

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eboni (*Diospyros celebica Bakh.*) di Indonesia tumbuh secara alami dan berkelompok di Pulau Sulawesi, yang termasuk wilayah *Wallacea* dan merupakan salah satu tanaman endemik di Pulau Sulawesi. Kayu *D.celebica* memiliki corak yang sangat menarik, berupa garis-garis hitam dan merah kecoklatan. Karena keunikan, kekuatan, dan keawetan kayunya, *D. celebica* dikategorikan sebagai kayu mewah yang diminati (Sari et al., 2021). *D. celebica* tidak dapat hidup sendiri sebagai individu atau sebagai tumbuhan yang terpisah, melainkan dalam perkembangannya selalu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Faktor lingkungan merupakan kondisi ekosistem yang sangat penting bagi pertumbuhan suatu jenis tanaman, sehingga perkembangan tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan tempat tumbuhnya. Tanaman ini umumnya tumbuh subur pada tanah dengan lapisan solum yang dangkal, berbatu, dan memiliki kadar bahan organik sedang hingga tinggi (Allo, 2002).

Pemahaman mengenai hubungan antara media kultur dan tanaman inang sangat penting untuk menelusuri interaksi mikroorganisme di sekitar akar tanaman (mikroba *rhizosfer*) dengan tanaman tersebut. Media kultur merupakan lingkungan buatan yang dirancang untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme, seperti mikoriza dan rhizobakteri, yang berasosiasi dengan tanaman inang. Media ini menyediakan nutrisi serta kondisi optimal agar mikroba dapat berkembang sebelum diterapkan pada tanaman. Kesesuaian antara mikroba dan tanaman inang sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman dan kondisi lingkungan sekitarnya. Spora atau inokulum yang berasal dari *rhizosfer* tanaman sejenis biasanya mampu memberikan tingkat infeksi dan penyerapan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan yang berasal dari tanaman inang yang berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan media kultur dengan inokulum yang berasal dari tanaman inang yang sama akan menghasilkan efektivitas yang tinggi dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Muryati et al., 2016).

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme yang terjadi antara jamur dan sistem perakaran tumbuhan tingkat tinggi. Dalam hubungan ini, mikoriza membantu tanaman inang dengan menyediakan mineral anorganik dari tanah. Berdasarkan struktur tubuh serta cara infeksiya terhadap tanaman inang, mikoriza, dan ektendomikoriza. Mikoriza juga memiliki kemampuan menyerap air pada kondisi suhu tinggi, sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan akibat lingkungan tanah yang kering (Asmi et al., 2021). Hubungan simbiotik antar FMA dan akar tanaman bersifat mutualisme, dimana kedua pihak saling mendapatkan manfaat. Tanaman inang menyediakan sebagian hasil fotosintesisnya untuk fungi, sementara fungi membantu tanaman menyerap nutrisi dari tanah. Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk memproduksi inokulum FMA adalah dengan metode kultur pot, yaitu dengan menginokulasikan FMA kedalam tanaman inang tertentu yang ditanam pada medium padat dan steril (Simanungkalit, 2004) dalam Rini & Rozalinda (2010). Setiap jenis FMA menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam mendukung pertumbuhan tanaman, oleh karena itu pemilihan *isolate* FMA yang sesuai akan kompatibel dengan tanaman inang sangat penting dilakukan (Brundrett et al., 1996).

1.2 Teori

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) adalah salah satu mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam siklus nutrisi. Hifa yang panjang dan tipis memungkinkan FMA untuk menjelajah ke dalam tanah guna menyerap air serta unsur hara makro dan mikro yang tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman. FMA memiliki kemampuan berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman serta tingkat asosiasi mencapai sekitar 80% pada tanaman darat. Namun, efektivitas asosiasi ini bervariasi tergantung pada jenis tanaman inang, karena beberapa spesies FMA menunjukkan preferensi khusus terhadap tanaman tertentu. Selain itu, jenis tanaman inang dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi tingkat kolonisasi akar, jumlah spora, serta keragaman tipe spora (Goltapeh et al., 2013) dalam Muryati et al. (2016). Mikoriza merupakan kelompok jamur tanah yang menjalin hubungan simbiosis mutualisme dengan akar tanaman atau pohon, di mana jamur memperoleh pasokan gula cair dari tanaman, sedangkan sebagai balasannya, jamur tersebut menyediakan air dan unsur hara yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Mikoriza hidup berasosiasi secara erat dengan tanaman tingkat tinggi, di mana kedua organisme ini saling memberikan manfaat satu sama lain (Deswita et al., 2022).

