

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut Simatupang (2008) Rizosfer merupakan bagian tanah yang berada di sekitar perakaran tanaman. Populasi mikroorganisme di rizosfer umumnya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah non-rizosfer. Aktivitas mikroorganisme rizosfer dipengaruhi oleh eksudat yang dihasilkan oleh perakaran tanaman. Beberapa mikroorganisme rizosfer berperan dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, memengaruhi aktivitas mikroorganisme, serta sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar. Beberapa faktor seperti tipe tanah, kelembapan tanah, pH, temperatur, umur serta kondisi tanaman mempengaruhi efek rizosfer. Bakteri rizosfer adalah bakteri yang terdapat pada daerah perakaran tanaman yang diketahui memiliki keanekaragaman tinggi. Rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman adalah kelompok bakteri yang menguntungkan dan cepat membentuk koloni di area rhizosfer (bagian perakaran). Rhizobakteri tersebut dapat menguntungkan bagi tanaman baik secara langsung maupun secara tidak langsung. (Sutariati,2012) Rizosfer tanaman adalah bagian dari tanah yang menutupi permukaan perakaran tanaman dan merupakan habitat berbagai spesies bakteri yang secara umum dikenal sebagai rizobakteri. Sebagian dari rizobakteri yang mengkolonisasi akar tanaman tidak bersifat patogenik dan bahkan menguntungkan tanaman karena mampu berfungsi sebagai rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau lebih umum disebut plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)

Sistem perakaran sangat menentukan produktivitas suatu tanaman. Banyaknya akar mempengaruhi efektivitas penyerapan air, hara dan senyawa volatil. Akar juga melepaskan eksudat sebagai sumber substrat dan energi untuk organisme rhizosfer (Gregory, 2006). Eksudat akar dapat mempengaruhi kandungan nitrogen pada tanah sekitarnya (Castoldi et al., 2013), bekerja sama dengan siderofor yang dihasilkan oleh mikroba rhizosfer yang membantu efektivitas penyerapan zat besi (Nuzzo et al., 2018), bersifat alelopatik atau menekan pertumbuhan tumbuhan lain di sekitarnya (Wardani et al., 2018), serta mempengaruhi perilaku dan perubahan komposisi organisme rhizosfer sebagai respons terhadap eksudat (Rasmann et al., 2012).

Organisme rhizosfer bertindak sebagai agen perubahan fisik, kimia, dan biologi di dalam tanah. Mereka berinteraksi satu sama lain dan berkontribusi dalam agregasi tanah (Lehmann et al., 2017). Aktivitas mikroorganisme rhizosfer juga memberikan manfaat bagi tanaman melalui sintesis fitohormon, pelarutan mineral, produksi siderofor, peningkatan serapan hara, luas daun, klorofil, dan kandungan protein terlarut daun, serta menghasilkan enzim antioksidan untuk melindungi tanaman dari tekanan lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan sel (Gallegos, et al., 2018). Mikroorganisme yang bisa hidup pada daerah Rhizosfer sangat sesuai digunakan sebagai agen pengendalian hayati ini mengingat bahwa Rhizosfer adalah daerah yang utama dimana akar tumbuhan terbuka terhadap serangan patogen. Jika terdapat mikroorganisme antagonis pada daerah ini, maka patogen akan berhadapan dengan mikroorganisme antagonis tersebut selama menyebar dan menginfeksi akar. Oleh karena itu, keanekaragaman organisme

rhizosfer merupakan komponen yang sangat penting dalam biologi tanah dan perlu dipelihara.

Menurut Carlile et al. (2001) bahwa populasi mikroorganisme di Rhizosfer biasanya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah bukan Rhizosfer. Salahsatu dari faktor-faktor terpenting yang bertanggung jawab atas terjadinya efek Rhizosfer adalah variasi yang besar dalam hal senyawa organik yang tersedia di daerah perakaran berupa getah yang dikeluarkan oleh akar, baik secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kualitas dan kuantitas mikroorganisme di daerah perakaran. Ciri dan jumlah senyawa yang dikeluarkan tergantung pada spesies tanaman, umur, dan kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman (Rao 1994). Mikroorganisme yang bisa hidup pada daerah Rhizosfer sangat sesuai digunakan sebagai agen pengendalian hayati ini mengingat bahwa Rhizosfer adalah daerah yang utama dimana akar tumbuhan terbuka terhadap serangan patogen. Jika terdapat mikroorganisme antagonis pada daerah ini, maka patogen akan berhadapan dengan mikroorganisme antagonis tersebut selama menyebar dan menginfeksi akar.

