

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan mayoritas penduduknya bekerja di sektor pertanian, maka dari itu bergantung pada lahan pertanian sebagai tempat kegiatan untuk bercocok tanam. Setiap daerah di Indonesia memiliki lahan pertanian karena itu sebagai negara agraris perekonomian negara ini bergantung dari sektor pertanian. Bukan hanya negara agraris negara Indonesia juga termasuk negara maritim dengan kekayaan laut yang melimpah sebagai penopang perekonomian negara ini. Negara Indonesia negara seribu pulau yang memiliki banyak kekayaan alam.

Di Sumatera Utara, Kabupaten Karo juga daerah yang bisa dinikmati keindahan gunung berapi yang masih aktif dengan lokasi di atas ketinggian 2.172 meter dari permukaan laut. Hasil panen yang maksimal yaitu dengan menanam sayur-mayur di dataran tinggi. Daerah penanaman yang paling cocok mulai dari 5 meter sampai dengan 1.200 meter dpl. Produktivitas sayuran di perkebunan berastagi mengalami pasang surut dikarenakan adanya beberapa faktor seperti iklim, jenis tanah, gulma, penyakit dan hama. Biasanya untuk mengatasi hama menggunakan pestisida berbahaya dapat berdampak buruk pada sayuran. Maka dari itu salah satu teknik pengendalian hayati yaitu dengan memanfaatkan fungi entomopatogen. Salah satu fungi entomopatogen yang digunakan yaitu dari spesies *Metarhizium anisopliae*.

Penggunaan fungi entomopatogen saat ini telah diaplikasikan baik di luar negeri maupun didalam negeri sebagai salah satu alternatif pengendalian hama ramah lingkungan guna mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida kimia. Kebanyakan fungi entomopatogen terutama pada spesies *Metarhizium anisopliae* telah banyak digunakan untuk mengendalikan serangga hama. Fungi entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dapat diisolasi dari tanah dan serangga terinfeksi serta dapat persisten didalam tanah terutama jika propagulnya kontak dengan inang yang rentan. Di dalam tanah fungi ini bersifat sebagai saprofit. Fungi *Metarhizium anisopliae* dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh inang dengan adanya tekanan mekanik dan bantuan toksin yang di keluarkan oleh fungi (Hasyim *et al*, 2016).

Fungi entomopatogen yang banyak digunakan dalam pengendalian serangga hama di lapangan yaitu fungi *Metarhizium* sp. Fungi ini dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga inang melalui 2 cara yaitu tekanan mekanik dan bantuan toksin yang dikeluarkan fungi entomopatogen tersebut (Hasyim *et al.*, 2016). Melakukan identifikasi terhadap fungi yang dapat dijadikan sebagai agens hayati yaitu *Aspergillus* sp., *Geotrichum* sp. dan *Penicillium* sp. Fungi menyerang serangga dicirikan dengan tubuh serangga menjadi kaku dan keras, membuat serangga seperti mumi serta dari tubuh serangga tersebut akan keluar hifa yang tergantung dari fungi tersebut yang menyerang serangga (Ayudya *et al.*, 2019).

Karakteristik fungi merupakan ciri spesifik yang dimiliki oleh fungi yang digunakan untuk membedakan jenis dan individu dalam suatu jenis fungi. Maka karakteristik juga merupakan sesuatu yang berhubungan dengan sifat khas dari

individu tertentu. Karakteristik pada spesies fungi *Metarhizium anisopliae* ini tidak hanya sekedar sifat khas tetapi juga memiliki manfaat. Fungi *Metarhizium anisopliae*. ini menarik untuk diteliti karena dalam pengendalian agen hayati fungi ini memiliki kapasitas reproduksi yang tinggi. Pengkajian karakteristik dari fungi ini berhubungan dengan mata kuliah mikrobiologi, karakteristik juga dapat memperkaya bahan ajar.

Mikrobiologi sendiri berarti ilmu biologi yang mengkaji organisme berukuran kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Ruang lingkup mikrobiologi meliputi bakteri, fungi, algae, virus dan protozoa, sesuai dengan pendapat Subandi, (2010) dalam kajian mikrobiologi, mikroorganisme yang dipelajari meliputi bakteri, jamur benang, khamir, Archaea, dan mikroalga. Pada kajian ini fungi *Metarhizium anisopliae* sebagai objek penelitian untuk dapat menambah pengetahuan. Hasil dari pengkajian pada fungi *Metarhizium anisopliae* ini akan dijadikan buku monograf sebagai bahan ajar, untuk menunjang materi dalam mata kuliah mikrobiologi.

Luaran dari penelitian ini adalah buku monograf mikrobiologi. Buku merupakan bahan ajar dalam melakukan proses pembelajaran. Buku juga menunjang pengetahuan di dalam pendidikan mulai dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi. Menurut Niyarci (2022), pendidikan adalah dasar kemerdekaan bagi tiap-tiap orang untuk mengatur hidupnya sendiri. Bila diterapkan dalam sistem pengajaran maka hal itu merupakan upaya mendidik peserta didik supaya dapat berpikiran, berperasaan, dan bekerja merdeka demi pencapaian tujuan dalam perkembangan kodrati. Secara garis besar dapat ditarik artian bahwa

belajar adalah proses memperoleh pengetahuan dan pengalaman dalam wujud perubahan tingkah laku dan daya tanggap yang relatif permanen atau menetap yang dihasilkan dari interaksi individu dengan lingkungan (Ikhtiar, 2022). Dalam konsep Ki Hadjar Dewantara ada dua hal yang harus dibedakan yaitu sistem “pengajaran” dan “pendidikan” yang harus bersinergis satu sama lain. Pengajaran bersifat memerdekakan manusia dari aspek hidup lahiriah (kemiskinan dan kebodohan). Sedangkan pendidikan lebih memerdekakan manusia dari aspek hidup batin (otonomi berpikir dan mengambil keputusan, martabat, dan mentalitas demokratis).

Pembelajaran merupakan kegiatan yang melibatkan berbagai macam komponen, antara lain: siswa, guru, kurikulum, sarana dan prasarana pendidikan. Guru termasuk komponen yang berpengaruh dalam proses pembelajaran, yang memiliki tanggung jawab dan sangat menentukan dalam pencapaian keberhasilan penyelenggaraan pendidikan. Sebelum melaksanakan pembelajaran guru dituntut untuk memperhatikan berbagai komponen dalam sistem pembelajaran yang meliputi : menyusun rancangan pembelajaran menyiapkan materi yang relevan, merancang metode yang disesuaikan dengan situasi dan kondisi siswa, menyediakan sumber belajar dan media (Zainal, 2002:22).