Perkembangan mikoriza diawali sejak berada di tanah dalam bentuk spora hingga dapat menginfeksi akar tanaman (Asmarahman et al., 2018). Simbiosis FMA dengan tanaman ditandai oleh pembentukan struktur hifa, spora, vesikula, dan arbuskula. Hubungan ini memberikan berbagai manfaat bagi tanaman seperti, peningkatan ketahanan terhadap kondisi tanah marginal, perlindungan dari patogen, peningkatan penyerapan unsur hara, serta ketahanan terhadap stress kekeringan dan salinitas. Semakin tinggi tingkat kolonisasi FMA pada tanaman inang, maka semakin kuat pula hubungan mutualisme antara keduanya dan efektivitas FMA terhadap tanaman inang juga meningkat. Selain itu, simbiosis yang optimal antara FMA dan tanaman inang dapat meningkatkan kesuburan tanah sebagai hasil dari manfaat yang diberikan oleh FMA (Prihantoro et al., 2023). Perkembangan mikoriza pada tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik tanaman inang itu sendiri, tetapi juga sangat bergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu, pH tanah, kelembaban, kadar fosfor dan nitrogen, serta kandungan bahan organik dalam tanah (Asmi et al., 2021). Selain itu, (Pulungan, 2018) dalam Prihantoro et al. (2023), menambahkan lebih dari 80% tanaman menjalin simbiosis dengan FMA, yang memberikan berbagai manfaat bagi tanaman inang sehingga meningkatkan toleransi terhadap stress kekeringan, memperluas penyerapan unsur hara, dan melindungi tanaman dari patogen tanah. FMA juga dapat bekerja sama dengan mikroorganisme tanah lain, seperti *rhizobium*.

Tingkat simbiosis antara tanaman inang dan FMA diukur melalui persentase kolonisasi mikoriza pada akar tanaman inang, yang ditandai dengan keberadaan hifa, vesikula, arbuskula, dan spora. Semakin tinggi persentase kolonisasi, maka semakin kuat hubungan mutualisme dan semakin aktif peran FMA dengan tanaman inangnya. Simbiosis ini ditandai dengan pembentukan struktur hifa, spora, vesikula, dan arbuskula yang memberikan berbagai manfaat bagi tanaman seperti peningkatan penyerapan unsur hara, ketahanan terhadap tanah marginal, patogen, kekeringan, dan salinitas, serta peningkatan penyerapan unsur hara (Prihantoro et al., 2023).

Pembentukan spora umumnya berlangsung jika terjadi remobilisasi hara dari akar, yaitu pada saat simbiosis FMA dan tanaman akan mengalami kematian. Bentuk spora umumnya bulat sampai lonjong dengan ukuran garis tengah yang beragam. Setiap spora dibatasi oleh satu atau lebih lapisan yang disebut dinding spora yang masing-masing memiliki ketebalan tertentu. Warna spora beragam mulai dari bening atau jernih, kuning sampai hitam. Spora berisi lemak, sitoplasma dan banyak inti sehingga spora dapat berfungsi sebagai propagul. Spora dapat mengelompok menjadi gugus-gugus kecil yang disebut tandan spora (*sporocarp*). Sporokarp dapat berisi hifa-hifa khusus dan dapat terletak di lapisan terluar (*peridium*). Selain itu, spora juga merupakan organ yang ada pada tahapan istirahat (*dorman*). Ketika kondisi lingkungan memungkinkan, spora akan berkecambah dengan mengeluarkan hifa yang langsung menembus dinding spora atau membentuk struktur perkecambahan khusus (Nusantara et al., 2012). Proses pembentukan spora FMA dapat dirangsang dengan memberikan kondisi stress pada tanaman, misalnya dengan cara tidak menyiram tanaman selama satu minggu sebelum panen, sehingga lingkungan menjadi lebih kering. Kondisi kering ini mendorong FMA untuk membentuk spora sebagai mekanisme bertahan hidup. Pendapat ini sejalan dengan pernyataan (Sieverding 1991) dalam Rini & Rozalinda (2010) yang menyatakan bahwa, faktor-faktor seperti spesies FMA, jenis tanaman inang, media tanam, dan kondisi lingkungan secara keseluruhan mempengaruhi waktu dan jumlah pembentukan spora.

