

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Di Indonesia, penggunaan pestisida seringkali digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu. Pestisida adalah semua bahan racun kimia yang digunakan untuk membunuh organisme hidup yang mengganggu tanaman, hal ini dikarenakan respon atau reaksi kimia yang digunakan lebih cepat untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi. Namun jika terus menerus pestisida yang digunakan dalam pengendalian serangga dikhawatirkan menimbulkan kerusakan lingkungan, terjadinya resistensi serangga serta berbagai penyakit pada manusia.

Khususnya di Desa Gajah, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Tanah Karo, Provinsi Sumatra Utara, merupakan sentra sayur-sayuran yang berjarak 72,6 km dari kota Medan. Kebun sayur Berastagi yang saat ini masih sedikit menggunakan fungi entomopatogenik sebagai agens pengendali hayati. Fungi entomopatogenik memiliki siklus hidup yang seiring dengan fase hidup serangga target. Menurut laporan para ahli, fungi ini bisa dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar yaitu fungi yang menyerang menggunakan racun untuk melumpuhkan pertahanan alami tubuh serangga dan fungi menyerang serangga dengan sedikit atau tanpa racun (Shahid et al., 2012).

Pengendalian hayati merupakan suatu pengaplikasian alternatif untuk mengendalikan serangga tanaman sayur-sayuran sebagai pengganti

pestisida sistemik. Saat ini sudah banyak diteliti keefektifan mikroorganisme musuh alami serangga seperti virus, fungi, nematoda dan bakteri sebagai teknologi alternatif untuk mengendalikan serangan serangga atau sebagai agens pengendalian hayati (Mas'ud, 2010). Pengendalian hayati dengan memanfaatkan fungi entomopatogenik yang memiliki kemampuan untuk pengembangannya secara meluas. Salah satu cara untuk menghindari dampak negatif bahan kimia terhadap lingkungan yaitu adanya pengendali serangga tanaman yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan fungi entomopatogenik *Beauveria bassiana*.

Beauveria bassiana merupakan salah satu fungi entomopatogenik yang berperan sebagai agens pengendali hayati yang sangat efektif untuk mengendalikan 175 spesies serangga, mulai dari Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Orthoptera dan Hymenoptera. *Beauveria bassiana* merupakan fungi penyebab penyakit klorosis putih (white muscardine) pada serangga dan menghasilkan miselium dan konidia (spora) berwarna putih pada tubuh serangga (Rosmiati et al., 2018). *Beauveria bassiana* dalam menginfeksi serangga dengan membungkus kutikula inangnya dengan cara mensekresikan kitinase untuk mendegradasi komponen utama dari kutikula dan dilanjutkan dengan penetrasi hifa (de Carolina sanchez-perez et al., 2014). Dalam pemanfaatan fungi *Beauveria bassiana* ini perlu adanya usaha untuk mempertahankan keefektifan dan kesinambungannya melalui pengembangan formulasi, yang dapat dipengaruhi oleh media perbanyakan, carrier (bahan pembawa), dan konidia fungi.

Entomopatogenik fungi *Beauveria bassiana* dapat diperoleh dengan cara eksplorasi dari berbagai sampel melalui proses baiting. Isolat fungi juga dapat diperoleh melalui metode pengumpanan serangga (*insect bait method*), yaitu dengan cara memaparkan serangga hidup pada rizosfer tanaman kebun sayur Berastagi seperti sayuran kubis, kol, terong, sawi dan lain sebagainya. Pada penelitian ini serangga yang digunakan untuk pengumpanan yaitu ulat hongkong (*Tenebrio Mollitor*). Ulat hongkong atau *Tenebrio molitor* termasuk kedalam ordo terbesar yaitu ordo Coleoptera. Ordo Coleoptera adalah ordo terbesar dari serangga. Famili *Tenebrionidae* adalah kumbang yang hidup dalam gelap (Irwan, 2017).

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui hasil eksplorasi dengan menggunakan metode pengumpanan serangga dan mengidentifikasi fungi yang diperoleh yaitu *Beauveria bassiana*. Manfaat bagi peneliti yaitu mengetahui bagaimana proses eksplorasi menggunakan metode baiting atau pengumpanan dan identifikasi hasil dari eksplorasi yaitu fungi entomopatogen *Beauveria bassiana*.

Luaran penelitian ini berupa bahan ajar yang berkaitan dengan Biologi. Bahan ajar yang dimaksud adalah Buku Monograf Mikrobiologi. Hasil penelitian ini dapat dijadikan untuk bahan ajar berupa buku monograf. Menurut (Panne.,2021) bahan ajar adalah bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dan instruktur dalam melaksanakan

kegiatan belajar mengajar dikelas. Bahan yang dimaksud adalah bisa berupa bahan tertulis maupun tidak tertulis.

Bahan ajar ialah sekumpulan materi ajar yang disusun secara sistematis yang merepresentasikan konsep yang mengarahkan siswa untuk mencapai suatu kompetensi. Ketika bahan ajar tidak digunakan dalam pembelajaran dikelas maka bahan ajar tersebut hanya menjadi sumber belajar. Dalam pembelajaran biologi sangat perlu mengamati secara langsung objek kajian yang ada di alam. Hal ini sangat perlu karena kalau hanya secara teori dikelas, para mahasiswa kurang tertarik dalam melakukan pengidentifikasian.

