

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tanaman Pisang *Cavendish*

#### 1. Taksonomi

Menurut Tjitrosoepomo (1988) dalam sistematika (taksonomi) tanaman pisang *cavendish* diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Famili	: Musaceae
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa</i> spp.

#### 2. Morfologi

Tanaman pisang *Cavendish* memiliki batang yang berlapis-lapis. Lapisan ini merupakan dasar dari pelepah daun yang dapat menyimpan air (sukulenta) sehingga lebih tepat disebut batang semu (pseudostem). Daun pisang *Cavendish* berwarna hijau tua. Lembaran daun (lamina) pisang lebar dengan urat daun utama menonjol dan berukuran besar sebagai pengembangan dari morfologis lapisan

batang semu. Batang pisang sesungguhnya terdapat di dalam tanah, yaitu bonggol. Pada sepertiga bagian bonggol sebelah atas terdapat tunas anakan. Bunga pisang muncul dari primordia yang terbentuk pada bonggolnya yang kemudian memanjang ke atas hingga menembus inti batang semu dan keluar diujung batang semu tersebut. Panjang Tandan berkisar antara 60-100 cm dengan berat 15-30 kg. Setiap tandan terdiri dari 8-13 sisir dan setiap sisir ada 12 - 22 buah. Daging buah berwarna putih kekuningan, rasanya manis agak asam, dan lunak. Sedangkan kulit buah agak tebal berwarna hijau kekuningan sampai kuning muda halus (Rismunandar, 1990; Robinson & Souco, 2010).

### **3. Syarat Tumbuh**

#### **a. Iklim**

Tanaman pisang dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada daerah yang memiliki iklim tropis basah, lembab dan panas. Walaupun demikian tanaman pisang masih dapat tumbuh di daerah subtropis. Selain itu pada kondisi tanpa air, pisang masih tetap tumbuh karena air disuplai dari batangnya yang berair tetapi produksinya sangat sedikit. Curah hujan optimal adalah 1,520–3,800 mm/tahun dengan 2 bulan kering. Variasi curah hujan harus diimbangi dengan ketinggian air tanah agar tanah tidak tergenang (Rismunandar, 1990; Robinson & Souco, 2010).

#### **b. Media Tanam**

Syarat media tanam untuk pertumbuhan tanaman pisang yaitu tanah yang kaya humus dan mengandung kapur atau tanah berat. Air harus selalu tersedia tetapi

tidak boleh menggenang karena pertanaman pisang harus diairi dengan intensif. Ketinggian air tanah di daerah basah adalah 50-200 cm, di daerah setengah basah 100-200 cm dan di daerah kering 50-150 cm. Tanah yang telah mengalami erosi tidak akan menghasilkan panen pisang yang baik. Tanah harus mudah meresapkan air dan tanaman pisang tidak dapat tumbuh dan berkembang pada tanah yang mengandung garam 0,07% (Rismunandar, 1990; Robinson & Souco, 2010).

### **c. Ketinggian Tempat**

Tanaman pisang cukup toleran terhadap ketinggian dan kekeringan. Di Indonesia, umumnya tanaman dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan setinggi 2.000 m dpl. Sedangkan untuk pisang ambon, nangka dan tanduk tumbuh baik sampai ketinggian 1.000 m dpl (Rismunandar, 1990; Robinson & Souco, 2011).

## **4. Budidaya Tanaman Pisang**

### **a. Pembibitan**

Budidaya tanaman pisang Cavendish melalui pembibitan secara kultur jaringan terbagi dalam dua proses, yaitu proses di laboratorium dan nursery.

#### **(1) Pembuatan Bibit secara Kultur Jaringan di Laboratorium**

Tahap awal pembuatan bibit tanaman pisang secara kultur jaringan diawali dengan pemilihan tanaman sebagai sumber eksplan. Tanaman pisang yang dipilih yaitu tanaman pisang dari induk yang subur, produktif, sehat, dan bebas dari

patogen. Setelah didapatkan eksplan yang baik kemudian ditumbuhkan pada media MS. Setelah itu planlet (bibit kecil) diaklimatisasi pada media pasir dan kompos dan diletakkan di rumah kaca atau tempat nurseri (Yusnita, 2004; Avivi & Ikrawati, 2004).