Menurut Ika (2013) bahan ajar mempunyai fungsi dalam proses pembelajaran yaitu kegiatan pembelajaran lebih menarik, memberikan kesempatan siswa untuk belajar secara mandiri dan tidak tergantung pada kehadiran guru, mendapatkan kemudahan dalam mempelajari setiap kompetensi yang harus dikuasai. Bagi guru bahan ajar dapat menambah pengetahuan karena dikembangkan

dengan menggunakan banyak referensi sehingga guru tidak tergantung lagi pada buku teks. Dilihat dari penjelasan fungsi bahan ajar diatas, maka bahan ajar mempunyai peranan yang cukup penting dalam proses pembelajaran, karena dapat digunakan untuk membantu proses pembelajaran.

Pengetahuan mengenai agen pengendali hayati spesies fungi *Metarhizium anisopliae* menjadi penting dalam mengembangkan bahan ajar pada mata kuliah Mikrobiologi. Klasifikasi dan karakteristik fungi *Metarhizium anisopliae* dapat membantu mahasiswa dalam mengidentifikasi fungi entomopatogenik. Selain itu kurangnya sumber belajar yang tersedia menjadi kendala dalam pembelajaran Mikrobiologi.

Bedasarkan hal diatas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “ KARAKTERISTIK ENTOMOPATOGENIK FUNGI *Metarhizium anisopliae* DI KEBUN SAYUR BERASTAGI SEBAGAI BAHAN BUKU MONOGRAF MIKROOBIOLOGI “. Bahan ajar yang akan dibuat adalah monograf tentang karakteristik fungi *Metarhizium anisopliae*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fungi *Metarhizium anisopliae* yang ada di kebun sayur Berastagi.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik atau ciri-ciri fungi *Metarhizium anisopliae* di kebun sayur Berastagi ?

2. Apakah penelitian fungi *Metarhizium anisopliae* ini dapat mendukung mata kuliah mikrobiologi ?
3. Apakah fungi *Metarhizium anisopliae* tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembuatan Buku Monograf Mikrobiologi ?

C. Pembatasan Masalah

Yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Fungi yang diamati adalah fungi *Metarhizium anisopliae* di kebun sayur Berastagi.
2. Diidentifikasi mencakup spesifikasi fungi *Metarhizium anisopliae* dan Larva *Tenebrio molitor* yang terserang fungi.
3. Luaran dalam penelitian ini berupa buku monograf.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah diatas maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana entomopatogenik fungi *Metarhizium anisopliae* di perkebunan sayur Berastagi ?
2. Bagaimana karakteristik larva yang terserang fungi *Metarhizium anisopliae* ?
3. Apakah penelitian ini dapat dijadikan sumber bahan ajar buku monograf ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui data fungi *Metarhizium anisopliae* yang ada di kebun sayur Berastagi.

2. Untuk mengetahui karakteristik dari fungi *Metarhizium anisopliae*.
3. Menghasilkan Buku Monograf karakteristik *Metarhizium anisopliae* yang baik.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti, memperoleh pengalaman yang sangat penting dan bermakna karena dapat meningkatkan kreativitas penelitian di lingkungan alam.
2. Untuk mengembangkan keterampilan mahasiswa dalam membuat Buku Monograf.
3. Menambah ilmu pengetahuan bagi mahasiswa, dosen program studi Pendidikan Biologi FKIP UISU serta masyarakat.

BAB II

KAJIAN TEORITIS DAN KERANGKA KONSEPTUAL

A. Kajian Teoritis

1. Karakteristik Fungi Entomopatogen

Karakteristik adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan berbagai hal seperti tanda, ciri atau yang biasa membedakan satu hal dengan yang lainnya, sedangkan entomopatogen adalah salah satu parasit alami. Ini membentuk kelompok heterogen milik beragam kelompok sistematis dan bervariasi dalam Biologi (Sanjaya, *et al.*, 2021). Tanah merupakan habitat berbagai mikro organisme seperti dari golongan fungi, serangga, nematode, bakteri, dan banyak mikroorganisme lain. Fungi termasuk golongan yang cukup dominan di dalam tanah. Baik peranannya sebagai pathogen tanaman, dekomposer, bahkan sebagai agen pengendali hayati. Fungi didalam tanah yang berperan sebagai agen pengendali hayati dapat diisolasi untuk diperoleh isolate murni. Fungi agens hayati dikelompokkan sebagai fungi pathogen serangga atau entomopatogen dan antagonis.jamur entomopatogen dan antagonis tersebut dimanfaatkan sebagai pengendali OPT secara hayati. Pengendali OPT (Organisme Pengganggu Tumbuhan) secara hayati merupakan salah satu cara pengendalian yang cukup menjanjikan karena dengan pengendalian hayati dapat meminimalisir penggunaan pestisida kimia sehingga keseimbangan ekosistem terjaga (Faisal, 2012).

Fungi mempunyai peranan penting dalam ekosistem. Fungi merupakan pengurai dan menjadi penyeimbang keanekaragaman jenis hutan. Fungi mampu menguraikan bahan organik seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, protein, dan

senyawa pati dengan bantuan enzim. Fungi menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang diserap dan digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan (Hasanuddin, 2014).

Fungi entomopatogen merupakan salah satu fungi yang bersifat heterotrof. Karena sifat heterotrof jamur entomopatogen hidup sebagai parasit pada serangga (Permadi dalam Arsi et al., 2020). Pengendalian hayati yang banyak digunakan untuk mengendalikan serangga hama di lapangan yaitu, fungi entomopatogen (Reddy *et al.*, 2016). Pemanfaat fungi entomopatogen untuk mengendalikan serangga memiliki kelebihan dalam kapasitas produksi yang tinggi, siklus dari fungi entomopatogen relatif singkat dan mampu membentuk spora yang tahan terhadap kondisi lingkungan yang buruk (Rosmayuningsih *et al.*, 2014).

Fungi entomopatogen memiliki sifat spesifik terhadap target tertentu dengan efek samping dan resiko yang sangat rendah terhadap organisme non target atau serangga yang bermanfaat (Roberts & Humber 1981). Dengan karakteristik demikian, penggunaan fungi entomopatogen sebagai musuh alami dalam usaha pemberantasan hama dan vektor penyakit akibat serangga memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan penggunaan insektisida sintetis. Biologi, infeksi, penyebaran dan keberadaan fungi entomopatogen Sekitar 750 spesies fungi entomopatogen diketahui terdiri atas 85 genus (Gillespie and Moorhouse dalam skripsi Achmad 2019). Fungi entomopatogen memiliki siklus hidup yang seiring dengan fase hidup serangga target. Menurut laporan para ahli, fungi ini bisa dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar yaitu jamur yang menyerang menggunakan racun untuk melumpuhkan pertahanan alami tubuh serangga dan fungi yang cenderung menyerang serangga dengan sedikit atau tanpa racun (Shahid,

et al., 2012).