Morfologi spora FMA merupakan karakter biologi yang mudah diamati dengan bantuan mikroskop. Spora dapat dipisahkan dari tanah dan kemudian dikelompokkan karakter morfologinya, misalnya ukuran, warna, jumlah dan tebal dinding spora, ada tidaknya struktur khas, hiasan dinding spora (*ornamen*), dan lain sebagainya. Berdasarkan identifikasi tersebut kemudian FMA dapat ditentukan genus dan spesiesnya (Asmarahman et al., 2018). Pflieger dan Linderman (1996) dalam (Asmarahman et al., 2018), menjelaskan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi tanaman inang, biasanya juga memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan mikoriza. Perkembangan mikoriza dipengaruhi oleh kepekaan tanaman inang terhadap suhu tanah, intensitas cahaya, kandungan unsur hara dan air tanah, pH tanah, bahan organik, residu akar, dan logam berat. Oleh karena itu, cahaya dan ketersediaan hara merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk mendukung perkembangan dan penyebaran spora FMA dalam tanah.

Produktivitas tanaman inang dapat ditingkatkan dengan pemupukan yang bertujuan untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kesuburan, serta memperbesar ketersediaan nutrisi di dalam tanah (Azri, 2018). Jenis pupuk yang digunakan meliputi pupuk organik yang berasal dari mikroorganisme seperti FMA (Rini et al., 2020), maupun pupuk anorganik seperti pupuk NPK (Ramayana, 2021). Brundrett et al. (1996) menambahkan bahwa, produksi FMA sebagai inokulan dalam bentuk pupuk hayati yang efektif digunakan di lapangan diperlukan teknik yang tepat, terutama dalam pemilihan tanaman inang dan media tanam. Tanaman inang seperti jagung dan sorgum yang memiliki sistem perakaran luas sering dipilih karena dapat mendukung pertumbuhan FMA secara optimal. Pemilihan tanaman inang merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi produksi FMA, khususnya dalam kultur pot, karena

tanaman inang sangat berpengaruh terhadap pembentukan spora dan tingkat infeksi akar oleh FMA.