## **(2) Proses di Nurseri (Aklimatisasi)**

Pada proses ini, dipersiapkan media berupa campuran pasir dan kompos (perbandingan 1:2) kemudian disterilisasi dengan uap air panas selama beberapa jam. Setelah media dingin dimasukkan ke dalam bak plastik dan dicampur dengan pupuk NPK (dengan perbandingan 1:1:1) sebanyak 3 g setiap baknya. Kemudian planlet diambil dari media MS dan dibilas atau dicuci, kemudian dicelupkan ke dalam larutan Dithane dan larutan fungisida (Benlate dan Agrymycin 1 g/l lalu ditiriskan. Selanjutnya planlet ditanamkan ke media pasir dan kompos dalam bak plastik (Suhardiman, 1997; Avivi & Ikrawati, 2004).

Planlet yang telah dipindahkan ke dalam bak plastik disungkup dengan sungkup plastik selama 1 minggu agar kelembabaan mencapai 95%. Kemudian sungkup dibuka selama 1 minggu, lalu bibit diletakkan di tempat pembibitan dan media tanam disiram setiap hari. Tempat pembibitan harus terlindung dari sinar matahari langsung, misalnya dengan diberi *net* (jaring) pada atapnya. Setelah berumur 2-4 minggu bibit dalam bak plastik dipindahkan ke dalam polybag yang berisi campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1. Polybag yang berukuran 18x24 cm disusun berjajar dengan kerapatan 64 buah polybag per m<sup>2</sup>. Aklimatisasi dilakukan selama 6-10 minggu sebelum ditanam (Suhardiman, 1997; Avivi & Ikrawati, 2004).

## **b. Penanaman**

Tempat yang akan ditanami pisang terlebih dahulu diberi ajir dengan jarak 2,5x4 m. Tempat-tempat yang diberi ajir tersebut digali untuk membuat lubang tanam berukuran 60 cm x 60 cm x 60 cm. Tanah galian lapisan atas dipisahkan dengan tanah galian lapisan bawah. Tanah galian tersebut dibiarkan selama satu minggu hingga kering. Setelah tanah galian kering, lapisan bawah tanah dimasukkan lagi ke bagian bawah. Tanah lapisan atas dicampur dengan 20 kg pupuk kandang yang sudah matang ditambah dengan 2 sendok makan pupuk NPK serta 1 sendok makan Furadan. Setelah tanah tercampur rata dengan pupuk, kemudian dimasukkan ke dalam lubang tanam (Suhardiman, 1997; Avivi & Ikrawati, 2004).

Polybag yang berisi bibit pisang dibuka secara hati-hati, lalu bibit pisang hasil aklimatisasi dimasukkan ke dalam lubang tanam, masing-masing satu bibit.

Penanaman sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan sehingga tidak memerlukan penyiraman. Bila penanaman pisang dilakukan pada lahan yang sangat luas dan penanaman sering terlambat, perlu diusahakan agar tidak terjadi kekeringan, misalnya dengan pemberian mulsa, pelindung, ataupun melakukan penyiraman (Suhardiman, 1997; Avivi & Ikrawati, 2004).

## **c. Pemeliharaan**

Pemeliharaan tanaman pisang terdiri atas sanitasi, pembuatan rorak, penyapihan anakan, pemangkasan, dan pemupukan.

### **(1) Sanitasi**

Sanitasi merupakan usaha pembersihan rumput, gulma, sisa pelepah, dan daun kering di sekitar tanaman pisang. Sanitasi bertujuan untuk mencegah atau mengendalikan serangan hama dan penyakit. Pembersihan rumput ataupun gulma tergantung beberapa faktor misalnya musim, pada musim hujan akan lebih banyak rumput yang tumbuh daripada musim kemarau, gangguan hama dan penyakit dan tenaga kerja (Suhardiman, 1997)

### **(2) Pembuatan Rorak**

Pembuatan rorak di antara tanaman dapat berfungsi sebagai tempat mengubur gulma. Gulma yang membusuk dapat menambah kesuburan tanaman. Selain itu, pembuatan rorak dapat mencegah erosi dengan menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah sebelum tanaman cukup besar (Suhardiman, 1997).