Berdasarkan karakteristik entomopatogenik yang ada di kebun sayur Berastagi salah satunya yaitu fungi *Beauveria bassiana*. peneliti ini melakukan sebuah pengidentifikasian, pendataan, dan didokumentasikan berupa foto dan eksplorasi fungi *Beauveria bassiana* di kebun sayur berastagi dengan judul “Karakteristik Entomopatogenik Fungi *Beauveria bassiana* Di Kebun Sayur Berastagi Sebagai Bahan Buku Monograf Mikrobiologi”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah ditemukan di atas, masalah dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik entomopatogenik fungi *Beauveria bassiana* dari kebun sayur Berastagi ?
2. Bagaimana gejala serangga yang terinfeksi fungi entomopatogenik *Beauveria bassiana* ?

C. Pembatasan Masalah

Yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Hanya dibatasi pada karakteristik entomopatogenik fungi *Beauveria bassiana*
2. Identifikasi meliputi fungi *Beauveria bassiana* dan serangga yang terinfeksi
3. Luaran dalam penelitian ini berupa buku monograf

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah di atas maka dapat dirumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik fungi *Beauveria bassiana* yang diteliti di laboratorium ?
2. Bagaimana karakteristik serangga yang diserang oleh fungi *Beauveria bassiana* ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk melihat hasil dari karakteristik fungi entomopatogenik *Beauveria bassiana* di kebun sayur Berastagi.
2. Untuk mendapatkan data gejala serangga yang terinfeksi oleh *Beauveria bassiana* dari Laboratorium FKIP UISU.
3. Menyusun bahan ajar berupa buku monograf mikrobiologi yang valid dan benar.

F. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini semoga dapat bermanfaat bagi mahasiswa, pendidik maupun bagi peneliti :

1. Manfaat penelitian bagi Mahasiswa yaitu untuk melatih pengetahuan Mahasiswa terhadap makhluk hidup termasuk di lingkungan alam.
2. Untuk melatih keterampilan mahasiswa dalam pembelajaran pada bahan ajar buku Monograf Mikrobiologi dan pembelajaran yang mudah di pahami serta membantu pendidik untuk memahami konsep buku Monograf bagi Mahasiswa.
3. Bagi peneliti, Dapat mengetahui Fungi entomopatogenik *Beauveria bassiana* merupakan sangat besar peranannya dalam pengendalian serangga sayuran di kebun Berastagi sebagai sentra sayuran organik di Sumatera Utara.
4. Dalam ilmu pendidikan dapat menjadi refesensi serta masukan bagi peneliti lainnya.
5. Menambah pengetahuan ilmu bagi Mahasiswa, Dosen perogram studi pendidikan Biologi FKIP UISU dan masyarakat pembaca.

BAB II

KAJIAN TEORITIS DAN KERANGKA KONSEPTUAL

A. Kajian Teoretis

Kajian teori merupakan serangkaian konsep, definisi dan juga perspektif mengenai satu hal yang tersusun rapi. Kajian teori ini menjadi hal penting di dalam sebuah penelitian karena nantinya menjadi landasan teori atau dasar teori dari penelitian tersebut. Berdasarkan uraian di atas maka penulis akan menjelaskan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tinjauan materi pokok

a. Karakteristik Entomopatogenik

Karakteristik entomopatogenik merupakan salah satu agens pengendali hayati yang potensial untuk mengendalikan serangga tanaman (Sumartini et al. 2017). Agens hayati tersebut meliputi organisme yang bersifat predator, parasit, parasitoid dan pathogen. Karakteristik Entomopatogenik secara umum ialah fungi yang memiliki spora (konidia), berbentuk bulat sampai lonjong, uniseluler dan hialin (Bayu et al., 2021). Karakteristik adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan berbagai hal seperti tanda, ciri atau yang biasa membedakan satu hal dengan yang lainnya, sedangkan entomopatogenik adalah salah satu parasit alami. Ini membentuk kelompok heterogen milik beragam kelompok sistematis dan bervariasi dalam Biologi (Sanjaya, et al., 2021).

Entomopatogenik merupakan fungi penyebab penyakit white muscardine pada serangga hama yang menghasilkan miselium dan

konidium (spora) berwarna putih (Soetopo & Indrayani, 2007). Entomopatogenik merupakan salah satu fungi yang bersifat heterotrof. Karena sifat heterotrof fungi entomopatogenik hidup sebagai parasit pada serangga (Susanti et al., 2018). Ini menunjukkan tingkat efektivitas yang lebih tinggi dalam menginfeksi inangnya, sehingga dapat bertindak sebagai pengatur untuk mengatur kelimpahan serangga berbahaya (Ramakuela et al. 2020). Fungi entomopatogen mencakup banyak spesies fungi yang beragam secara filogenetik, morfologis dan ekologis, organisme ini berevolusi untuk mengeksploitasi serangga. Kisaran luas inang serangga dari larva hingga serangga dewasa terinfeksi oleh fungi entomopatogen parasit ini.