1.3 Tujuan Penelitian

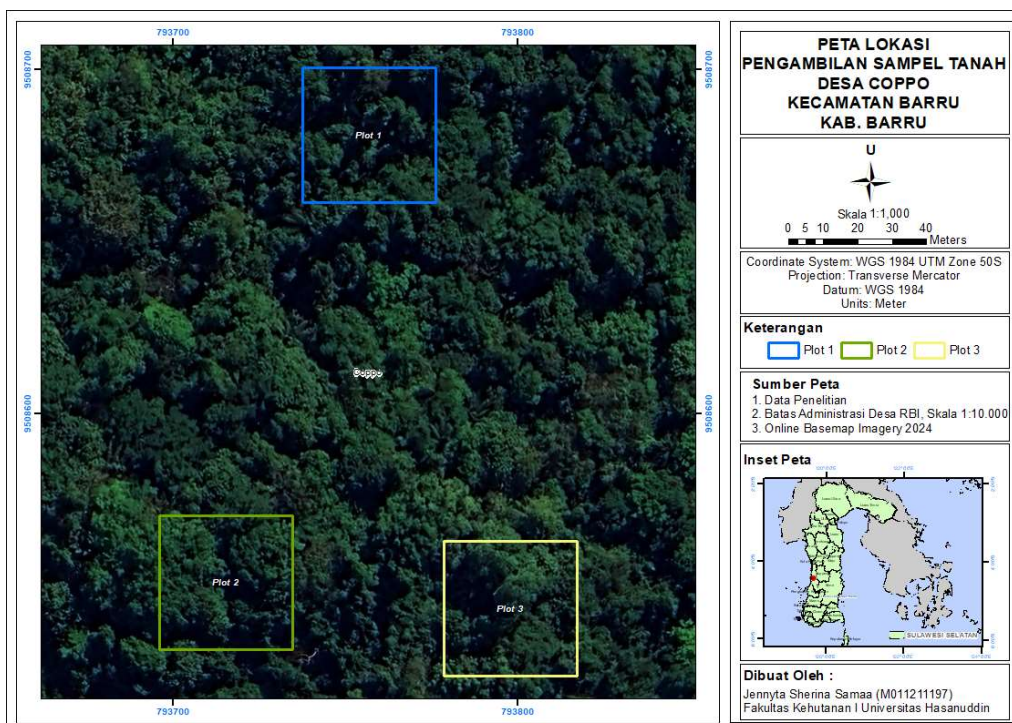
Tujuan penelitian ini adalah:

Penelitian Keragaman dan Kolonisasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Kultur *Trapping* yang Berasal dari *Rhizosfer* Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) di Kawasan Hutan, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, bertujuan untuk mendapatkan data informasi mengenai keberagaman spesies, kepadatan spora, serta persentase kolonisasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) melalui metode kultur *trapping* yang bersumber dari *rhizosfer D. Celebica* menggunakan tanaman inang *Sorghum vulgare* dan *Pueraria javanica* dengan media tanam pasir sungai, zeolit, serta bata.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 - April 2025 melalui beberapa tahap. Tahap pertama berlokasi di Kawasan Hutan Alam di Desa Coppo, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan untuk mengambil sampel tanah. Selanjutnya tahap kedua berlokasi di Persemaian Kampung Rimba Universitas Hasanuddin dengan tujuan melakukan kegiatan kultur *trapping*. Tahap ketiga dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin untuk mengidentifikasi FMA pada sampel tanah dan akar. Peta lokasi pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel tanah

2.2 Alat dan Bahan

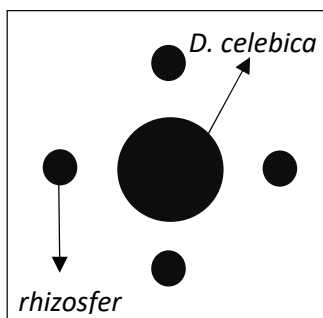
Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini yaitu roll meter, linggis, cangkul, skop tanaman, pisau, plastik, timbangan, spidol permanent, alat tulis, gunting, plastik klip, saringan bertingkat berdiameter 250 μm , 125 μm dan 63 μm , tabung reaksi, *autoclave*, tabung sentrifugasi, sentrifugasi, mikroskop stereo, mikroskop binokuler, kamera dokumentasi, kaca objek, kaca penutup, penggaris, komputer, kaca preparat, *container box*, gelas beker ukuran 1000 ml, batang pengaduk, saringan, cawan petri, pinset tweezer, botol semprot, pot sampel, penyiram tanaman, *tray*, plastik mika.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu sampel tanah kultur trapping, media pasir sungai, media zeolit, media bata, benih *Sorghum vulgare*, benih *Pueraria javanica*, akar tanaman kultur *trapping*, kantong plastik, plastik sampel, kertas label, kertas A4, kertas saring. Adapun bahan kimia seperti air destilata, larutan sukrosa, alkohol 70%, KOH 10%, HCl 2%, asam laktat, gliserin, *trypan blue*, glukosa, larutan Melzer (iodine, air destilata dan KI (*potassium iodine*), larutan PVLG (*polivinil alcohol*, asam laktat, gliserin, air destilata), larutan pemutih (bayclin, air destilata).