### **(3) Penyapihan Anakan**

Pisang yang telah berumur sekitar 3 bulan sebaiknya tidak terganggu oleh adanya anakan. Anakan pisang dapat menghambat peryumbuhan dan menyebabkan persaingan dengan induknya. Jumlah anakan harus dibatasi hanya sampai dua atau tiga batang saja supaya produksi dan kualitas buah tidak menurun. Jumlah anakan pisang dipengaruhi oleh kesuburan tanah dan pupuk yang diberikan. Pembuangan atau penyapihan anakan harus dilakukan secara hati-hati agar tidak melukai tanaman induk (Suhardiman, 1997).

#### **(4) Pemangkasan**

Pemangkasan dilakukan dengan memotong daun dan pelepah yang kering dan memotong jantung pisang. Pemotongan jantung pisang dilakukan apabila pembentukan sisir buah sudah sangat lambat dan kecil. Jenis pisang Cavendish dapat membentuk tandan buah dengan optimal sebanyak tujuh sampai delapan sisir. Pemotongan jantung diharapkan dapat memacu pertumbuhan buah dan mempercepat pemasakannya (Suhardiman, 1997).

#### **(5) Pemupukan**

Pisang memerlukan unsur-unsur hara makro, terutama kalium dalam jumlah besar. Untuk satu hektar, pisang memerlukan 207 kg urea, 138 kg super fosfat, 608 kg KCl dan 200 kg batu kapur sebagai sumber kalsium. Pupuk N diberikan dua kali dalam satu tahun yang diletakkan di dalam larikan yang mengitari rumpun tanaman. Setelah itu larikan ditutup kembali dengan tanah. Pemupukan fosfat dan kalium dilaksanakan 6 bulan setelah tanam (dua kali dalam setahun) (Rismunandar, 1990).

#### **(6) Pengairan dan Penyiraman**

Pisang akan tumbuh subur dan berproduksi dengan baik selama pengairannya terjaga. Tanaman diairi dengan cara disiram atau mengisi parit-parit/saluran air yang berada di antara barisan tanaman pisang (Rismunandar, 1990).

## B. Penyakit Layu Fusarium Pada Tanaman Pisang

### 1. Penyebab Penyakit Layu Fusarium

Penyakit layu fusarium disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc) yang merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman pisang. Klasifikasi jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* menurut Alexopoulos & Mims (1979) adalah sebagai berikut ini:

Kingdom	: Mycetae
Divisi	: Amastigomycota
Subdivisi	: Deuteromycotina
Kelas	: Deuteromycetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Nectriaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Species	: <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i>

Secara mikroskopis konidiofor bercabang-cabang dengan panjang rata-rata 70  $\mu\text{m}$ . Cabang-cabang samping biasanya bersel 1, panjangnya sampai 14  $\mu\text{m}$ .

Konidium terbentuk pada ujung cabang utama atau cabang samping.

Mikrokonidium bersel 1 atau bersel 2, hialin, jorong atau memanjang, berukuran 5-7 x 2,5-3  $\mu\text{m}$ . Makrokonidium berbentuk sabit, bertangkai kecil, umumnya

bersel 4, hialin, berukuran 22-36 x 4-5  $\mu\text{m}$ . Klamidiospora bersel 1, jorong atau bulat, berukuran 7-13 x 7-8  $\mu\text{m}$ , terbentuk di tengah hifa atau pada

makrokonidium, sering kali berpasangan. Miselium jamur terutama terdapat di

dalam sel, khususnya di dalam pembuluh kayu. Di samping itu jamur membentuk

miselium yang terdapat di antara sel-sel, yaitu dalam kulit dan di jaringan parenkim di dekat tempat terjadinya infeksi (Semangun, 2007). Secara makroskopis, koloni pada media mencapai diameter 3,5- 5,0 cm. miselium tampak jarang atau banyak seperti kapas, kemudian menjadi seperti beludru, berwarna putih dan biasanya agak keunguan yang tampak lebih kuat pada permukaan medium (Gandjar *et al.*, 1999).