يَا أَيُّهَا النَّاسُ ضُرِبَ مَثَلٌ فَاستَمِعُوا لَهُ إِنَّ الَّذِينَ تَدْعُونَ مِنْ دُونِ اللَّهِ لَنْ يَخْلُقُوا ذُبَابًا وَلَوْ اجْتَمَعُوا لَهُ وَإِنْ يَسْلُبْهُمُ الذُّبَابُ شَيْئًا لَا يَسْتَنْفِذُوهُ مِنْهُ ضَعُفَ الطَّالِبُ وَالْمَطْلُوبُ

Artinya : “Wahai manusia! Telah dibuat suatu perumpamaan. Maka dengarkanlah! Sesungguhnya segala yang kamu seru selain Allah tidak dapat menciptakan seekor lalat pun, walaupun mereka bersatu untuk menciptakannya. Dan jika lalat itu merampas sesuatu dari mereka, mereka tidak akan dapat merebutnya kembali dari lalat itu. Sama lemahnya yang menyembah dan yang disembah”. (Q.S. Al-Hajj:73)

Di awal pertumbuhan, koloni fungi *Metarhizium anisopliae* berwarna putih. Seiring bertambahnya umur, warna koloni akan berubah menjadi hijau gelap. Miselium *Metarhizium anisopliae* bersekat, konidiofor berlapis, bersusun tegak, dan bercabang yang dipenuhi oleh spora (Effendy, et al., 2010). Konidia berkecambah pada kelembaban 90%. Patogenitas meningkat seiring dengan meningkatnya kelembaban udara. Patogenitas fungi *Metarhizium anisopliae* menurun pada kelembaban 86%. Larva mati yang terserang fungi *Metarhizium anisopliae* nantinya akan mengeras dan kaku. Pada kulit larva akan tertutup oleh tepung putih yang akan berubah warna menjadi hijau tua *Metarhizium anisopliae* dapat tumbuh optimal pada suhu 22 - 27 °C, dengan pH berkisar antara 3,3 - 8,5 (Pracaya, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan entomopatogenik fungi yaitu : 1) Suhu, fungi pada umumnya memiliki kehidupan yang sama dengan organisme lainnya yang mempunyai filament yang bercabang membentuk sistem sel, pertumbuhan apikal, percabangan lateral dan mendapatkan nutrisi heterotropik.

Karakteristik fungi dalam siklus hidupnya melalui beberapa tahapan dimulai dengan germinasi dari spora, dengan diikuti periode pertumbuhan dengan mengeksploitasi substrat guna memproduksi biomassa, diikuti dengan tahap sporulasi yang melepaskan konidia dari induknya (miselium) sehingga membentuk propagul (Wong, 2004). Menurut Susanto (2007), perkembangan fungi sebagai patogen serangga pada umumnya dapat dipengaruhi tiga komponen yang saling terkait yaitu patogen itu sendiri (strain), lingkungan dan nutrisi. Viabilitas spora fungi entomopatogen dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembaban, pH, radiasi sinar matahari dan senyawa kimia seperti nutrisi dan pestisida.

2) Kelembaban, Menurut Wiryadiputra (1994), kelembaban relatif optimum yang mendukung perkembangan entomopatogenik fungi adalah 80 – 100%, spora akan dengan baik dan maksimum pada kelembaban 92%. Dalam kelembaban tinggi spora akan berkecambah dan diikuti dengan pembentukan tabung perkecambahan.

3) Sinar Matahari, Sinar matahari dapat menekan perkembangan entomopatogenik fungi, stabilitas konidia sangat rendah apabila terkena sinar matahari langsung. Mengenai pengaruh cahaya yang dikombinasikan dengan suhu dan kelembaban relatif menunjukkan pada suhu 8° C dan kelembaban relatif 0%. Konidia yang disimpan pada gelap selama 365 hari masih mampu berkecambah 90%, sedangkan pada keadaan terang daya kecambah menurun hanya sekitar 30% (Wikardi, 1994).

4) Nutrisi Entomopatogenik fungi, umumnya membutuhkan oksigen, air, bahan organik karbon sebagai sumber energi dan bahan anorganik seperti nitrogen sebagai sumber mineral dan faktor pertumbuhan. Unsur karbon biasanya didapat dari dektrosa yang dapat digantikan oleh polisakarida (seperti zat tepung) atau lipid. Nitrogen didapat dari nitrit, ammonia atau kandungan organik seperti asam amino atau protein. Kandungan

esensial makro nutrient berupa fosfat, potassium, magnesium, sulfur dan sedikit sekali membutuhkan bahan anorganik dari sulfat atau organik.

Akibat dampak negatif yang ditimbulkan oleh pestisida sintetis maka dicarilah cara pengendalian lain yang lebih baik. Salah satu pengendalian yang ramah lingkungan dan sedang banyak diteliti adalah pengendalian menggunakan fungi entomopatogen sebagai agensia pengendali hayati. Fungi entomopatogen dengan keanekaragaman yang tinggi mampu menghadirkan solusi yang berkelanjutan terhadap program pengelolaan hama terpadu, fungi ini bersifat ramah lingkungan dan bio-persisten (Gul *et al.*, 2014).

Menurut Ravensberg (2010) melaporkan bahwa hanya sedikit spesies dengan fungi aktivitas entomopatogen yang digunakan untuk pengendalian hama. Oleh karena itu, penting untuk mengintensifkan isolasi fungi tersebut entomopatogen diperlukan untuk memberikan pemahaman baru kedepan dalam pemanfaatan keanekaragaman hayati fungi, dan menyediakan sumber agen pengendalian hayati.

Pengendalian secara hayati memanfaatkan beberapa musuh alami di alam seperti tikus, tupai, kadal, burung hantu dan gagak yang memakan larva atau kumbangnya. Selain itu dapat juga menggunakan fungi *M. anisopliae* yang mampu menyebabkan kematian pada uret, dan secara kimia dapat digunakan insektisida yaitu Diazinon 10G Sevin 855 dan Agrothion 50 (Pracaya, 2007).