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

1. Pengambilan sampel tanah yang dilakukan pada 3 plot berukuran 20x20 meter. Tanah diambil masing-masing sebanyak ± 125 gram dari 4 sisi area *rhizosfer* tanaman dengan kedalaman 0–30 cm dari permukaan tanah kemudian dikompositkan menjadi 500 gram pada plastik sampel. Kegiatan pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak atau *purposive sampling* pada beberapa titik di area penelitian. Penerapan metode *purposive sampling* berdasarkan dengan keberadaan tanaman *D. celebica* dalam satu plot.
2. Sampel tanah yang telah diperoleh diberi label sesuai dengan lokasi plot pengambilan sampel.

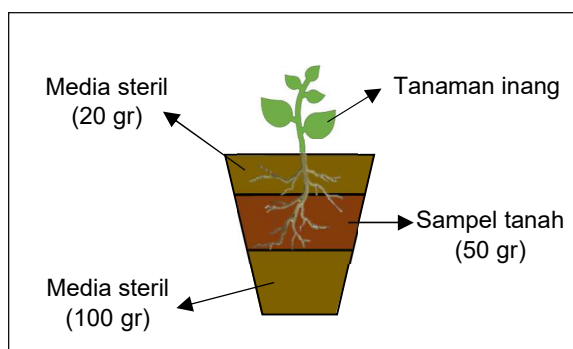


Gambar 2. Sketsa pengambilan sampel tanah pada area *rhizosfer D. Celebica* (Nusantara et al. 2012)

2.3.2 Kultur Trapping

1. Pembuatan kultur *trapping* (penangkaran) pada kegiatan penelitian mengacu pada Brundrett et al. (1996) dengan menggunakan pot-pot kultur kecil. Membuat media tanam pada masing-masing pot dengan campuran sampel tanah *rhizosfer* dan media (pasir sungai, zeolit, bata) yang telah disterilkan menggunakan *autoclave* selama 15-30 menit. Media tanam disusun dengan urutan media steril (20 gram) – tanah (50 gram) – media steril (100 gram).
2. Benih *Sorghum vulgare* dan *Pueraria javanica* disemai pada media steril (pasir sungai) berumur 7-14 hari kemudian dibersihkan lalu pindahkan pada media kultur dan diberi label pada setiap pot sesuai jenis tanaman inang dan media yang digunakan. Masing-masing sampel dibuat sebanyak 5 pot (ulangan).

3. Tanaman kultur *trapping* disiram secara rutin setiap hari menggunakan air dan dirawat hingga berumur kurang lebih 3 bulan untuk dapat dipanen spora nya. Pada tahap perawatan tanaman, perlu dilakukan pengendalian hama secara manual hal ini bertujuan agar tanaman dapat tumbuh dan menerima nutrisi secara optimal
5. Setelah periode pemeliharaan kultur *trapping* selama kurang lebih 3 bulan, masing-masing tanaman pada pot kemudian dipanen. Sampel tanah pada tiap pot diambil dan dimasukkan kedalam plastik sampel, selanjutnya sampel akar tanaman diperoleh dengan cara mengambil hanya pada bagian akar halus tiap tanaman lalu dimasukkan kedalam plastik sampel dan diberi label.



Gambar 3. Sketsa pot kultur *trapping* (Nusantara et al. 2012)