Fungi Entomopatogen

a) Ciri-ciri umum fungi

1. Eukariotik (memiliki inti sel).
2. Umumnya multiseluler, ada juga yang uniseluler.
3. Reproduksi dengan pembentukan spora.
4. Tubuh di susun oleh benang-benang yang hifa. Hifa-hifa berserat membentuk miselium. Ada pula yang miseliumnya berkembang membentuk tubuh buah.
5. Habitat di tempat yang lembab.

Fungi entomopatogen menginfeksi serangga dengan cara menembus kutikula serangga tersebut, berbeda dengan virus dan bakteri yang harus termakan oleh serangga inang. Fungi entomopatogen mampu menginfeksi serangga dengan masuk ke tubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. Inokulum fungi yang menempel pada tubuh serangga inang akan berkecambah dan berkembang membentuk tabung kecambah, kemudian masuk menembus kulit tubuh. Penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim atau toksin. Fungi akan berkembang dalam tubuh inang dan menyerang seluruh jaringan tubuh, sehingga serangga mati. Miselia fungi menembus ke luar tubuh inang, tumbuh menutupi tubuh inang dan memproduksi konidia.

Fungi Entomopatogenik merupakan fungi yang menyerang serangga. Serangga dalam Al-Qur'an juga merupakan sebuah tanda akan keberadaan sang pencipta bagi orang yang beriman.

Allah SWT berfirman dalam surat (Q.S Saba': 14), yang berbunyi :

تَأْكُلُ الْأَرْضِ الْأَمْثَالَ إِلَّا مَوْتَهُ عَلَىٰ دَلَّهُمْ مَا الْمَوْتِ عَلَيْهِ فَضَيْنًا فَلَمَّا
فِي لَيْثُوا مَا الْغَيْبِ يَعْلَمُونَ كَانُوا لَوْ أَنَّ الْجِنَّ تَبَيَّنَتْ خَرًّا فَلَمَّا مَنَسَاتُهُ
الْمُهَيَّبِ الْعَذَابِ

Yang artinya : Maka ketika Kami telah menetapkan kematian atasnya (Sulaiman), tidak ada yang menunjukkan kepada mereka kematiannya itu kecuali rayap yang memakan tongkatnya. Maka ketika dia telah

tersungkur, tahulah jin itu bahwa sekiranya mereka mengetahui yang gaib tentu mereka tidak tetap dalam siksa yang menghinakan..” (Q.S Saba': 14)

Fungi entomopatogen dapat diperoleh dengan cara eksplorasi dari berbagai sampel melalui proses baiting. Isolat fungi juga dapat diperoleh melalui metode pengumpanan serangga (*insect bait method*), yaitu dengan cara memaparkan serangga hidup pada rizosfer tanaman kebun sayur Berastagi seperti sayuran kubis, kol, terong, sawi dan lain sebagainya. Pada penelitian ini serangga yang digunakan untuk pengumpanan yaitu ulat hongkong (*Tenebrio Mollitor*).

Ulat hongkong atau *Tenebrio molitor* termasuk kedalam ordo Coleoptera serta Famili *Tenebrionidae* meliputi kumbang yang hidup dalam gelap (Irwan, 2017). Ulat hongkong sendiri merupakan salah satu fase hidup dari empat fase hidup *Tenebrio molitor* yaitu telur, larva, kepompong, dan dewasa (Liya, 2015).



Gambar 1. Fase hidup *Tenebrio molitor*
(Sumber :<http://repository.unika.ac.id>)

Taksonomi *Tenebrio molitor* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Phylum : Arthropoda

Class : Insect

Order : Coleopteran

Suborder : Polyphaga

Family : Tenebrionidae

Genus : Tenebrio

Species : Tenebrio Molitor (Dossey et al., 2008)

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui hasil eksplorasi dengan menggunakan metode pengumpanan serangga dan mengidentifikasi fungi yang diperoleh yaitu *Beauveria bassiana*. Manfaat bagi peneliti yaitu mengetahui bagaimana proses eksplorasi menggunakan metode baiting atau pengumpanan dan identifikasi hasil dari eksplorasi yaitu fungi entomopatogen *Beauveria bassiana*. Salah satu fungi entomopatogenik yang berpotensi sebagai agens hayati adalah *Beauveria bassiana*.

b. Fungi *Beauveria bassiana*

Beauveria bassiana merupakan salah satu fungi entomopatogenik yang berperan sebagai agens pengendali hayati yang sangat efektif untuk mengendalikan banyak spesies serangga, mulai dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Homoptera, Orthoptera, dan Dipteraserta tidak

menyebabkan resistensi pada serangga sasaran. Kisaran luas inang serangga dari larva hingga serangga dewasa terinfeksi oleh fungi entomopatogen parasit ini (Wahyudi, et al 2021). *Beauveria bassiana* merupakan fungi penyebab penyakit (*white muscardine*) pada serangga dan menghasilkan miselium dan konidium (spora) berwarna putih pada tubuh serangga (Rosmiati et al., 2018).