Ewusie (1990) Keanekaragaman makhluk hidup/keanekaragaman hayati adalah suatu istilah pembahasan yang mencakup semua bentuk kehidupan, yang secara ilmiah dapat dikelompokkan menurut skala organisasi biologisnya, yaitu mencakup gen, spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme serta ekosistem dan proses-proses ekologi dimana bentuk kehidupan ini merupakan bagiannya. Dapat juga diartikan sebagai kondisi keanekaragaman bentuk kehidupan dalam ekosistem atau bioma tertentu. keanekaragaman berarti keadaan yang berbeda atau mempunyai berbagai perbedaan dalam bentuk atau sifat.

Tanah merupakan habitat bagi organisme dari yang berukuran makro seperti cacing, predator seperti tikus, maupun hewan lainnya yang hidup di tanah, hingga yang berukuran mikro seperti jamur, bakteri, dan protozoa. Masing-masing organisme memiliki peran penting dalam siklus materi-energi yang sangat diperlukan oleh tanaman. Kolaborasi dan aktivitas organisme tanah ini memerlukan kondisi lingkungan yang mendukung seperti temperatur, pH, struktur tanah, kelembaban, dan faktor-faktor yang lain (Siti, 2013). Mikroorganisme di dalam tanah memiliki peran penting dalam menjaga kesuburan tanah karena mikroorganisme memiliki peran yaitu sebagai dekomposer. Menurut (Handayanto, 2007), fungsi utama dari dekomposer ini adalah melapukkan residu: immobilisasi hara dalam biomasnya, menghasilkan senyawa organik baru sebagai sumber nutrisi dan energi bagi organisme lain. Kolaborasi fungsi mikroorganisme tanah akan menghasilkan hara yang dapat digunakan oleh tanaman. Beberapa mikroorganisme yang menyelimuti perakaran tanaman sehat diketahui sebagai pelindung dari serangan patogen layu.

Penelitian mikroorganisme rhizosfer berada di Kelurahan Patumbak, Kecamatan Deli Tua, Timur Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Jarak dari kota Medan kurang lebih 20 km. dengan waktu tempuh kurang lebih 20 menit. The Le Hu Garden merupakan salah satu destinasi wisata yang banyak diminati oleh wisatawan. Objek wisata yang mengusung konsep wisata keluarga memiliki luas sekitar 3 hektar. Objek wisata ini terbagi menjadi 3 dataran yaitu danau, kolam ikan dan taman bunga.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas masalah yang dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Apa saja jenis-jenis organisme rhizosfer pada tanaman di The Le Hu Garden beranekaragam?
2. Bagaimana keanekaragaman organisme rhizosfer di The Le Hu Garden?
3. Apakah organisme rhizosfer pada tanaman dapat dikembangkan sebagai modul pembelajaran mata kuliah taksonomi invertebrata?

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas agar permasalahan tidak terlalu luas maka permasalahan dibatasi pada:

1. Organisme yang diteliti hanya pada rhizosfer tanaman di The Le Hu Garden
2. Lokasi penelitian dilakukan di The Le Hu Garden Kecamatan Deli Tua Timur guna melihat keanekaragaman organisme rhizosfer pada tanaman
3. Hasil akhir dari penelitian akan dikembangkan menjadi modul pembelajaran mata kuliah taksonomi invertebrata

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Organisme rhizosfer apa saja yang terdapat pada tanaman The Le Hu Garden ?
2. Bagaimanakah keanekaragaman organisme rhizosfer di The Le Hu Garden ?
3. Apakah hasil akhir peneliti dapat dikembangkan menjadi modul pembelajaran mata kuliah taksonomi invertebrata

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui organisme rhizosfer pada tanaman di The Le Hu Garden
2. Untuk mengetahui keanekaragaman organisme rhizosfer pada tanaman di The Le Hu Garden
3. Untuk mengembangkan modul pembelajaran mata kuliah taksonomi invertebrata.

F. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini dapat diperoleh beberapa informasi yang berguna bagi peneliti. Manfaat yang diberikan bagi peneliti ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai sumber referensi dan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya

2. Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan bagi masyarakat sebagai informasi atau pengetahuan mengenai keanekaragaman organisme rhizosfer pada tanaman di The Le Hu Garden

3. Bagi bidang pendidikan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi Perguruan tinggi di Indonesia. Khususnya bagi Universitas Islam Sumatera Utara, serta dapat mendorong mahasiswa melakukan penelitian yang lebih berkualitas dan bermanfaat bagi kita semua.

