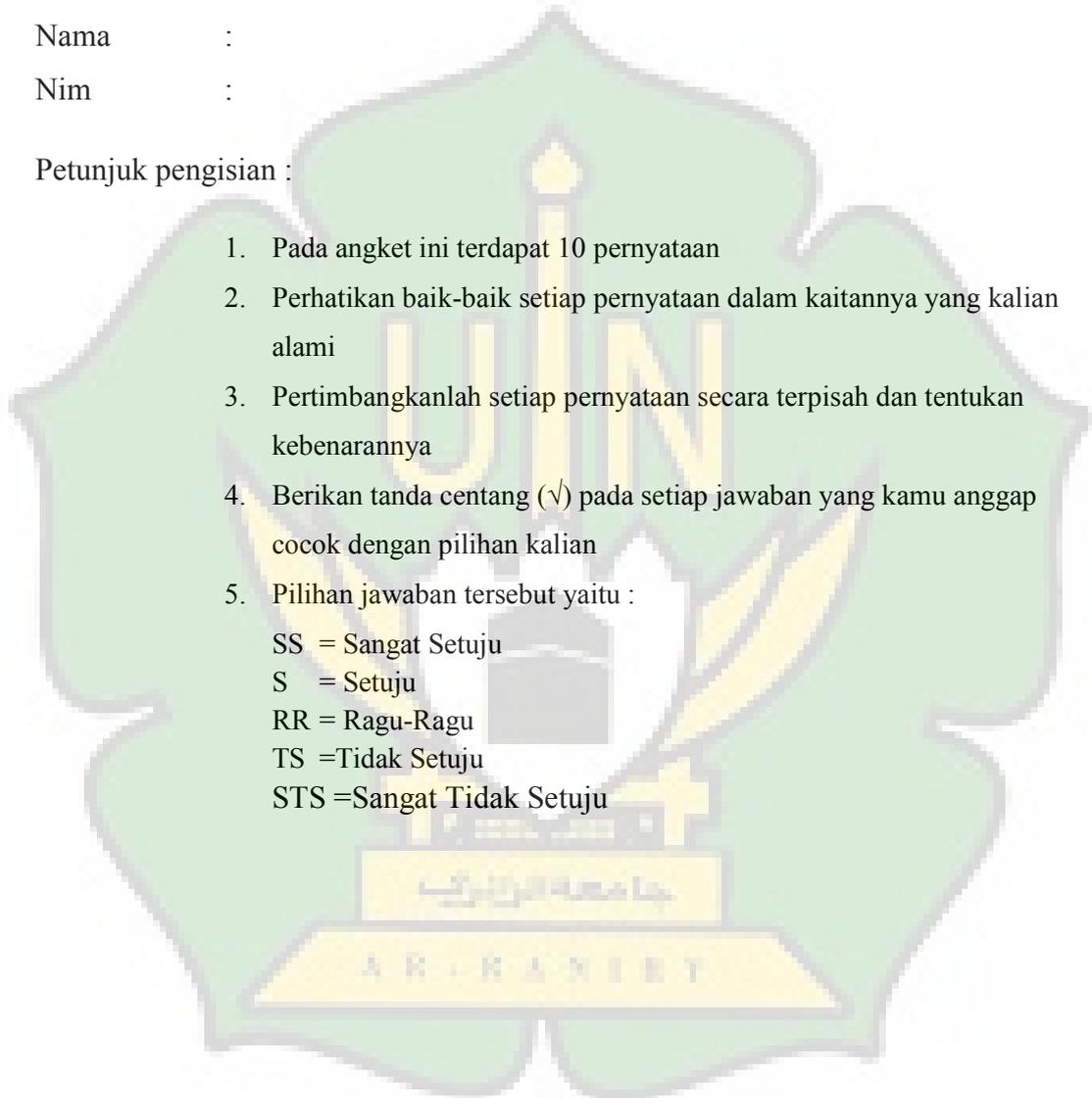
Angket Respon Mahasiswa Terhadap Bentuk Hasil Penelitian yang disenangi mahasiswa sebagai Referensi Mata Kuliah Mikologi

Nama :

Nim :

Petunjuk pengisian :