Metarhizium anisopliae adalah salah satu fungi patogen serangga yang dikenal sebagai fungi green muscardine karena mempunyai konidia (spora) berwarna hijau. Fungi *Metarhizium anisopliae* pertama kali diisolasi oleh Metschnikoff dari serangga hama yang menyerang tanaman gandum *Anisoplia*

austriaca pada tahun 1879 dan dentifikasi sebagai *Entomophthora anisopale*, dan pada tahun 1888 jamur ini digunakan pertama kali dalam pengendalian hama secara hayati. Sejak saat itu eksplorasi isolat fungi *Metarhizium anisopliae* semakin berkembang ke kelompok serangga lainnya seperti Lepidoptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera, dan Coleoptera. Beberapa spesies *Metarhizium anisopliae* berhasil diidentifikasi dari berbagai hama kumbang Coloeoptera, tetap hanya spesies fungi *Metarhizium anisopliae* yang dilaporkan efektif menginfeksi kelompok Scarabaeidae (Coleoptera) (Indrayani, 2017). Penggunaan fungi entomopatogen tentu bukan tanpa batasan. Interaksi antara fungi entomopatogen dengan serangga non target, interaksi dengan tanaman, interaksi dengan mikroba yang lain, serta ketahanan terhadap fungisida sintetis yang mungkin dipakai juga harus diperhatikan (Septiana,2015).

Fungi *Metarhizium* bersifat entomopatogen dan endofit; mereka ditemukan di tanah, serangga (khususnya yang menginfeksi kutu air) dan mereka mampu mengkolonisasi akar berbagai tanaman, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman dan memberikan peningkatan toleransi terhadap hama dan penyakit. Keanekaragaman *Metarhizium* dari serangga dan tanah telah dieksplorasi di tempat lain tetapi hanya sedikit penelitian yang berfokus pada keragaman kompetensi akar. *Metarhizium*, kami berhipotesis bahwa ada spesialisasi khusus di *Metarhizium*, dengan beberapa spesies/strain lebih terkait dengan entomopatogenisitas di atas tanah dan spesies/strain lain yang khusus menyerang akar tanaman asosiasi (Iwanicki *et al*, 2019).



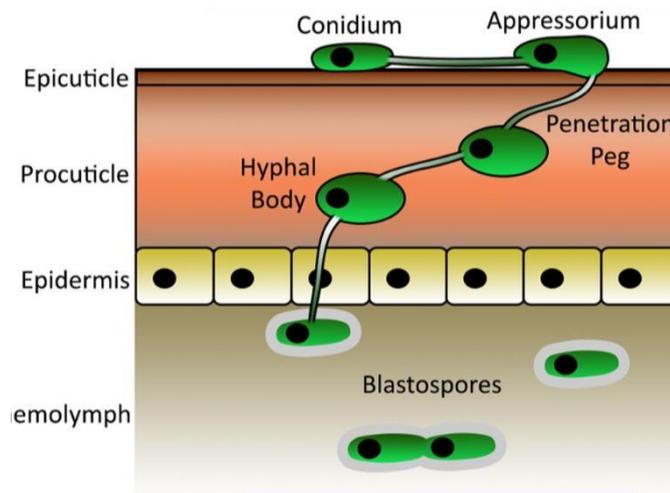
Gambar 1. Larva yang terinfeksi fungi *Metarhizium anisopliae*
 Sumber. Jurnal Uji Efektivitas Jamur Entomopatogen Dari Habitat Yang Berbeda Dan Kerapatan Konidia Untuk Mengendalikan Hama Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros*)

Klassifikasi *Metarhizium anisopliae* dalam sistematika fungi, menurut Alexopoulos *et al.*, (1996) adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Fungi*
 Kelas : *Amastigomycota*
 Divisi : *Deuteromycetes*
 Ordo : *Moniliales*
 Family : *Moniliaceae*
 Genus : *Metarhizium*
 Spesies : *Metarhizium anisopliae*

Larva yang terinfeksi fungi entomopatogen ini tidak mengeluarkan bau, tubuh mengkerut dan kering. Larva *T.molitor* yang terserang jamur *Metarhizium anisopliae* (Sari, 2018). Hasil penelitian Tampubolon (2013) menyatakan bahwa serangga yang terinfeksi *Metarhizium anisopliae* mula-mula gerakan menjadi lamban dan aktifitas makan menurun. Serangga dimulai dari bagian tubuh yang

lunak. Konidia masuk ke dalam tubuh dan menyebar keseluruh rongga tubuh (haemosil) dan menembus integument. Gejala khas dari fungi *Metarhizium anisopliae* adalah larva yang terserang akan mati mengeras dan kaku, akan tetapi tidak berbau.



Gambar 2. Mekanisme infeksi *Metarhizium anisopliae* pada tubuh serangga. Sumber. Jurnal stress is the rule rather than exception for *Metarhizium*.

Menurut Sari (2020) Gejala infeksi akan terlihat keluar dari tubuh serangga berwarna putih yang mula-mula dari segmen kepala dengan toraks, antara segmen toraks dengan abdomen, dan antara segmen abdomen dengan cauda (ekor). Penetrasi fungi entomopatogen sering terjadi pada membran antara kapsul kepala dengan toraks.

Menurut Saenong dan Alfons (2009), *M. anisopliae* merupakan jenis fungi entomopatogenik atau kelompok fungi yang menginfeksi serangga. Fungi tersebut mematikan serangga dengan dua cara, yaitu melalui integumen dan mulut/saluran pencernaan. Menurut Ferron (Mulyono, 2008), terdapat empat tahapan etiologi penyakit serangga yang disebabkan oleh fungi, antara lain :

- a. Tahap pertama adalah inokulasi, yaitu kontak antara propagul fungi dengan tubuh serangga.
- b. Tahap kedua adalah proses penempelan perkecambahan propagul fungi pada integumen serangga. Pada tahap ini, fungi dapat memanfaatkan senyawa-senyawa yang terdapat pada integumen.
- c. Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi. Dalam melakukan penetrasi menembus integumen, fungi membentuk tabung kecambah. Penembusan dilakukan secara mekanis yaitu dengan kekuatan hifa untuk menembus kulit tubuh serangga, dan secara kimiawi dengan mengeluarkan enzim (lipase, kithinase, amilase, proteinase, pospatase, dan esterase) dan toksin.
- d. Tahap keempat yaitu destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya. Pada umumnya serangga sudah mati sebelum proliferasi blastospora.