BAB II

KAJIAN TEORITIS DAN KERANGKA KONSEPTAL

A.Kajian Teoritis

1. Keanekaragaman

Keanekaragaman hayati merupakan bentuk kehidupan makhluk beranekaragam mulai dari penampilan, bentuk, maupun ciri yang lain. Keanekaragaman adalah bentuk kehidupan yang meliputi tingkat ekosistem, jenis, dan gen. Timbulnya keanekaragaman hayati di alam raya ini merupakan suatu bukti dari kekuasaan Yang Maha Pencipta alam raya yaitu Allah SWT, agar manusia yang diberiNya akal dan fikiran yang lebih tinggi dibandingkan dengan makhluk yang lain mampu mentafakuri sehingga menjadi lebih yakin dan meningkat tingkat ketaqwaanya kepada Tuhan Yang Maha Esa, Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an QS. An-nahl Ayat 69 :

ثُمَّ كُلِي مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ
بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ

Artinya : kemudian makanlah dari segala (macam) buah-buahan lalu tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu)." Dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir.

2. Rhizosfer

Istilah Rhizosfer menunjukkan bagian tanah yang dipengaruhi perakaran tanaman. Keberadaan mikroorganisme antagonis pada daerah Rhizosfer dapat menghambat persebaran dan infeksi akar oleh patogen, keadaan ini disebut hambatan alamiah mikroba. Mikroba antagonis sangat potensial dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati (Hasanuddin, 2003). Berbagai mikrobia antagonis yang mempunyai potensi untuk menghambat perkembangan patogen penyebab busuk daun dan umbi tanaman kentang dapat diisolasi dari habitat asli dari cendawan patogen tersebut (Wibowo, et al., 2003). Rhizosfer dicirikan oleh lebih banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanaman. Intensitas kegiatan semacam ini tergantung dari panjangnya jarak tempuh yang dicapai oleh eksudasi sistem perakaran. Istilah “efek Rhizosfer” menunjukkan pengaruh keseluruhan perakaran tanaman terhadap mikroorganisme tanah.

Beberapa faktor seperti tipe tanah, kelembaban tanah, pH dan temperatur, dan umur serta kondisi tanaman mempengaruhi efek rhizosfer (Dewi, 2007). Efek rhizosfer selain tampak dalam bentuk melimpahnya jumlah mikroorganisme juga dalam adanya distribusi bakteri yang memiliki ciri mempunyai kebutuhan khusus, yaitu asam amino, vitamin-vitamin B, dan faktor pertumbuhan khusus (kelompok nutrisi). Laju kegiatan metabolik mikroorganisme rhizosfer itu berbeda dengan laju kegiatan metabolik mikroorganisme dalam tanah non-rhizosfer (Dewi, 2007). Hiltner pada tahun 1904 menggambarkan rhizosfer sebagai bagian dari tanah yang secara langsung dipengaruhi oleh substansi yang dikeluarkan dari akar ke dalam larutan tanah, sehingga tercipta kondisi yang menyenangkan bagi bakteri tertentu.

Bruehl, 1987 Ia juga telah menggambarkan adanya organisme yang merugikan di sekitar akar dari tanaman yang sakit dan organisme yang bermanfaat di sekitar akar dari tanaman yang sehat. Fakta biologi utama dari rhizosfer atau daerah yang dipengaruhi akar adalah jumlah yang banyak dan aktivitas yang tinggi dari mikroorganisme tanah dalam area ini dibandingkan dengan tanah tanpa akar.

Daerah sekitar perakaran (Rhizosfer) relatif kaya akan nutrisi/unsur hara dimana fotosintat tanaman hilang sebanyak 40% dari akar. Konsekuensinya dukungan rhizosfer cukup besar dan kemampuan menggunakan populasi mikrobia aktif yang bermanfaat, netral atau yang merusak berpengaruh terhadap 12 pertumbuhan tanaman. Pentingnya populasi mikrobia di sekitar rhizosfer adalah untuk memelihara kesehatan akar, pengambilan nutrisi atau unsur hara, dan toleran terhadap stress atau cekaman lingkungan pada saat sekarang telah dikenal. Mikroorganisme menguntungkan ini dapat menjadi komponen yang signifikan dalam manajemen pengelolaan untuk dapat mencapai hasil, yang mana ditegaskan bahwa hasil tanaman budidaya dibatasi hanya oleh lingkungan fisik alamiah tanaman dan potensial genetik bawaan (Intan, 2007). Qs.An- Naml Ayat 18 :

هَآ حَتَّىٰ إِذَا أَتَوْآ عَلَىٰ وَآدِ النَّمْلِ قَالَتْ نَمَلَةٌ يَأْتِيُ
لَا يَحْطِمَنَّكُمْ سُلَيْمٰنُ وَجُنُودُهُۥٓ النَّمْلُ ادْخُلُوا مَسٰكِنَكُمْ
وَهُمْ لَا يَشْعُرُونَ

Artinya : Hingga ketika mereka sampai di lembah semut, berkatalah seekor semut, "Wahai semut-semut! Masuklah ke dalam sarang-sarangmu, agar kamu tidak diinjak oleh Sulaiman dan bala tentaranya, sedangkan mereka tidak menyadari."