## **2. Ras dan Persebaran *Fusarium oxysporum f.sp. cubense***

Penyakit layu fusarium yang dikenal juga dengan sebutan penyakit Panama, pertama kali ditemukan di daerah Panama pada tahun 1890. Penyakit ini menghancurkan pertanaman pisang Ambon “Gros Michel” (AAA) di Amerika Tengah dan Caribbean pada tahun 1910-an, saat ini penyakit layu fusarium sudah banyak ditemukan di daerah tropis maupun subtropis. *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* mempunyai 4 ras yaitu ras 1 menyerang kultivar pisang ambon “Gros Michel”(AAA), Maqueno (AAB), Silk (AAB), Pome (AAB ), Pisang Awak (ABB), dan hasil hibrida “I.C.2” (AAAA). Ras 2 menyerang kultivar pisang batu “Bluggoe” (ABB), dan keturunan tetraploid. Ras 3 menyerang *Heliconia spp.* Ras 4 merupakan ras yang paling virulen, selain dapat menyerang tanaman inang dari ras 1 dan 2, ras 4 juga dapat menyerang pisang jenis Cavendish (Stover, 1990). Foc ras 4 yang menyerang tanaman pisang di wilayah tropis (Asia dan Australia Utara) disebut dengan ras 4 (TR4), sedangkan untuk wilayah subtropis (Afrika Selatan, Australia, Taiwan dan Kepulauan Canary disebut dengan ras 4 (STR4).

Foc TR4 lebih virulen dibandingkan dengan Foc STR4, Foc TR4 mampu menyerang tanaman pisang dalam kondisi *stress* lingkungan maupun tidak *stress* lingkungan, sedangkan Foc STR4 hanya menyerang dalam kondisi *stress* lingkungan (Sutherland *et al.*, 2012). STR4 akan memiliki tingkat virulensi yang lebih tinggi apabila menyerang tanaman di daerah dengan suhu dingin, stress air dan pada tanah yang miskin unsur hara (Daly *et al.*, 2006).

### 3. Daur Penyakit

*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* adalah jamur tular tanah (*soil borne*) yang dapat bertahan lama dalam tanah sebagai klamidiospora, yang terdapat banyak dalam akar-akar tanaman yang sakit. Klamidiospora ini mampu bertahan selama lebih dari 30 tahun di dalam tanah walaupun tidak terdapat tanaman inangnya. Jamur dapat bertahan pada akar-akar rumput, dan pada tanaman yang mempunyai hubungan kerabat dekat dengan pisang, misalnya *Heliconia* spp. (Ploetz, 1990).

Infeksi jamur terjadi melalui akar, adanya luka pada akar akan meningkatkan infeksi. Akan tetapi jamur tidak dapat menginfeksi batang atau akar-rimpang meskipun bagian ini dilukai. Nematoda (*Radhopholus similis*) membantu dalam proses infeksi (Hwang, 1989). *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* menghasilkan enzim yang dapat mendegradasi dinding sel, di antaranya endo-polygalacturonase (pg1), exo-polygalacturonase (pgx4), pectate lyase (pl1), dan xylanase (Sutherland *et al.*, 2012). Setelah masuk ke dalam akar jamur berkembang sepanjang akar menuju ke batang dan disini jamur berkembang secara meluas dalam jaringan pembuluh sebelum masuk ke dalam batang semu. Pada tingkat infeksi lanjut miselium dapat meluas dari jaringan pembuluh ke parenkim. Jamur

membentuk banyak spora dalam jaringan tanaman, dan mikrokonidium dapat terangkut dalam arus transpirasi (Semangun, 2007).