Jalur infeksi *Metarhizium* infeksi dimulai oleh konidium (spora) yang menggunakan sinyal fisik dan kimia dari permukaan serangga untuk mengenalinya berada pada inang yang sesuai dan memicu perkecambahan dan diferensiasi menjadi appressoria. Para pemberi penghargaan- soria menghasilkan hifa yang menembus kutikula melalui kombinasi enzim dan tekanan mekanik diikuti dengan perkalian dalam hemocoel sebagai fase seperti ragi yang disebut blastospora. Atas dan sisipan bawah mencantumkan gen-gen kunci dan proses respons stres pada permukaan kutikula dan pasca penetrasi kutikula (Lovett, et al., 2014).

Pengendalian menggunakan fungi entomopatogen ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain : 1) selektivitas tinggi, 2) organisme yang digunakan sudah tersedia di alam, 3) mempunyai kapasitas reproduksi yang tinggi, 4) siklus hidupnya pendek, 5) dapat membentuk spora yang tahan di alam walaupun dalam kondisi yang tidak menguntungkan, 6) relatif aman, 7) relatif mudah diproduksi, dan 8) sangat kecil kemungkinan terjadi resistensi (Hall) (Prayogo et al., 2005).

Seperti yang diketahui ada beberapa karakteristik dari fungi *Metarhizium anisopliae* ini. Konidiofor (hifa produktif) tumbuh tegak, berfungsi menghasilkan konidiospora sebagai alat reproduksi seksualnya, memerlukan kondisi lingkungan dengan tingkat kelembapan tinggi, dan tumbuh optimal pada suhu 25 – 30 °C. Secara alami fungi *Metarhizium anisopliae* menghasilkan dua jenis spora. Aerial conidia yang dihasilkan pada phialid-phialid selama fase saprofitik atau pada inang yang telah mati, dan didefinisikan sebagai spora-spora aseksual yang dihasilkan pada sporogenous dan hifa khusus yang dikenal dengan phialid. Tipe spora yang kedua adalah spora yang dihasilkan di hemolymph serangga yang biasanya disebut “blastopora”.

Menurut Sapiha-Waszkiewics *et al.* (Trizelia 2015), keberadaan fungi entomopatogen di dalam tanah tergantung pada habitatnya. Fungi entomopatogen lebih mudah ditemukan pada daerah rizosfer. Carlile *et al.* (Trizelia 2015) menyatakan bahwa populasi organisme di rizosfer biasanya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah bukan rizosfer. Maka untuk mendapatkan fungi

entomopatogen yang akan digunakan sebagai pengendali hama dapat dilakukan dengan cara mengisolasi dari habitat hama hidup.

Menurut Ilmiyah dan Rahma (2021), ciri umum dari fungi *Metarhizium anisopliae* pada awal pertumbuhan koloni fungi berwarna putih dan berubah menjadi hijau gelap dengan bertambahnya umur. Koloni dapat tumbuh dengan cepat pada beberapa media seperti Potato Dextrose Agar (PDA). Miselium bersekat dengan diameter 1,98-2,97 μm konidofor tersusun tegak, belapis, serta bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia bersel satu berwarna hialin, berbentuk bulat silinder dengan ukuran 9,94 x 3,96 μm fungi ini bersifat parasite pada beberapa jenis serangga dan bersifat saprofit di dalam tanah dengan bertahan pada sisa-sisa tanaman.

Metarhizium anisopliae berdasarkan karakter morfologi. Ukuran konidia dengan lebar minimum dan maksimum masing-masing adalah $1,80 \pm 0,29 \mu\text{m}$ dan $2,43 \pm 0,29 \mu\text{m}$, serta panjang minimum dan maksimum masing-masing adalah $5,96 \pm 0,41 \mu\text{m}$ dan $6,54 \pm 0,57 \mu\text{m}$ (Sirait, *et al.*, 2023). Ghayedi & Abdollahi (2013) bahwa konidia *M. anisopliae* berbentuk silinder ke oval dan berukuran $<9 \mu\text{m}$. Rasio panjang/lebar konidia minimum 2,63 μm dan maksimum 3,56 μm . (Tangthirasunun, *et al.*, 2010) membagi dimensi konidia rasio panjang/lebar konidia *M. anisopliae* dalam tiga kelompok. Kelompok rasio panjang/lebar konidia yang rendah, yaitu berukuran $\leq 2,18 \mu\text{m}$, kelompok rasio panjang/lebar konidia medium berukuran antara 2,33–2,87 μm .

Fungi *Metarhizium anisopliae* masuk ke dalam tubuh serangga tidak melalui saluran makanan, tetapi melalui kulit. Setelah konidia fungi masuk ke dalam tubuh

serangga, fungi memperbanyak diri melalui pembentukan hifa dalam jaringan epidermis dan jaringan lainnya sampai dipenuhi miselia fungi. Perkembangan fungi dalam dalam tubuh inang sampai inang mati berjalan sekitar 7 hari dan setelah inang terbunuh, jaringan membentuk konidia primer dan sekunder yang dalam kondisi cuaca yang sesuai muncul dari kutikula serangga. Penyebaran dan infeksi fungi sangat di pengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain padatan inang kesediaan spora, angin dan kelembaban. Kelembaban tinggi dan angin yang kencang sangat membantu penyebaran konidia dan pemerataan infeksi patogen pada seluruh individu pada populasi inang (Mulyono, 2007).

Widiyanti *et al.*, (Mulyono, 2008), menyatakan bahwa kematian hama akibat jamur terjadi karena konidia fungi *M. anisopliae* mengandung cyclopeptida, destruxin A (C29H47O7N5), destruxin B (C25H42O6N4), destruxin C, D, E, dan desmethyl destruxin. Efek destruxin berpengaruh pada organela sel target (mitokondria, retikulum endoplasma dan membran inti), menyebabkan kelumpuhan sel dan berubahnya fungsi midgut, tubulus malphigi dan jaringan otot. Toksisitas destruxin yang dihasilkan oleh fungi *M. anisopliae* berbeda tergantung dari jenis larva serangga.

Fungi *Metarhizium anisopliae* menginfeksi inang melalui empat tahap yaitu inokulasi, penempelan, penetrasi, dan destruksi. Tahap pertama yaitu inokulasi kontak antara propagul fungi dengan tubuh serangga. Tahap kedua adalah proses penempelan dan perkecambahan propagul pada integumen fungi serangga. Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi. Fungi dalam melakukan penetrasi menembus integumen dapat membentuk tabung kecambah (appresorium). Titik penetrasi

sangat dipengaruhi oleh konfigurasi morfologi integumen. Penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim dan toksin. Tahap keempat yaitu destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam haemolymph dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya. Sehingga pada umumnya semua jaringan dan cairan tubuh serangga habis digunakan oleh , sehingga fungi serangga mati dengan tubuh yang mengeras (Setiawan, 2012).