3. Invertebrata

Invertebrata atau avertebrata adalah hewan yang tidak memiliki tulang punggung antar ruas-ruas tulang belakang. Hewan invertebrata ini terbagi atas beberapa golongan yaitu filum Protozoa, Porifera, Arthropoda, Platyhelminthes, Nematelminthes, Annelida, Coelenterata, Mollusca, dan Echinodermata. Invertebrata adalah sebuah istilah yang diungkapkan oleh Chevalier de Lamarck untuk menunjuk hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Invertebrata mencakup semua hewan kecuali hewan vertebrata (pisces, reptil, amfibia, aves, dan mamalia). Selain tidak memiliki tulang internal yang keras, kelompok hewan invertebrata pada umumnya bertubuh lunak yang dan memiliki rangka luar yang keras sebagai pelindung tubuh mereka. Contoh invertebrata adalah serangga, ubur-ubur, hydra, cumi-cumi, dan cacing. Invertebrata mencakup sekitar 97 persen dari seluruh anggota kerajaan Animalia. Ciri-ciri Hewan Invertebrata adalah :

- a. Hewan invertebrata tidak memiliki tulang endoskeleton keras karena tidak adanya sistem tulang yang kompleks, beberapa invertebrata cenderung lambat dan berukuran kecil.
- b. Tubuh invertebrata terbagi ke dalam tiga bagian, yaitu kepala, dada, dan perut.
- c. Memiliki kerangka yang umumnya ada di luar tubuh

Invertebrata atau avertebrata adalah hewan yang tidak memiliki tulang punggung antar ruas-ruas tulang belakang. Hewan invertebrata ini terbagi atas

beberapa golongan yaitu filum Protozoa, Porifera, Arthropoda, Platyhelminthes, Nematelminthes, Annelida, Coelenterata, Mollusca, dan Echinodermata.

Ada beberapa jenis organisme tanah, diantaranya adalah: Pemecah bahan organik seperti slaters (spesies Isopoda), tungau (mites), kumbang, dan collembola yang memecah-mecah bahan organik yang besar menjadi bagian-bagian kecil. Pembusuk bahan organik seperti jamur dan bakteri yang memecahkan bahan-bahan cellular.

-Cacing



Gambar . 1 Cacing

Klasifikasi :

Kerajaan : Animalia

Filum : Annelida

Kelas : Oligochaeta

Ordo : Megadrilacea

Famili :Lumbricidae

Genus :Lumbricus

Jenis :Lumbricus sp

"Cacing tanah" adalah nama umum untuk anggota terbesar dari Oligochaeta (yang merupakan kelas atau upakelas tergantung pada penulis). Dalam sistem klasik, mereka ditempatkan dalam ordo Opisthopora, atas dasar pori-pori jantan membuka posterior ke pori-pori betina, meskipun segmen jantan internal anterior ke betina. Studi kladistik teoretis telah menempatkan mereka, sebaliknya, dalam subordo Lumbricina dari ordo Haplotaxida, tetapi ini mungkin lagi segera berubah.

Cacing tanah adalah cacing berbentuk tabung dan tersegmentasi dalam filum Annelida. Mereka umumnya ditemukan hidup di tanah, memakan bahan organik hidup dan mati. Sistem pencernaan berjalan melalui panjang tubuhnya. Cacing tanah melakukan respirasi melalui kulitnya. Cacing tanah memiliki sistem transportasi ganda terdiri dari cairan selom yang bergerak dalam selom yang berisi cairan dan sistem peredaran darah tertutup sederhana. Memiliki sistem saraf pusat dan perifer. Sistem saraf pusat terdiri dari dua ganglia atas mulut, satu di kedua sisi, terhubung ke tali saraf berlari kembali sepanjang panjangnya ke neuron motor dan sel-sel sensorik di setiap segmen. Sejumlah besar kemoreseptor terkonsentrasi di dekat mulutnya. Otot melingkar dan longitudinal di pinggiran setiap segmen memungkinkan cacing untuk bergerak. Set yang sama otot garis usus, dan tindakan mereka memindahkan makanan mencerna menuju anus cacing. Cacing tanah adalah hermafrodit - masing-masing individu membawa kedua organ seks pria dan wanita. Mereka tidak memiliki kerangka internal atau eksoskeleton, tetapi mempertahankan

struktur mereka dengan ruang coelom cairan yang berfungsi sebagai rangka hidrostatik