Menurut (Ramakuwela et al., 2020) *Beauveria bassiana* merupakan salah satu jenis fungi entomopatogen yang banyak dikembangkan sebagai agens hayati dengan struktur membentuk hifa benang-benang halus (hifa septal), membentuk koloni yang disebut miselium untuk mengendalikan berbagai jenis serangga dan penyakit. Menurut (Turnip, et al., 2018) *Beauveria bassiana* merupakan salah satu fungi entomopatogenik yang berperan sebagai agen pengendali hayati dalam mengendalikan 175 spesies serangga, mulai dari Coleopter, Diptera, Hemiptera, Orthoptera dan Hymenoptera.

Fungi *Beauveria bassiana* bersifat parasit yang sangat agresif, spora dan hifanya tidak berpigmen atau hialin. Kumpulan spora (miselium) berwarna putih dengan ukuran sporanya hanya sekitar 2-3 mikron. Penyimpanan pada suhu 5°C menunjukkan kemampuan mempertahankan viabilitas spora *Beauveria bassiana* kering murni lebih lama dari pada kondisi suhu 23°C dan suhu 29°C. Fungi *Beauveria bassiana* dapat bertahan di dalam tanah sebagai kompetitor lemah dan terdistribusi secara

heterogen sehingga dapat diisolasi dari sampel tanah pada kedalaman 5 – 15 cm (Alfatah, 2011).

Sebagai entomopatogenik fungi *Beauveria bassiana* dapat diisolasi secara alami dari tanaman dan tanah. Sifatnya yang seperti wabah sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim yang membutuhkan lingkungan yang sangat lembab dan hangat. Dibeberapa negara, fungi ini telah banyak digunakan sebagai agen hayati untuk mengendalikan berbagai serangga mulai dari tanaman pangan, tanaman hias, buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, hortikultura, perkebunan, kehutanan, dan sawah (soetopo danindriyani, 2007).

Dari kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa fungi *Beauveria bassiana* adalah Fungi mikroskopik dengan struktur somatik yang membentuk hifa benang-benang halus (hifa septal). Hifa-hifa ini kemudian membentuk koloni yang disebut miselium. Fungi *Beauveria bassiana* tidak bisa memproduksi makanannya sendiri, oleh karena itu fungi ini bersifat parasite terhadap serangga. fungi *Beauveria bassiana* adalah fungi mikroskopik dengan struktur somatik yang membentuk hifa benang-benang halus (hifa septal). Hifa-hifa ini kemudian membentuk koloni yang disebut miselium. Fungi *Beauveria bassiana* tidak bisa memproduksi makanannya sendiri, oleh karena itu fungi ini bersifat parasite terhadap seranggainangnya. Spora fungi ini tumbuh berkelompok, sehingga berupa bola-bola spora.

Klasifikasi *Beauveria bassiana*

Menurut Cabi (2019), Klasifikasi *Beauveria bassiana* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Subphylum	: Pezizomycotina
Class	: Ascomycetes
Subclass	: Hypocreomycetidae
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Clavicipitaceae
Genus	: <i>Beauveria</i> (Bals.)
Spesies	: <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.)

Spora *Beauveria bassiana* yang melekat pada permukaan kutikula serangga akan membentuk hifa, masuk pada jaringan internal serangga melalui interaksi biokimia yang kompleks antara inang dan fungi. Selanjutnya, enzim yang dihasilkan dapat mendegradasi kutikula larva. Hifa fungi akan tumbuh ke dalam sel-sel tubuh larva, dan menyerap cairan tubuh serangga yang mengakibatkan larva mati dalam keadaan tubuh yang mengeras seperti mumi (Ramakuella et al. 2020).

Fungi *Beauveria bassiana* penyebab penyakit pada serangga pertama kali ditemukan oleh Agostino Bassi di Bose, Perancis. Steinhaus yang kemudian mengujinya pada larva sutera (*Bombyx mori*). Penelitian

tersebut bukan hanya sebagai penemuan penyakit pertama pada serangga, tetapi juga yang pertama untuk binatang (Utami, 2019).



Gambar 2. Serangga yang terinfeksi *Beauveria bassiana*
(Sumber : Biologi Wine)

Ciri khas *Beauveria bassiana* adalah karakter konidiofor yang berbentuk zig-zag sebagai pendukung terbentuknya konidia. Konidia berbentuk bulat hingga oval, bersel satu, hialin, ukuran konidia berkisar 2-3 mm yang terbentuk pada setiap pucuk konidiofor. Hifa *Beauveria bassiana* berukuran 1,5-2,1 mm, hialin, bersekat, dan bercabang. Miselium berupa benang-benang halus berwarna putih namun dengan perkembangan umur maka warna berubah menjadi kuning pucat (Kumar et al. 2016).