Fungi yang diperoleh, diidentifikasi sampai tingkat genus dengan mengamati secara makroskopis (warna, bentuk, dan arah pertumbuhan koloni) dan mikroskopis (percabangan konidiofor dan bentuk konidia fungi) (Barnet dan Hunter 1972, dalam Permadi, et al., 2019). Gejala awal serangga yang terserang fungi ialah tidak mau makan, tubuh menjadi lemah dan kurang orientasi, lama kelamaan diam, dan mati. Serangga berubah warna dan pada kutikula terlihat bekas hitam sebagai bekas penetrasi fungi. Jika keadaan lingkungan mendukung akan muncul miselia putih pada permukaan tubuhnya. Larva yang terserang biasanya mengeluarkan cairan kemerahan dari mulutnya secara terus menerus. Setelah mati, mula-mula tubuhnya lunak dan dalam waktu 5 jam menjadi kaku . Sehari kemudian tubuhnya ditutupi miselia (Nankinga & Latigo 1996). Miselia ini akan berkembang pada tubuh serangga baik yang tertimbun tanah maupun tidak, sehingga fungi ini dapat diisolasi dari tanah. Fungi entomopatogen dapat bertahan dalam tanah dalam bentuk resting spore selama beberapa tahun dan dalam bentuk miselia atau konidia untuk beberapa bulan.

Menurut Nunihlawati (2012) warna semua isolate *Metarhizium anisopliae*. secara makroskopis diawal pertumbuhan bewarna putih, kemudian berubah menjadi warna hijau gelap. Hal ini juga dikuatkan oleh Konidiofor akan berubah warnanya ketika akan membentuk spora menjadi hijau kekuningan atau hijau tua. Konidiofor muncul dari hifa isolate membentuk percabangan yang tidak teratur mempunyai 2 sampai 3 cabang pada tiap konidiofornya. Pertumbuhan paling baik pada suhu 35°C (Sopialena et al., 2022).

2. Larva *Tenebrio molitor*

Ulat hongkong atau Meal Worm merupakan jenis larva dari *Tenebrio molitor*. *Tenebrio molitor* mempunyai panjang kurang lebih sekitar 13-17 mm yang akan menjadi kumbang dewasa. Ulat hongkong sendiri mempunyai siklus hidup yang sama seperti ulat pada dasarnya, yaitu mulai dari telur ulat, lalu menetas menjadi larva *Tenebrio molitor* , setelah itu menjadi proses pupa, lalu kemudian menjadi kumbang muda dan fase terakhir adalah menjadi kumbang dewasa. Larva *Tenebrio molitor* (meal worm atau yellow meal worm) umumnya dapat ditemukan di pasar burung, tempat penjualan pakan burung, ikan dan reptil, yang merupakan pakan dan sebagai suplemen hewan-hewan tersebut. Larva *Tenebrio molitor* merupakan larva dari serangga yang bernama latin *Tenebrio molitor* yang merupakan hama pada produk biji-bijian (Ridwan et al., 2001; Miranda et al., 2002; Listiani, 2008).



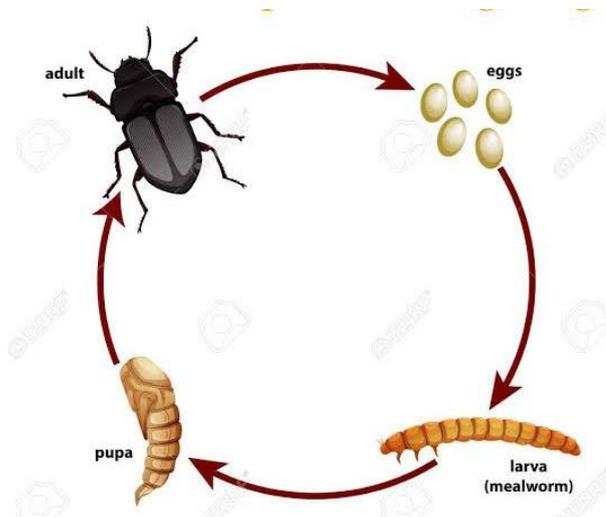
Gambar 3. Larva *Tenebrio molitor*
Sumber. Science Photo Library

A. Klasifikasi Larva *Tenebrio molitor* (Dossey *et al.*, 2008) :

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Filum</i>	: <i>Arthropoda</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Insecta</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Coleoptera</i>
<i>Famili</i>	: <i>Tenebrionidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Tenebrio</i>
<i>Spesies</i>	: <i>T. molitor</i>

Tenebrio molitor adalah hewan kelas insekta biasanya sebagian besar hidupnya melalui fase larva. Larva *Tenebrio molitor* yang sangat membutuhkan banyak makan untuk proses pertumbuhan tubuh hingga larva mencapai fase moulting (pupa). Larva *Tenebrio molitor* merupakan omnivora dan dapat memakan semua jenis bahan tanaman serta produk hewan seperti daging dan bulu. *Tenebrio molitor* sangat mudah dibudidayakan sehingga dapat dimanfaatkan menjadi pakan ternak karena diyakini memiliki kandungan gizi yang tinggi cocok untuk dijadikan makanan ternak. Kandungan protein *Tenebrio molitor* mencapai 48%, lemak kasar

40%, kadar abu 3%, ekstrak nitrogen 8% dan kadar air 57% (Finke, dalam Maha et al., 2021).



Gambar 4. Siklus hidup larva *Tenebrio molitor*
Sumber. Tabloid Sinar Tani

3. Hakikat Bahan Ajar Mikrobiologi

Bahan ajar merupakan segala bahan (baik informasi, alat, maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dan digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran. Misalnya, buku pelajaran, modul, handout, LKS, model atau maket, bahan ajar audio, bahan ajar interaktif, dan sebagainya (Prastowo, 2014: 17).

فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

Artinya: Maka Maha Tinggi Allah Raja Yang sebenar-benarnya, dan janganlah kamu tergesa-gesa membaca Al quran sebelum disempurnakan mewahyukannya kepadamu, dan katakanlah: “Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan”. (Q.S. Thaha : 114).