Cacing tanah darat yang lebih besar juga disebut megadriles (atau cacing besar), yang bertentangan dengan microdriles (atau cacing kecil) di familia semiakuatik Tubificidae, Lumbriculidae, dan Enchytraeidae, antara lain. Megadriles ditandai dengan memiliki klitelum yang berbeda (yang lebih luas daripada microdriles) dan sistem vaskular dengan kapiler benar. Cacing tanah jauh lebih melimpah di lingkungan terganggu dan biasanya aktif hanya jika air hadir.

Peranan cacing tanah terhadap sifat fisik tanah adalah dapat memperbaiki aerasi dan drainase tanah, mengurai bahan organik, membantu mengangkut bahan organik berlapis-lapis tanah dan memperbaiki struktur tanah sehingga tanah menjadi subur.

Cacing tanah merupakan Oligochaeta biseksual hermiprodit, akan tetapi tidak dapat melakukan fertilisasi sendiri. Untuk reproduksi, dua ekor cacing tanah berkopulasi dengan saling mempertukarkan sel sperma. Cacing tanah bersifat fototaksis negatif, yaitu menjauhi arah datangnya cahaya. Untuk menghindari cahaya dan pemangsa, cacing tanah membuat lubang persembunyian dalam tanah. Oleh karena itu, cacing tanah aktif di malam hari (nocturnal). Cara membuat lubang dari masing-masing jenis cacing tanah tidak sama, ada yang dilakukan dengan mendesak masa tanah, dan ada pula yang dilakukan dengan memakan langsung masa tanah (Minnich, 1977). Kehidupan cacing tanah sangat tergantung pada kadar air, jenis tanah, vegetasi (palatibilitas serasah), dan pH tanah. Cacing tanah sangat

sedikit atau tidak dijumpai pada tanah tergenang, tanah asam dan tanah yang mengandung pasir tinggi.

Cacing tanah berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik, karena cacing tanah memakan serasah daun dan sisasisa tumbuhan yang telah mati menjadi partikel-partikel kecil yang selanjutnya dirombak oleh organisme tanah lainnya. Cacing tanah juga berperan meningkatkan jumlah populasi mikroba tanah. Menurut Parmelee et al. (1990) di dalam usus cacing tanah terjadi pertumbuhan mikroba tanah yang lebih baik dan lebih banyak daripada di dalam tanah, sehingga cacing tanah dapat dianggap sebagai tempat pembenihan mikroba tanah. Peranan penting cacing tanah dalam meningkatkan kesuburan tanah antara lain dengan menyebarkan bahan organik dan mikroorganisme ke lapisan tanah yang lebih dalam serta meningkatkan aerasi tanah. Cacing tanah yang mati merupakan sumber makanan mikroorganisme tanah dan unsur hara yang dilepaskan dapat meningkatkan kesuburan tanah.

-Semut



Gambar. 2 Semut

Klasifikasi :

Kerajaan : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Ordo : Hymenoptera

Famili :Formicidae

Genus :Dolicoderus

Jenis :Dolicoderus thoracicus

Dolicoderus thoracicus (Semut Hitam) adalah salah satu ordo dari serangga, yang antara lain terdiri atas semut, lebah, tawon dan lalat gergaji. Lebih dari 150.000 spesies Hymenoptera telah dikemukakan, dengan tambahan 2.000 spesies Hymenoptera yang telah punah. Betinanya memiliki ovipositor khusus untuk memasukkan telur ke dalam inang maupun tempat lain yang tak dapat dijangkau. Ovipositor ini sering termodifikasi menjadi sengat. Yang mudanya berkembang melalui metamorfosis sempurna (holometabolisme).

Peran ordo Hymenoptera sangat penting dalam ekosistem. Mereka ada yang berfungsi sebagai penyerbuk (tawon, lebah) dan ada pula yang berperan sebagai pengendali hama hayati (tawon predator dan parasitoid). serta berperan sebagai decomposer (semut).