2.3.3 Ekstraksi Spora FMA

1. Proses untuk mengetahui karakteristik spora FMA, dapat dilakukan dengan teknik penyaringan basah (Brundett et al., 1996). Sampel tanah sebanyak 50g dari pot kultur *trapping* dimasukkan kedalam gelas beaker 1000 ml lalu dicampur dengan air dan diaduk hingga rata kemudian dидiamkan selama 10-15 menit, hal ini bertujuan agar partikel-partikel besar dapat mengendap.
2. Campuran tersebut kemudian disaring dalam satu set saringan bertingkat ukuran 250 μm , 125 μm , dan 63 μm secara berurutan dari ukuran terbesar yang paling atas sampai ukuran terkecil yang paling bawah. Saringan bagian atas dialiri dengan air mengalir untuk memudahkan bahan saringan lolos.
3. Sampel tanah yang tertinggal pada saringan ukuran terkecil 125 μm dan 63 μm selanjutnya dipindahkan ke dalam tabung sentrifugasi ukuran 15 ml dengan menggunakan air dari botol semprot, lalu homogenkan hingga terbentuk suspensi. Suspensi tanah disentrifugasi dengan kecepatan 2.500 rpm selama 5 menit. Bagian supernatan dibuang hingga tersisa bagian endapan padat untuk kemudian diberi larutan gula 50% sebanyak 2 kali dari banyak nya endapan didalam tabung sentrifugasi.
4. Suspensi yang terbentuk selanjutnya disentrifugasi kembali dengan kecepatan 2.500 selama 2 menit. Bagian suspensi jernih kemudian disaring menggunakan saringan dengan ukuran 63 μm dan dibilas menggunakan akuades untuk menghilangkan sisa larutan gula sehingga mencegah lisis pada spora. Hasil penyaringan selanjutnya dituang ke dalam cawan petri menggunakan botol

semprot untuk dilakukan identifikasi, lalu berikan label pada masing-masing sampel.

2.3.4 Pengamatan dan Identifikasi Spora FMA

1. Pengamatan dan identifikasi spora menurut (Brundrett et al., 1996) dilakukan melalui beberapa tahap. Hasil penyaringan spora yang telah dipindahkan kedalam cawan petri kemudian dipindahkan pada kertas saring yang diletakkan pada cawan petri, lalu diamati menggunakan mikroskop stereo. Pengamatan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah spora pada tiap sampel dan memisahkan spora berdasarkan morfotipenya.
2. Pemindahan pada kaca preparat disesuaikan dengan bentuk dan warna spora dengan kategori yang sama. Spora yang telah dipisahkan berdasarkan morfotipenya diletakkan pada kaca preparat lalu ditetesi larutan melzer pada sisi kiri kaca preparat, sedangkan pada sisi kanan ditetesi larutan PVLG sebagai cairan pengawet, kemudian diberi label.
3. Kedua sisi kaca preparat ditutup menggunakan kaca penutup lalu ditekan menggunakan jarum pentul agar spora dapat pecah sehingga membantu dalam penentuan tipe spora berdasarkan reaksi cairan melzer. Cat kuku bening diberikan pada tiap sisi kaca penutup agar dapat merekat pada kaca preparat.
4. Pengamatan morfologi spora dilakukan menggunakan mikroskop binokuler berdasarkan keadaan spora pada preparat. Dalam pengamatan morfologi spora yang diamati adalah bentuk spora, warna spora, permukaan dinding spora dan lekatan tangkai hifa dari spora FMA.

2.3.5 Pengamatan Infeksi Kolonisasi Akar

1. Infeksi akar dapat dilihat melalui proses pewarnaan akar yang dimodifikasi (Brundrett et al., 1996) yaitu akar tanaman dari setiap sampel dicuci dan dibersihkan dengan hati-hati lalu diawetkan menggunakan larutan alkohol 70% pada plastik sampel yang telah di labeli.
2. Sampel akar halus tanaman *Sorghum vulgare* dan *Pueraria javanica* dari tiap jenis media tanam masing-masing dimasukkan ke dalam botol film kemudian direndam menggunakan larutan KOH 10% selama 24 jam hingga kandungan *lignin* pada akar habis yang ditandai dengan adanya perubahan warna pada akar menjadi kuning bening.
3. Sampel akar dibilas menggunakan air bersih agar kandungan KOH pada akar hilang. Selanjutnya akar direndam dalam larutan HCl 2% selama 24 jam.
4. Sampel akar dibilas dengan air hingga bersih lalu direndam dalam larutan pemutih hingga warna akar berubah menjadi putih. Bilas Kembali sampel akar menggunakan air bersih agar larutan pemutih pada akar hilang.
5. Sampel akar kemudian direndam dalam larutan pengembangan pewarna biru tripan 0.05% (*staining*) selama 24 jam dan warna dihilangkan menggunakan peluntur warna (*destaining*) selama 24 jam.
6. Pengamatan infeksi akar terkolonisasi pada rambut akar dilakukan dengan menyusun 10 potongan sampel akar berukuran 1 cm yang telah diambil secara