Menurut Prastowo (2013) 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. Atau dengan kata lain, materi aspek kognitif, afektif dan psikomotorik. Bahan ajar adalah seperangkat materi pembelajaran yang mengacu pada kurikulum yang digunakan dalam rangka mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar yang telah ditentukan. Untuk mencapai kompetensi perlu ada pengukuran atau penilaian. Penilaian hasil belajar memerlukan sebuah pengolahan dan analisis yang akurat (Nizamia, 2015).

Menurut Amri dan Ahmadi (2010 : 161) jenis bahan ajar juga harus disesuaikan dulu dengan kurikulumnya, setelah itu barulah dibuat rancangan pembelajarannya. Berikut ini salah satu jenis bahan ajar berdasarkan bentuknya, meliputi: a. Bahan ajar pandang (visual) yakni sejumlah bahan yang disiapkan dalam kertas, yang berfungsi untuk keperluan pembelajaran atau penyampaian informasi. Bahan ajar pandang (visual) terdiri atas bahan cetak (printed) seperti Handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, leaflet, wallchart, foto/gambar dan bahan non cetak (nonprinted) seperti model/maket. b. Bahan ajar dengar (audio), yakni semua sistem yang menggunakan sinyal radio secara langsung, yang dapat dimainkan atau didengar oleh seseorang atau sekelompok orang. Contohnya seperti kaset, radio, piringan hitam dan compact disk audio. c. Bahan ajar pandang dengar (audiovisual), yakni segala sesuatu yang memungkinkan sinyal audio dapat dikombinasikan dengan gambar bergerak secara seuensial. Contohnya video compact disk dan film. d. Bahan ajar multimedia interaktif (interactive teaching material), yakni kombinasi dari dua atau lebih media yang oleh penggunanya

dimanipulasi atau diberi perlakuan untuk mengendalikan suatu perintah dan/atau perilaku alami suatu presentasi. Contohnya compact disk interactive dan bahan ajar berbasis web (web based learning materials).

Menurut Trianto, biologi merupakan bagian dari pembelajaran IPA yang ilmunya berkembang dan dipahami melalui langkah-langkah ilmiah yang diterapkan dalam pelaksanaan praktikum. Pembelajaran biologi juga sebagai salah satu ilmu yang menyediakan berbagai pengalaman untuk memahami konsep dan proses sains. Adapun pendapat yang lain bahwa biologi juga memiliki karakteristik khusus sebagai rumpun ilmu sains, karakteristik biologi ini diantaranya terletak pada objek yang dipelajari yaitu makhluk hidup, tema atau persoalan-persoalan objek biologi yang terjadi di alam dan metode untuk menyelesaikan masalah pada objek biologi melalui metode ilmiah (Ikhtiara, 2022).

Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari semua makhluk mikroskopik dalam bentuk sel tunggal, multisel, maupun aselular seperti bakteri, microfungi, kapang, mikroalga, protozoa, dan Archaea. Selain itu, virus merupakan makhluk mikro aseluler sehingga sering dikaji dalam ilmu mikrobiologi meskipun tidak dapat sepenuhnya dikatakan sebagai makhluk hidup. Pembelajaran mikrobiologi dimulai sejak ditemukannya mikroskop dan berkembang menjadi ilmu yang multidisipliner. Dalam penerapannya di masa kini, mikrobiologi tidak dapat dipisahkan dengan ilmu yang lain dalam aplikasinya di bidang farmasi, kedokteran, teknik kimia, arkeologi, pertanian, gizi dan kesehatan, serta pangan (Madigan, 2006).

Mikrobiologi merupakan salah satu mata kuliah bagi Mahasiswa Pendidikan Biologi, Universitas Islam Sumatera Utara. Biologi National Research Council (2012) menyatakan bahwa, biologi yang dipelajari dalam mikrobiologi meliputi struktur dan prosesnya, hereditas dan evolusi. Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang mikroba, jasad renik. Mikrobiologi adalah salah satu cabang ilmu dari biologi, dan memerlukan ilmu pendukung kimia, fisika dan biokimia. Mikrobiologi sering disebut ilmu praktek dari biokimia. Dalam mikrobiologi diberikan pengertian dasar tentang sejarah penemuan mikroba, macam-macam mikroba di alam, struktur sel mikroba dan fungsinya, metabolisme mikroba secara umum, pertumbuhan mikroba dan faktor lingkungan, mikrobiologi terapan di bidang lingkungan dan pertanian (Mayasari, 2020).

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).

Hal ini berdasarkan teori dari National Research Council (2012), konten biologi abad ke-21 yang harus dipelajari adalah molekuler sampai organisme (baik itu organisme uniseluler maupun multiseluler berupa hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme) meliputi struktur dan prosesnya; ekosistem meliputi interaksi, energi dan dinamikanya; hereditas meliputi pewarisan sifat; evolusi meliputi keseragaman dan biodiversitas. Untuk itu, penguasaan konten 29 biologi dalam

kajian mikrobiologi menjadi sebuah kewajiban bagi guru biologi dan guru IPA (Munandar et al., 2015). Dalam kajian mikrobiologi, mikroorganisme yang dipelajari meliputi bakteri, fungi benang, khamir, Archaea, dan mikroalga (Subandi, 2010).

4. Hakikat Monograf Sebagai Bahan Ajar

Monograf adalah suatu tulisan ilmiah dalam bentuk buku (ber-ISSN/ISBN) yang substansi pembahasannya hanya pada satu topik/hal dalam suatu bidang ilmu kompetensi penulis. Buku monograf merupakan hasil karya tulis yang ditulis oleh seorang ahli atau spesialisasi dibidangnya. Artikel-artikel hasil penelitian yang dihasilkan oleh penulis dan sudah dipublikasikan dapat dijadikan bahan atau referensi dalam menulis monograf. Buku monograf bisa dibilang nama lain dari buku untuk membedakan antara terbitan berseri atau tidak berseri. Buku monograf ini merupakan bentuk buku yang terbitannya tunggal dan tidak ada seri selanjutnya. Isi tulisan harus memenuhi syarat-syarat sebuah karya ilmiah yang utuh, yaitu adanya rumusan masalah yang mengandung nilai kebaruan (novelty/ies), metodologi pemecahan masalah, dukungan data atau teori mutakhir yang lengkap dan jelas, serta ada kesimpulan dan daftar pustaka yang menunjukkan rekam jejak kompetensi penulis (Narsa, 2021).