Beberapa peranan utama dari semut pada ekosistem antara lain sebagai decomposer, penyerbuk, pembuat lubang aerasi pada tanah, dan sebagai predator.

Selain itu, semut juga merupakan hewan yang sangat sensitive terhadap perubahan dan gangguan yang ada pada suatu lingkungan. Perubahan serta gangguan habitat mampu mengubah komposisi spesies semut yang ada sehingga berpengaruh terhadap perubahan interaksi tropic dan jarring-jaring makanan yang ada pada ekosistem tersebut (Romarta, et al., 2020). Dalam ekosistem pertanian, semut memiliki fungsi ekologis dalam membantu tanaman menyebarkan benih (biji) untuk penyerbukan, menggemburkan tanah pertanian melalui pergerakannya di dalam tanah, menjadi predator bagi hama patogen tanaman, dan aktivitas ekologis lain (Falahudin, 2013).

Peranan semut sebagai predator alami beragam jenis hama pertanian turut membantu dalam proses budidaya pertanian. Kemampuan semut dalam berkompetisi dan mengeluarkan senyawa antihama membantu tanaman pertanian dalam tumbuh dan berkembang. Hal ini didukung oleh kemampuan semut dalam menekan populasi hama perusak tanaman pertanian dalam skala luas. Adapun hama pengganggu pada pertanian yang dapat ditekan populasinya oleh semut antara lain ulat api, belalang, kutu daun, dan ulat kantung. Beberapa contoh spesies semut yang telah dipelajari mampu menekan populasi serangga hama dalam pertanian antara lain semut gila (*Anoplolepis gracilipes*), *Iridomyrmex* sp., dan *Solenopsis geminata* (Putra, et al., 2017)

-Jamur Mikoriza



Gambar. 3 Jamur Mikoriza

Mikoriza ialah simbiosis asosiasi antara jamur dan tanaman yang mengkolonisasi jaringan korteks akar tanaman, terjadi selama masa pertumbuhan aktif tanaman tersebut. Mikoriza diklasifikasikan atas endomikoriza, ektomikoriza dan ektendomikoriza. Akan tetapi yang banyak dikenal orang adalah endomikoriza dan ektomokoriza. Endomokoriza yang banyak digunakan yaitu VAM.

Mikoriza ialah simbiosis asosiasi antara jamur dan tanaman yang mengkolonisasi jaringan korteks akar tanaman, terjadi selama masa pertumbuhan aktif tanaman tersebut. Penggunaan jamur mikoriza telah dimanfaatkan oleh beberapa petani dan peneliti di Indonesia. Jamur mikoriza yang banyak diteliti ialah golongan endomikoriza yaitu Vesikular Arbuskular Mikoriza (VAM). Jenis jamur ini sering ditemukan berasosiasi dengan tanaman di alam misalnya pada tanaman tomat, padi gogo, gandum, kelapa sawit, cabe dan melon.

Tanah merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam dunia pertanian, khususnya terkait fungsinya sebagai media dan pemenuhan unsur hara mineral untuk tanaman budidaya (tanaman pertanian). Maka sangatlah

penting mengetahui kondisi tanah dan menjaga kesuburannya agar dapat diperoleh hasil pertanian yang sesuai harapan. Foth, H.D. dalam Utami (2015) mengemukakan bahwa tanah yang subur adalah ketika pada tanah tersebut mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman.

Unsur-unsur tersebut adalah variabel kesuburan tanah ditentukan kapasitas absorpsi, tingkat kejenuhan basah, kandungan liat, kandungan bahan organik. Sebaliknya ketika tanah tidak terkandung unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman yang tumbuh di atasnya maka tanah tersebut tidak dapat dikatakan subur. Tanah yang kurang subur adalah tanah liat dikarenakan struktur tanahnya kurang baik dan kandungan airnya sedikit. Tingkat kesuburan tanah di setiap daerah berbeda-beda dikarenakan dipengaruhi oleh struktur dan kandungan yang berbeda. Salah satu cara dalam mengetahui tingkat kesuburan tanah adalah dengan memanfaatkan organisme tanah.