Secara makroskopis biakan *Beauveria bassiana* pada media PDA, koloni *Beauveria bassiana* berbentuk seperti lapisan tepung yang berkelompok bulat lonjong yang terdiri atas sel kering dan kecil menonjol, pada bagian tepi koloni berwarna putih kemudian menjadi kuning pucat atau kemerahan seiring bertambahnya umur koloni. Sedangkan secara mikroskopis *Beauveria bassiana* memiliki hifa

berukuran lebar 1–2 μm dan berkelompok dalam sekelompok sel-sel konidiofor berukuran 3–6 μm x 3 μm . Hifa bercabang-cabang dan menghasilkan sel-sel konidiofor yang berbentuk seperti botol, dengan leher kecil, dan panjang cabang hifa dapat mencapai lebih dari 20 μm dan lebar 1 μm (Tantawizal, 2016).

Sistem kerja spora fungi *Beauveria bassiana* masuk ke tubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. Selain itu inokulum fungi yang menempel pada tubuh serangga inang dapat berkecambah dan berkembang membentuk tabung kecambah, kemudian masuk menembus kutikula tubuh serangga. Penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim atau toksin yang disebut *beauvericin*, antibiotik ini dapat menyebabkan gangguan pada fungsi hemolimfa serangga, sehingga mengakibatkan pembengkakan yang disertai pengerasan yang membuat kerusakan jaringan pada tubuh serangga. Serangga yang telah terserang fungi *Beauveria bassiana* ditunjukkan dengan adanya tanda-tanda yaitu serangga umpan tidak bergerak lincah disertai gerakan lambat, terjadi perubahan warna hitam atau bercak gelap pada kulit serangga. Bercak tersebut disebabkan oleh fungi yang melakukan penetrasi sehingga tubuh serangga menjadi kaku dan terbungkus oleh pertumbuhan fungi lalu mengalami mumifikasi atau pengerasan disertai dengan adanya warna putih pada permukaan tubuh. Warna putih ini merupakan konidia yang tumbuh di permukaan tubuh serangga (Pratiwi, 2017).

c. Gejala Larva Yang Terinfeksi Fungi *Beauveria bassiana*

Gejala serangga yang terinfeksi fungi *Beauveria bassiana* adalah larva menjadi lemah, kepekaan dan aktivitas makan menjadi berkurang sehingga pada akhirnya larva akan mati. larva yang mati akibat infeksi menunjukkan gejala berupa terdapat bercak kehitaman atau bercak berwarna gelap pada kutikula yang disebabkan oleh penetrasi fungi pada kutikula larva. Bila kondisi lingkungan yang cukup lembab maka pada permukaan tubuh akan ditumbuhi miselium fungi yang berwarna putih sehingga menutupi tubuh larva (Tantawizal et al., 2015).

Beauveria bassiana memproduksi metabolit sekunder diantaranya *beauvericin*, *bassianin*, *bassianolide*, *beauveriolides*, *oosporein* dan *tenellin* (Saranraj dan Jayaprakash, 2017). Kandungan toksik yang dihasilkan *Beauveria bassiana* berupa *beauvericin* merupakan antibiotik penyebab gangguan fungsi hemolimfa dan nukleus larva yang mengakibatkan pembengkakan dan pengerasan pada larva yang terinfeksi (Soetopo dan Iga, 2007).

Kemampuan fungi entomopatogenik dalam mematikan serangga hama bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh karakter fisiologi dan genetik fungi (Trizelia, 2005). Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, maka penggunaan fungi entomopatogen isolat lokal dipilih karena dianggap sudah beradaptasi dengan baik pada ekosistem setempat sehingga tidak mengakibatkan gangguan terhadap keseimbangan ekologi.

Menurut Tantawizal et al. (2015) dan Bayu et al. (2021) yang menyatakan bahwa infeksi pada larva umumnya terjadi melalui

integumen, kemudian konidia berkecambah dan memasuki saluran pencernaan. Luka pada saluran pencernaan mengakibatkan cairan masuk ke *haemocol* dan mengubah pH hemolimfa, menyebabkan pengurangan nutrisi, kelaparan hingga mengakibatkan kematian. Fungi *Beauveria bassiana* juga menghasilkan mikotoksin yang menyebabkan pembengkakan dan tubuh serangga menjadi kaku. Salah satu mikotoksin adalah *beauvericin*, yang merupakan antibiotik yang sangat beracun, dapat menghambat pembusukan yang disebabkan oleh bakteri pada tubuh serangga, sehingga fungi dapat melakukan mumifikasi dengan baik pada tubuh larva. Selain itu *beauvericin* juga dapat menyebabkan perubahan pada inti sel dan mempengaruhi migrasi sel pada tubuh larva. Selanjutnya Aror et al., (2017) menambahkan bahwa serangga yang terinfeksi fungi *Beauveria bassiana* akan mengalami pergerakan lambat, terjadi perubahan warna, tubuh mengeras seperti mummi, dan muncul hifa fungi berwarna putih.