Buku monograf adalah buku dari hasil penelitian yang di dalam buku hanya akan ada satu topik yang dibahas. Di dalam buku ini terdapat rumusan masalah, metodologi pemecahan masalah dukungan data atau teori muktahir yang lengkap, jelas, serta kesimpulan dan daftar pustaka. Buku monograf ini merupakan bentuk buku yang terbitannya tunggal dan tidak berseri lanjutan. Pembuatan buku monograf ini memiliki banyak tujuan dan manfaat bagi para pembaca. Juga bisa

menjadi referensi bagi para pembaca yang sedang mencari informasi yang belum diketahui tentang topik yang dicarinya . (Menulis buku monograf, 2021).

Menurut (Direktorat Sumber Daya Ristek Dikti, 2014) menyatakan bahwa buku monograf adalah suatu tulisan ilmiah dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu topik/hal dalam suatu bidang ilmu kompetensi penulis. Isi tulisan harus memenuhi syarat-syarat sebuah karya ilmiah yang utuh, yaitu adanya rumusan masalah yang mengandung nilai kebaruan (*novelty/ies*), metodologi pemecahan masalah, dukungan data atau teori mutakhir yang lengkap dan jelas, serta ada kesimpulan dan daftar pustaka. 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. Karakteristik Buku Monograf

Ada beberapa karakteristik dari buku monograf :

1. Sumber pembuatan buku monograf berasal dari hasil penelitian.
2. Buku monograf dapat digunakan untuk penelitian dan pengajaran.
3. Sisi khas dari buku monograf sesuai urutan keilmuan dan memiliki peta keilmuan.
4. Penyajian buku monograf dikemas dalam bentuk formal.
5. Penerbitan monograf dapat diterbitkan atau disebarluaskan serta memiliki ISBN.

6. Pembahasan monograf hanya fokus pada sub cabang ilmu. Dari segi sitasi monograf, isinya digunakan dan dapat diletakan dalam daftar pustaka.

b. Struktur Buku Monograf

Pada dasarnya tidak ada ketentuan berapa jumlah bab dalam suatu monograf. Namun setidaknya-tidaknya memenuhi unsur-unsur sebagai berikut : 1). Latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan (Masuk dalam konten pendahuluan), 2). Tinjauan Pustaka, 3). Hasil dan Pembahasan 4). Daftar Pustaka. (Menulis buku monograf, 2021).

c. Standar Format Buku Monograf

Standar format buku monograf i. Penulisan: a. Kertas berukuran minimal (Lebar x tinggi) sebesar 15,5 cm x 23 cm (sumber Dikti) b. Margin halaman : atas 2cm, bawah 2cm, samping kiri 2cm, samping kanan 2 cm c. Font menggunakan Times New Roman dengan ukuran 12 d. Spasi 1,5 ii. Standar Kelengkapan Buku Monograf a. Halaman judul dan penulis b. Kata pengantar (informasi tentang penulis/peneliti, topik penelitian, ucapan terimakasih, dan lain-lain) c. Daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar lampiran d. Pendahuluan (berisi tentang latar belakang penulisan buku, pendekatan penelitian yang dilakukan, signifikansi penelitian, rumusan masalah, metode, kajian Pustaka) e. Batang tubuh (terdiri dari bab-bab yang disusun sesuai dengan struktur penyajian informasi yang diinginkan. Setiap bab mengacu pada topik khusus yang menjadi tujuan penelitian), f. Kesimpulan g. Daftar pustaka h. Glosarium (berisi istilah-istilah dan definisi dari istilah tersebut) i. Indeks (berisi kata kunci dan nomor halaman yang mengandung kata kunci tersebut) (Narsa, 2021).

d. Materi Monograf

Materi Monograf dapat berasal dari tugas akhir, skripsi, tesis, disertasi, hasil penelitian lainnya : a). Jika sumber tulisan merupakan hasil penelitian bersama dan akan dituliskan menjadi monograf maka harus mendapat persetujuan (tertulis di atas materai) dari tim peneliti lainnya, b). 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 (Menulis buku monograf, 2021).

Bahan ajar adalah bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis, yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran (Pannen,1995). Jadi buku monograf ini dapat digunakan untuk bahan ajar menurut materi yang terdapat di dalam buku tersebut.

Menurut Harjanto (2008) Pengembangan bahan ajar berbagai aspek-aspek yang dapat jadi patokan, antara lain: (1) Konsep adalah suatu ide atau gagasan. (2) Prinsip adalah suatu kebenaran dasar sebagai titik tolak untuk berpikir atau merupakan suatu petunjuk untuk berbuat atau melaksanakan suatu. (3) Fakta adalah sesuatu yang telah terjadi atau yang telah dikerjakan atau dialami. (4) Proses adalah serangkaian dari perubahan, gerakan-gerakan perkembangan. (5) Nilai adalah suatu pola, ukuran atau merupakan suatu tipe atau model. (6) Keterampilan adalah kemampuan berbuat sesuatu yang baik. Manfaat tersebut dibedakan menjadi dua macam, yaitu manfaat bagi guru dan siswa (Prastowo, 2012). Manfaat yang

diperoleh oleh guru yaitu bahan ajar sesuai dengan tuntutan kurikulum, tidak tergantung dengan buku teks dan buku paket bantuan pemerintah, sedangkan manfaat yang diperoleh peserta didik yaitu, menciptakan pembelajaran menarik, menumbuhkan motivasi, mengurangi ketergantungan dan mendapatkan kemudahan dalam mempelajari setiap indikator yang terdapat pada perangkat pembelajaran yang disusun oleh guru.

B. Kerangka Konseptual

Untuk menghindari pengertian yang berbeda beda dan meluas tentang penelitian ini dengan pedoman pada kerangka teoritis yang akan dikemukakan maka penulis membuat batasan istilah sebagai berikut :

1. Karakteristik fungi adalah proses mempelajari ciri spesifik yang dimiliki oleh fungi yang digunakan untuk membedakan jenis dan individu dalam suatu jenis fungi.
2. Entomopatogenik adalah mikroorganisme yang hidup parasit pada serangga. Makhluk hidup ini dapat membantu lingkungan sekitar.
3. *Metarhizium anisopliae* adalah fungi yang menyerang hama sebagai agen pengendalian hayati. Fungi ini banyak dimanfaatkan di bidang pertanian.
4. Perkebunan sayur Berastagi adalah tempat bercocok tanam sayuran penduduk Berastagi setempat.
5. Mikrobiologi adalah mata kuliah dari ilmu biologi yang mempelajari tentang mikroorganisme.
6. Buku Monograf adalah hasil karya tulis ilmiah yang ditulis oleh seseorang dan hanya ada satu topik yang dibahas. Buku ini merupakan bentuk buku yang terbitannya tunggal dan tidak berseri lanjutan.