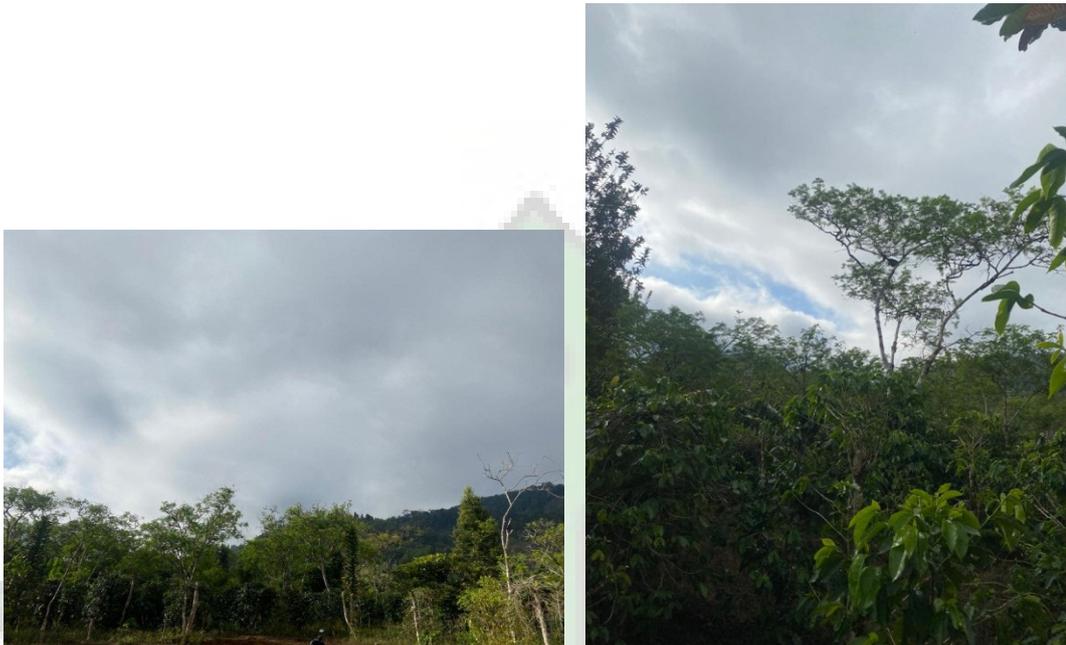
1. Pada angket ini terdapat 10 pernyataan
2. Perhatikan baik-baik setiap pernyataan dalam kaitannya yang kalian alami
3. Pertimbangkanlah setiap pernyataan secara terpisah dan tentukan kebenarannya
4. Berikan tanda centang (✓) pada setiap jawaban yang kamu anggap cocok dengan pilihan kalian
5. Pilihan jawaban tersebut yaitu :
SS = Sangat Setuju
S = Setuju
RR = Ragu-Ragu
TS = Tidak Setuju
STS = Sangat Tidak Setuju



Respon terhadap Buku Elektronik (*E-book*)

No.	Pernyataan	Jawaban				
		SS	S	RR	TS	STS
1	Penyajian materi dalam buku ini menggunakan bahasa yang tepat dan mudah dipahami.					
2	Penyajian materi dalam buku disajikan secara sistematis.					
3	Materi dalam buku dapat menambah dan memperluas wawasan tentang Fungsi Mikoriza pada Tanaman Kopi Robusta Arabika					
4	Penyajian gambar atau foto dalam buku ini jelas dan tidak buram					
5	Desain buku ini sangat menarik sehingga dapat memberikan motivasi untuk mempelajari fungsi mikoriza arbuskular					
6	Penyajian materi dalam buku dapat mendorong pembelajaran secara efektif.					
7	Bentuk, model dan ukuran huruf yang digunakan sederhana dan mudah dibaca					
8	Penyajian materi dalam buku berguna sebagai referensi mata kuliah Mikologi khususnya submateri tentang identifikasi fungsi mikoriza arbuskular					
10	Saya setuju apabila buku ini dijadikan sebagai referensi pembelajaran Fungsi Mikoriza Arbuskular					

Sumber: Laila Istighfaroh, dkk., "Pengembangan Buku Identifikasi Aves Koleksi Kebun Binatang Surabaya Sebagai Sumber Belajar Untuk SMA Kelas X", *Jurnal Bioedu*, Vol. 4, No. 3, (2015), h. 965

*Lampiran 6***Dokumentasi Kegiatan Penelitian**

Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Proses Pengambilan Sampel Tanah pada Akar Tanaman Kopi



Gambar 3. Proses Pengukuran Faktor Fisika- Kimia di area Perkebunan Kopi



Gambar 4. Pengayakan Sampel Tanah



Gambar 5. Proses sentrifuse



Gambar 6. Proses Identifikasi Sampel Di Laboratorium Uin Ar-raniry



Gambar 7. Pengisian Angket Oleh Mahasiswa

AR-RANIRY