Organisme tanah inilah yang dijadikan sebagai bioindikator, semakin banyak organisme tanah maka tanah tersebut dalam kondisi baik dan semakin sedikit organisme tanah maka tanah tersebut dalam kondisi kurang baik. Seperti yang telah banyak diketahui bahwa organisme tanah ini mempunyai peranan tertentu dalam ekosistem, diantaranya adalah sebagai dekomposisi dan menjaga siklus hara dalam tanah serta menjaga struktur tanah. Hal ini diperkuat oleh Ansyori (2004) yang menyatakan bahwa organisme tanah cukup baik digunakan sebagai bioindikator tanah karena memiliki beberapa sifat, diantaranya adalah memiliki respon sensitif terhadap praktek pengolahan lahan dan iklim, berkorelasi baik terhadap sifat tanah yang menguntungkan dan fungsi ekologis seperti penyimpanan air, dekomposisi dan siklus hara, netralisasi bahan beracun

dan penekanan organisme patogen dan berbahaya. Tanah, organisme tanah dan tanaman memiliki hubungan ketergantungan yang sangat erat.

Yang mana tanah sebagai habitat hidup akan lebih baik kondisinya jika terdapat aktivitas dari organisme tanah, sedangkan populasi organisme tanah ditentukan oleh tanaman yang di atas tanah. Kemudian aktivitas organisme tanah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya akan menentukan produktivitas suatu lahan pertanian. Hal tersebut diperjelas oleh Widyati (2013) yang menyatakan bahwa untuk keberlangsungan ekosistem secara harmonis dan dinamis masing-masing dari individu dan spesies haruslah memainkan peranannya secara optimal.

Samudra (2013) menyatakan peningkatan biodiversitas dapat membawa manfaat baik secara ekonomi maupun terhadap lingkungan. Akan tetapi seiring dengan perkembangan dunia pertanian dan tuntutan pemenuhan pangan yang harus terpenuhi secara cepat membuat petani lebih berfokus pada bagaimana mendapatkan hasil pertanian terbaik dalam waktu singkat sehingga untuk lebih menyuburkan tanah petani lebih cenderung memilih untuk menggunakan pupuk anorganik yang ternyata memberikan efek terhadap tingkat kelimpahan organisme tanah yang semakin menurun. Herdiyanto (2016) menyatakan bahwa pengolahan tanah secara intensif yang berlebihan dan tanpa konservasi pada mulanya akan mendapatkan hasil panen yang tinggi, tetapi lama kelamaan tanah akan mengalami penurunan produktivitas.

Peran utama mikroorganisme tanah adalah dekomposisi bahan organik yang telah mati. Makhluk hidup seperti tumbuhan dan hewan yang mati di alam tidak

ada yang menguburkan, tugas mikroorganisme tanahlah untuk menguraikannya menjadi bahan organik. Inilah mengapa di alam liar tidak menumpuk bangkai hewan maupun tumbuhan. Organisme tanah dalam struktur tanah berperan dalam membentuk gumpalan-gumpalan tanah, sedangkan dalam tekstur tanah, organisme tanah mampu mempercepat pemecahan partikel-partikel tersebut dari batuan.

4. Modul Pembelajaran

a. Pengertian Modul

Modul adalah standar atau satuan pengukur. Dalam konteks pendidikan modul adalah paket atau program belajar mengajar, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, sampai ke evaluasi terhadap dampak dan hasil pelaksanaan Rahardi (2006:98). Modul pembelajaran adalah bahan ajar yang disusun secara sistematis dan menarik yang mencakup isi materi, metode dan evaluasi yang dapat digunakan secara mandiri untuk mencapai kompetensi. Anwar (2010 :70)

Modul adalah suatu cara pengorganisasian materi pelajaran yang memperhatikan fungsi pendidikan. Strategis pengorganisasian materi pembelajaran mengandung sequencing yang mengacu pada pembuatan urutan penyajian materi pelajaran, dan synthesizing yang mengacu pada upaya untuk menunjukkan kepada pesert didik keterkaitan antara fakta, konsep prosedur dan prinsip yang terkandung dalam materi pembelajaran. Terdapat lima katagori kapabilitas yang dapat dipelajari oleh peserta didik, yaitu informasi verbal, keterampilan intelektual, strategi kognitif, sikap, dan keterampilan motoric.. Strategi pengorganisasian materi pembelajaran terdiri dari tiga tahapan proses berpikir, yaitu pembentukan konsep, intepretasi konsep, dan aplikasi prinsip. Strategi-strategi tersebut

memegang peranan sangat penting dalam mendesain pembelajaran. Kegunaannya dapat membuat peserta didik lebih tertarik dalam belajar, peserta didik otomatis belajar bertolak dan dapat meningkatkan hasil belajar (Susilowati , 2010 :1).

b. Karakteristik Modul

Anwar (2010) menyatakan bahwa karakteristik modul pembelajaran sebagai berikut :

1. Self instructional, siswa mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain.
2. Self contained, seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang pelajari terdapat dalam satu modul utuh
3. Stand alone, modul yang di kembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus di gunakan bersama-sama dengan media lain.
4. Adaptif, modul endaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi.
5. User friendly, modul hendaknya juga memenuhi kaidah akrab bersahabat/ akrab dengan pemakaiannya
6. Konsistensi, konsisten dalam penggunaan font, spasi, dan tata letak.

c. Ciri-ciri Modul

ciri-ciri Modul adalah sebagaiberikut :

1. Didahului oleh pernyataan sasaran belajar
2. Pengetahuan disusun sedemikian rupa, sehingga dapat menggiring partisipasi peserta didik secara aktif.