Mekanisme infeksi *Beauveria bassiana* dimulai dengan hifa atau spora *Beauveria bassiana* ke dalam kutikula melalui kulit luar serangga. Pertumbuhan hifa akan mengeluarkan enzim seperti protease, lipolitik, amilase, dan kitinase. Enzim-enzim tersebut mampu menghidrolisis kompleks protein di dalam integumen yang menyerang dan menghancurkan kutikula, sehingga hifa tersebut mampu menembus dan masuk serta berkembang di dalam tubuh larva. Mekanisme infeksi fungi secara mekanik melalui tekanan yang disebabkan oleh konidium *Beauveria bassiana* yang tumbuh. Secara mekanik infeksi fungi *Beauveria*

bassiana berawal dari penetrasi miselium pada kutikula lalu berkecambah dan membentuk apresorium, kemudian menyerang epidermis dan hipodermis. Hifa kemudian menyerang jaringan dan hifa berkembang biak di dalam *haemolymph* (Indriyati et al, 2009).

d. Kebun Sayur Berastagi

Penelitian ini dilakukan di Desa Gajah, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Karo. Desa Gajah memiliki luas wilayah 460 ha (2,6%) dari luas wilayah kecamatan dan berada pada ketinggian $\pm 1,420$ meter di atas permukaan laut (mdpl). Jarak dari Ibu Kota Kabupaten (Kabanjahe) adalah 10 km dengan waktu tempuh 10 menit dan jarak Ibu Kota kecamatan adalah sebesar 3 km dengan waktu tempuh 5 menit dari Ibu Kota Medan adalah sebesar 87 km dengan waktu tempuh 150 menit.

Desa Gajah, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Tanah Karo, Provinsi Sumatra Utara adalah salah satu tempat sentra sayur-sayuran di Berastagi. Kebun sayur Berastagi seperti sayuran kol, terong, sawi dan kubis yang saat ini masih sedikit menggunakan fungi entomopatogenik sebagai agens pengendali hayati. Pengendalian hayati dengan memanfaatkan fungi entomopatogenik yang memiliki kemampuan untuk pengembangannya secara meluas. Salah satu cara untuk menghindari dampak negatif bahan kimia terhadap lingkungan yaitu adanya pengendali serangga tanaman yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan fungi entomopatogenik *Beauveria bassiana*.

Desa Gajah, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Tanah Karo, Provinsi Sumatra Utara adalah lokasi penelitian mahasiswa yang bertujuan

untuk pengambilan sampel rizosfer tanaman agar mengetahui keragaman fungi entomopatogen yang ada disekitar lahan tanaman sayur Berastagi.

2. Hakikat Bahan Ajar Mikrobiologi

Hakikat belajar ajar adalah usaha untuk mencari dan menemukan yang baru sehingga dapat dilakukan Mahasiswa untuk memenuhi kebutuhan. Menurut Baharudin dan Wahyu (2008) hakikat bahan ajar adalah bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran (Pannen: 2001). Bahan ajar adalah seperangkat atau alat pembelajaran yang berisikan materi pembelajaran, metode pembelajaran, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang didesain secara sistematis dan menarik dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan yaitu mencapai kompetensi atau subkompetensi dengan segala kompleksitasnya (Widodo dan jasmadi dalam lestari 2013:1). Bahan ajar adalah bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran (Pannen: 2001). Bahan ajar adalah seperangkat atau alat pembelajaran yang berisikan materi pembelajaran, metode pembelajaran, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang didesain secara sistematis dan menarik dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan yaitu mencapai kompetensi atau subkompetensi dengan segala kompleksitasnya (Widodo dan jasmadi dalam lestari 2013:1).

Menurut Prastowo (2013: 309) secara garis besar, bahan ajar (instructional materials) adalah pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang harus dipelajari siswa dalam rangka mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar yang telah ditentukan. Dengan kata lain, materi pembelajaran dapat dibedakan menjadi tiga jenis materi, yaitu materi aspek kognitif, afektif dan psikomotorik. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2003:87) “bahan ajar” berarti segala sesuatu yang dapat dipakai atau dijadikan pedoman atau digunakan untuk mengajar. Dari pendapat tersebut dapat kita tekankan bahwa bahan ajar disusun secara teratur, baik bahan ajar itu dikemas dalam bentuk cetak atau non cetak bahan ajar dibuat dengan tujuan untuk membuat lingkungan atau sesuatu menjadi lebih baik layak untuk melakukan proses pembelajaran.

Pendapat tersebut juga diperkuat dengan pandangan pannen dan suyanto yang menyatakan bahwa bahan ajar adalah bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis, yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran (pannen dan purwanto, 2011:8). Bahan atau materi ajar adalah segala sesuatu yang hendak dipelajari dan dikuasai para siswa, baik berupa pengetahuan, keterampilan, maupun sikap melalui kegiatan pembelajaran (Sumantri, 2015:217). Dengan kata lain bahan ajar merupakan suatu komponen yang menunjang kegiatan pembelajaran, dan dari kegiatan pembelajaran tersebut siswa mampu mencapai tujuan-tujuan pembelajaran. Tujuan yang dicapai dapat diperoleh dalam bentuk pengetahuan, keterampilan maupun sikap.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, penulis dapat menyimpulkan bahwa bahan ajar adalah suatu komponen yang dikemas secara sistematis dan digunakan sebagai pedoman dalam proses pembelajaran dalam bentuk materi-materi pembelajaran yang sudah tersusun sedemikian rupa sehingga memudahkan siswa dalam mencapai standar kompetensi yang telah ditetapkan.