Penyakit terutama menular karena perakaran tanaman sehat berhubungan dengan spora yang dilepaskan oleh tanaman sakit di dekatnya. Pemakaian bahan tanaman yang sakit juga dapat memencarkan penyakit. Jamur dapat terbawa oleh tanah yang melekat pada alat-alat pertanian. Perendaman tanah dan air pengairan dapat juga menyebabkan terjadinya pemencaran setempat (Semangun, 2007).

#### **4. Gejala Serangan**

Gejala penyakit diawali dengan perubahan warna pada tepi daun bawah menjadi berwarna kuning tua, kemudian menjadi coklat dan akhirnya mengering. Tangkai daun patah di sekeliling batang palsu, terkadang lapisan luar batang terbelah dari permukaan tanah. Gejala yang paling khas adalah gejala pada bagian dalam. Jika pangkal batang dibelah membujur, maka akan terlihat garis-garis coklat atau hitam menuju ke semua arah, dari bonggol ke atas melalui jaringan pembuluh ke pangkal daun dan tangkai. Berkas pembuluh akar biasanya tidak berubah warnanya, namun seringkali akar tanaman sakit berwarna hitam dan membusuk (Semangun, 2007).

#### **5. Pengendalian Penyakit Layu Fusarium**

Pengendalian penyakit layu fusarium dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa teknik pengendalian di antaranya:

### **a. Sterilisasi Area Pertanaman dan Alat Pertanian**

Daerah yang endemik penyakit layu fusarium dilakukan fumigasi terlebih dahulu. Bahan aktif fumigant yang dipakai salah satunya ialah methyl bromide, setelah fumigasi dilakukan, maka area pertanaman tersebut tidak boleh ditanami dengan tanaman sampai dengan 24 bulan (Ploetz & Pegg, 2000). Selanjutnya sterilisasi alat-alat pertanian yang dipakai ialah dengan cara mencuci bersih dan penggunaan disinfektan, hal ini dilakukan supaya tidak adanya inokulum yang terbawa dari alat-alat pertanian yang dipakai. Tanaman yang sakit beserta dengan tanah di sekelilingnya dibongkar dan dikeluarkan dari kebun (Semangun, 2007).

Solarisasi tanah merupakan salah satu metode kultur teknis dalam pengendalian patogen akar (Agrios, 2005). Solarisasi tanah merupakan suatu metode untuk menaikkan suhu tanah dengan cara menutup permukaan tanah menggunakan plastik mulsa transparan. Metode tersebut bekerja sesuai dengan *efek green house*, temperatur tanah mencapai suhu 50-60 °C pada kedalaman 10 cm. Hal tersebut sudah cukup besar dalam mengendalikan patogen tular tanah (*soil borne*) (Horiuchi, 1982). Solarisasi tanah dapat menurunkan inokulum patogen sehingga akan mengurangi potensi terjadinya panyakit (Agrios, 2005).

### **b. Penggunaan Varietas Tahan**

Penggunaan varietas tahan sangat diperlukan pada daerah yang terinfeksi patogen. Di Lampung dilaporkan bahwa penanaman klon Cavendish yang tahan, yang disertai dengan perbaikan sistem tanam dan pemberian bahan organik dapat

menurunkan kerugian ekonomi yang disebabkan oleh Foc ras 4 (Wardhana *et al.*, 2004; Ploetz & Pegg, 2000) .

### **c. Pengendalian Hayati**

pengendalian hayati merupakan penggunaan mikroorganisme antagonis pada saat setelah atau sebelum terjadinya infeksi patogen. Mekanisme dari biokontrol organisme yaitu dalam melemahkan atau membunuh patogen tanaman dengan perlawanan yaitu memparasit patogen secara langsung, memproduksi antibiotik (toksin), dan kemampuannya dalam kompetisi ruang dan nutrisi, produksi enzim untuk melawan komponen sel patogen, menginduksi respon ketahanan tanaman, dan produksi metabolisme tanaman dalam menstimulasi perkecambahan spora patogen (Agrios, 2005)

Beberapa jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati diantaranya *Gliocladium sp.*, *Trichoderma sp.*, dan *Chaetonium sp.* (Djatnika & Nuryani, 1992). Selain itu bakteri *Pseudomonas fluorescens* dapat digunakan sebagai agensia hayati, memperbaiki sistem perakaran tanaman pisang, dan diharapkan dapat mengimbas ketahanan pisang terhadap penyakit layu fusarium. Penggunaan Fusarium non-patogenik dan mikoriza vesikula arbuskula dapat digunakan dalam pengendalian hayati penyakit layu fusarium (Semangun, 2007).