3. Membuat sistem penilaian berdasarkan penguasaan
4. Memuat semua unsur bahan pelajaran dan semua tugas pelajaran
5. Memberi peluang bagi perbedaan antar individu peserta didik.
6. Mengarah pada suatu tujuan belajar tuntas.

keuntungan yang di peroleh dari pembelajaran dengan penerapan modul adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan motivasi peserta didik, karena setiap kali mengerjakan tugas pelajaran yang dibatasi dengan jelas dan sesuai dengan kemampuan
2. Setelah dilakukan evaluasi, guru dan peserta didik mengetahui benar, pada bagian modul yang mana peserta didik telah berhasil dan peserta didik belum berhasil
3. Peserta didik mencapai hasil sesuai kemampuan Bahan pelajaran terbagi lebih merata dalam satu semester.

d. Model-model Modul

Mahfduz (1987 : 133) model-model modul dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Modul inti yaitu kurikulum dasar yang dapat dijabarkan dalam serangkaian unit-unit program pengajaran menurut tingkat (kelas) dan bidang studi (mata pelajaran).
2. Modul pengayaan yaitu suatu program pendidikan tambahan bagi siswa-siswa yang telah menyelesaikan program pendidikan dasarnya dengan waktu yang lebih cepat.

B. Kerangka Konseptual

Kerangka konsep adalah kerangka hubungan antara konsep-konsep yang akan diukur maupun diamati dalam suatu penelitian. Sebuah kerangka konsep haruslah dapat memperlihatkan hubungan antara variable-variabel yang akan diteliti (Notoatmodjo, 2018)

1. Keanekaragaman jenis merupakan karakteristik tingkatan dalam komunitas berdasarkan organisasi biologisnya, yang dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitasnya. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman yang tinggi jika komunitas tersebut disusun oleh banyak spesies (jenis) dengan kelimpahan spesies sama dan hampir sama. Sebaliknya jika suatu komunitas disusun oleh sedikit spesies dan jika hanya sedikit spesies yang dominan maka keanekaragaman jenisnya rendah (Umar, 2013)
2. Rizosfer tanaman adalah bagian dari tanah yang menutupi permukaan perakaran tanaman dan merupakan habitat berbagai spesies bakteri yang secara umum dikenal sebagai rizobakteri. Sebagian dari rizobakteri yang mengkolonisasi akar tanaman tidak bersifat patogenik dan bahkan menguntungkan tanaman karena mampu berfungsi sebagai rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau lebih umum disebut plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) (Sutariati, 2012).
3. Taksonomi adalah ilmu yang mempelajari identifikasi, tatanama dan klasifikasi suatu objek. Taksonomi tumbuhan merupakan salah satu bidang ilmu yang telah dipelajari sejak lama oleh manusia. Dulunya manusia telah mengelompokkan tumbuhan disekitar mereka berdasarkan kegunaannya seperti tumbuhan sumber makanan, tumbuhan untuk obat-obatan, tumbuhan

penghasil serat dan lain-lain. Pengelompokkan sederhana tersebut merupakan cikal bagi pengelompokkan tumbuhan saat ini. Ilmu terus berkembang dan mengikuti segala macam perkembangan ilmu yang ada diluar mereka dan dijadikan sarana dalam mencari bukti-bukti baru untuk menyajikan nama dan pengelompokkan yang tepat bagi tumbuhan. Perkembangan ilmu terus diikuti karena para ahli taksonomi mempunyai tanggung jawab kepada masyarakat dan ilmu-ilmu lainnya untuk dapat menyajikan klasifikasi dan nama yang benar atas tumbuhan yang dibutuhkan (Tim pengasuh mata kuliah sistematika tumbuhan, 2008).

4. Invertebrata merupakan kelompok hewan yang sangat besar dan memiliki sekitar 12 juta jenis spesies hidup. Kupu-kupu, semut, laba-laba, lebah, bintang laut, dan siput adalah beberapa contoh dari hewan yang tidak memiliki tulang belakang.