Bahan ajar mikrobiologi merupakan salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Sumatra Utara. Mikrobiologi merupakan ilmu yang mempelajari organisme (makhluk) kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Organisme kecil merupakan mikroorganisme/mikrobia/jasad renik, ukuran dari satu mikton (0,001 mm). Biologi National Research Council (2012) menyatakan bahwa, biologi yang dipelajari dalam mikrobiologi meliputi struktur dan prosesnya, hereditas, dan evolusi. Penguasaan topik-topik tersebut merupakan kewajiban bagi calon pendidik dalam bidang biologi dan sains (Munandar et al. 2015). Objek kajian dalam mikrobiologi adalah mikroorganisme. Mikroorganisme yang dipelajari meliputi bakteri, khamir, kapang, jamur, dan lichen (Subandi 2010).

Diantara beberapa mikroorganisme tersebut, fungi entomopatogen merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang belum meluas dipelajari. Banyak mahasiswa yang masih belum mengerti keunggulan dari fungi entomogotogenik yaitu agens pengendali hayati dan ramah lingkungan.

Fenomena kehidupan yang berhubungan dengan mata kuliah Mikrobiologi adalah pemanfaatan mikroorganisme dibidang lingkungan, yaitu proses bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses penggunaan makhluk hidup seperti bakteri, fungi dan tanaman untuk menjaga dari komponen kimia di lingkungan. Bioremediasi dapat membersihkan lingkungan yang terkontaminasi polutan dengan menggunakan mikroorganisme hidup untuk dapat mendegradasi zat yang berbahaya menjadi zat yang memiliki kadar racun yang lebih sedikit (Ethica, 2018).

Ciri-ciri utama dari suatu Mikroorganisme dikelompokkan sebagai berikut:

1. Morfologi

Mikroba pada umumnya sangat kecil, ukurannya dinyatakan dalam micrometer. Oleh karena ukurannya yang kecil diperlukan mikroskop untuk melihat mikroba. Mikroskop yang digunakan tergantung pada kecermatan yang diinginkan oleh peneliti.

2. Kimiawi

Sel terdiri dari berbagai bahan kimia. Bila sel mikroba di beri perlakuan kimiawi, maka sel ini memperlihatkan susunan kimiawi yang spesifik.

3. Biakan

Zat hara yang diperlukan oleh setiap mikroorganisme berbeda, ada mikroorganisme yang hanya dapat hidup dan tubuh bila diberikan zat hara yang kompleks (serum, darah). Sebaliknya ada pula yang hanya

memerlukan bahan inorganic saja atau bahan organic (asam amino, karbohidrat, purin, pirimidin, vitamin, koenzim).

4. Metabolisme

Proses kehidupan dalam sel merupakan suatu rentetan reaksi kimiawi yang disebut metabolisme. Berbagai macam reaksi yang terjadi dalam metabolisme dapat digunakan untuk mencirikan mikroorganisme.

5. Antigenik

Bila mikroorganisme masuk kedalam tubuh, akan terbentuk antibody yang mengikat antigen. Antigen merupakan bahan kimia tertentu dan sel mikroba.

6. Genetik

Mikroorganisme memiliki bagian yang konstan dan spesifik bagi mikroorganisme tersebut sehingga dapat digunakan untuk mencirikan mikroorganisme.

7. Patogenitas

Mikroba dapat menimbulkan penyakit, kemampuannya untuk menimbulkan penyakit merupakan ciri khas mikroorganisme tersebut selain itu dapat pula bakteri yang memakan bakteri lainnya (*Bdellovibrio*) dan virus (bakteriofag) yang menginfeksi dan menghancurkan bakteri.

Pembelajaran pada materi peranan mikroba dalam kehidupan mata kuliah Mikrobiologi membutuhkan bahan ajar yang dapat menunjang perkuliahan tersebut, menyajikan konsep penting yang dapat dipelajari secara mandiri oleh mahasiswa untuk mengembangkan pengetahuannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi kebutuhan bahan ajar

untuk mahasiswa Prodi Pendidikan Biologi Universitas Islam Sumatra Utara.

3. Hakikat Buku Monograf

Buku monograf merupakan hasil karya tulis yang ditulis oleh seorang ahli atau spesialisasi dibidangnya. Buku monograf merupakan tulisan ilmiah dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu topik dalam satu bidang ilmu kompetensi penulis. Adanya rumusan masalah yang mengandung nilai kebaruan, metodologi pemecahan masalah, dukungan data atau teori mutakhir yang lengkap, jelas, serta simpulan dan daftar pustaka.

Secara umum, buku monograf adalah bentuk buku yang terbitannya tunggal dan tidak ada seri selanjutnya. Misalnya saja seorang Dosen ilmu pemasaran, makabisa menulis buku monograf dengan topik pemasaran digital melalui marketplace. Berbeda halnya dengan buku referensi, buku referensi adalah buku yang di tulis secara ilmiah atau mengikuti kaidah-kaidah penulisan ilmiah yang membahas hanya satu bidang ilmu yang berisi topik atau tema yang lebih luas.