acak pada masing-masing sampel akar yang kemudian disusun pada kaca preparat lalu diberi kaca penutup dan direkatkan menggunakan cat kuku.

7. Potongan-potongan akar pada kaca preparat diamati untuk setiap bidang pandang. Bidang pandang yang menunjukkan kolonisasi (terdapat hifa dan atau arbuskula dan atau vesikula) diberi tanda positif (+), sedangkan yang tidak terdapat tanda-tanda kolonisasi diberi tanda negatif (-).

2.4 Analisis Data

Analisis dilakukan untuk menganalisis kepadatan, kolonisasi, dan indeks keanekaragaman spora. Variabel yang digunakan dalam analisis data yaitu jumlah spora dan akar tanaman *Sorghum vulgare* dan *Pueraria javanica*. Variabel tersebut diolah menggunakan *software Microsoft excel* kemudian data yang telah diolah disajikan dalam bentuk diagram batang dan tabel. Persentase kolonisasi akar dapat dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan oleh (Brundrett et al., 1996):

$$\% \text{ Kolonisasi FMA} = \frac{\sum \text{akar yang diamati}}{\sum \text{akar yang terkolonisasi}} \times 100\%$$

Kepadatan spora (Muryati et al., 2016) :

$$\text{Kepadatan spora} = \text{Jumlah spora} / 50\text{gram tanah}$$

Tingkat infeksi pada akar dapat diklasifikasikan kedalam beberapa tingkatan kelas menurut (Putri et al., 2019) yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Infeksi pada Akar

Kelas	Persentase kolonisasi (%)	Kategori
Kelas 1	0-5	Sangat rendah
Kelas 2	6-25	Rendah
Kelas 3	26-50	Sedang
Kelas 4	51-75	Tinggi
Kelas 5	76-100	Sangat tinggi

Menurut sifat komunitas, keanekaragaman ditentukan dengan banyaknya jenis serta pemerataan kelimpahan individu tiap jenis yang didapatkan. Semakin besar nilai suatu keanekaragaman, berarti semakin banyak jenis yang didapatkan dan nilai ini sangat bergantung kepada nilai total dari individu masing-masing jenis atau generasi. Kelimpahan individu tiap jenis yang didapatkan kemudian dihitung menggunakan nilai indeks keanekaragaman (Odum, 1996) dalam Febrian et al. (2022) dengan rumus :

Indeks keanekaragaman jenis (*Shannon-Wiener*):

$$H' = - \sum (P_i) \ln (P_i)$$

Keterangan :

H' = Indeks keanekaragaman jenis

pi = Jumlah spora suatu spesies/jumlah total spora seluruh spesies

Kategori indeks keanekaragaman jenis :

$H' < 1$ = Rendah

$1 < H' < 3$ = Sedang

$H' > 3$ = Tinggi

Indeks Kemerataan (*Evenness*):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan :

E = Indeks kemerataan

H' = Indeks keanekaragaman jenis

S = Jumlah total spesies

Kategori indeks kemerataan :

$0,0 < E < 0,5$ = Tidak merata

$0,5 < E < 1,0$ = Merata

Indeks dominansi (*Simpson*):

$$D = \sum \left| \frac{n_i}{N} \right|^2$$

Keterangan :

D = Indeks dominansi

n_i = Jumlah spora suatu spesies

N = Jumlah total spora seluruh spesies

Kategori indeks dominansi :

$0,0 < D < 0,5$ = Tidak terdapat dominansi

$0,5 < D < 1,0$ = Terdapat dominansi