Pembuatan monograf ini juga ada tujuannya. Berdasarkan penggunaan monograf dipergunakan untuk pegangan materi pembelajaran. Jadi, buku jenis monograf juga dapat digunakan sebagai buku pegangan mahasiswa. Selanjutnya dengan pengkayaan dari hasil-hasil penelitian buku monograf juga dapat dinaikkan statusnya menjadi buku referensi. Buku tersebut akan menjadi sumber literatur bagi penelitian lainnya, dan bahan atau materi ajar bagi Dosen dan Mahasiswa.

a. Kriteria Monograf

Berikut ini adalah karakteristik dari buku monograf

1. Sumber bahan tulisan: Monograf berasal dari hasil penelitian atau riset dan hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat.
2. Target pengguna: Monograf dapat digunakan oleh dosen untuk memperkaya bahan ajar, dan dapat pula digunakan oleh mahasiswa yang tertarik mempelajari materi monograf atau untuk memperkaya materi tugas akhir.
3. Monograf wajib memiliki ISBN, diterbitkan oleh penerbit profesional.
4. Subtansi: Monograf berfokus pada sub cabang ilmu saja atau satu topik saja.
5. Ruang lingkup penggunaan: monograf dapat digunakan untuk penelitian dan pengajaran.
6. Citation atau sitasi monograf: isinya dapat rujuk dan digunakan serta dapat diletakkan dalam daftar pustaka.

b. Materi Monograf

Materi Monograf dapat berasal dari tugas akhir, skripsi, tesis, disertasi, hasil penelitian lainnya.

1. Jika sumber tulisan merupakan hasil penelitian bersama dan akan dituliskan menjadi monograf maka harus mendapat persetujuan (tertulis di atas materai) dari tim peneliti lainnya.
2. Jika sumber tulisan merupakan bagian dari penelitian dosen yang melibatkan mahasiswa, maka dosen bisa memanfaatkan hasil penelitian sebagai bahan Monograf. Jika penelitian mahasiswa dalam

bentuk Tugas Akhir, Skripsi, Thesis, atau disertasi tersebut bukan merupakan bagian dari penelitian dosen atau tidak didanai oleh dosen maka hasil penelitian mahasiswa tersebut perlu dituliskan sesuai dengan kaidah dan etika penulisan rujukan yang benar.

c. Format Penulisan Monograf

Panduan umum penyusunan monograf sebagai berikut :

1. Ukuran kertas B5 (15 x 23 cm)
2. Jumlah halaman minimal 40 halaman, tidak termasuk Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar, Daftar Lampiran, Prakata, Kata Pengantar, Daftar Istilah, Daftar Pustaka dan Lampiran.
3. Buku ditulis dalam 1 kolom.
4. Margin kiri, kanan, atas, dan bawah masing-masing 3 cm.
5. Jenis huruf Times New Roman.
6. Ukuran huruf pada teks utama 12 points, judul BAB 14 points (menyesuaikan).
7. Jarak spasi antar baris 1,15.
8. Memiliki ISBN (International Standar Book Number).
9. Mencantumkan Daftar Pustaka, Indeks Subyek serta Daftar Istilah (bila perlu).
10. Diterbitkan oleh penerbit profesional anggota IKAPI.
11. Substansi sesuai dengan kompetensi dan Road Map Penelitian ketua penulis dan tidak menyimpang dari falsafah Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945.

Pada dasarnya tidak ada ketentuan berapa jumlah bab dalam suatu monograf. Namun setidaknya setidaknya harus memenuhi unsur-unsur sebagai berikut:

1. Pendahuluan, yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan
2. Hasil-hasil penelitian yang ditunjang oleh sumber pustaka mutakhir
3. Ringkasan
4. Daftar pustaka.

B. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual menurut (Sugiyono, 2014) adalah suatu hubungan yang akan menghubungkan secara teoritis antara variabel-variabel penelitian yaitu, antara variabel independen dengan variabel dependen yang akan diamati atau diukur melalui penelitian yang akan dilaksanakan.

1. Fungi Entomoptogen merupakan salah satu jenis bioinsektisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangg pada tanaman.
2. *Beauveriana bassiana* merupakan fungi entomopatogen yang dapat menimbulkan penyakit pada serangga.
3. Desa Gajah merupakan salah satu tempat perkebunan sayur yang biasa diamati untuk mengendalikan serangga, misalnya serangga pada sayur-sayuran, buah-buahan dan tanaman hias. Salah satu serangga yang paling banyak menyerang tanaman hortikultura adalah larva daun sayuran yang merupakan larva *Plutella xylostella*. Salah satu cara

pengendalian larva ini adalah dengan menggunakan *Beauveria Bassiana*.

4. Karakteristik adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan berbagai hal seperti tanda, ciri atau yang biasa membedakan satu hal dengan yang lainnya.
5. Buku monograf merupakan karya tulis oleh seorang ahli atau spesialisasi dibidangnya. Buku monograf merupakan tulisan ilmiah berupa buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu topic dalam satu bidang ilmu kompetensi penulis.