### **d. Kultur Jaringan**

Kultur jaringan adalah suatu metode penanaman protoplas, sel, jaringan, dan organ pada media buatan dalam kondisi aseptik sehingga dapat beregenerasi

menjadi tanaman lengkap. Perbanyak tanaman melalui kultur jaringan memiliki beberapa keuntungan, yaitu diperolehnya bibit yang seragam dalam jumlah besar dan bebas penyakit sehingga meningkatkan hasil dan mencegah penyebaran penyakit (Yusnita, 2004).

### **C. *Trichoderma* spp.**

#### **1. Taksonomi dan Morfologi**

Klasifikasi jamur *Trichoderma harzianum* menurut Alexopoulos dan Mims (1979) adalah sebagai berikut ini :

Kingdom	: Mycetae
Divisi	: Amastigomycota
Subdivis	: Deuteromycotina
Kelas	: Deuteromycetes
Ordo	: Moniliales
Famili	: Moniliaceae
Genus	: <i>Trichoderma</i>
Species	: <i>Trichoderma</i> spp.

*Trichoderma* spp. merupakan jamur Deuteromycetes dengan konidiofor tegak, bercabang banyak, agak berbentuk kerucut, dapat membentuk kladospora. Pada umumnya koloni dalam biakan tumbuh dengan cepat, berwarna putih sampai hijau. Koloni *Trichoderma* spp. pada media biakan PDA tumbuh dengan cepat pada suhu 25- 30° C. Koloni ini akan berubah warna menjadi hijau tua sedangkan bagian bawahnya tidak berwarna (Domsch, *et al.*, 1993).

Susunan sel *Trichoderma* bersel banyak berderet membentuk benang halus yang disebut dengan hifa. Hifa pada jamur ini berbentuk pipih, bersekat, dan bercabang-cabang membentuk anyaman yang disebut miselium. Miseliumnya dapat tumbuh dengan cepat dan dapat memproduksi berjuta-juta spora, karena sifatnya inilah *Trichoderma* dikatakan memiliki daya kompetitif yang tinggi. Dalam pertumbuhannya, bagian permukaan akan terlihat putih bersih, dan bermiselium kusam. Setelah dewasa, miselium memiliki warna hijau kekuningan. Jamur ini memiliki bagian yang khas antara lain miselium berseptat, bercabang banyak, konidia spora berseptat dan cabang yang paling ujung berfungsi sebagai sterigma. Konidiofornya bercabang berbentuk *verticillate*. Pada bagian ujung konidiofornya tumbuh sel yang bentuknya menyerupai botol (*filida*), sel ini dapat berbentuk tunggal maupun berkelompok. Konidiana berwarna hijau cerah bergerombol membentuk menjadi seperti bola dan berkas-berkas hifa terlihat menonjol jelas di antara konidia spora. *Trichoderma* berkembangbiak secara aseksual dengan membentuk spora di ujung *filida* atau cabang dari hifa.

*T. harzianum* mempunyai hifa berseptat, bercabang dan mempunyai dinding licin, tidak berwarna, diameter 1,5-12  $\mu\text{m}$ . Percabangan hifa membentuk sudut siku-siku pada cabang utama. Cabang-cabang utama konidiofor berdiameter 4-5  $\mu\text{m}$  dan menghasilkan banyak cabang-cabang sisi yang dapat tumbuh satu-satu tetapi sebagian besar berbentuk dalam kelompok yang agak longgar dan kemudian berkembang menjadi daerah-daerah seperti cincin. Pada ujung konidiofor terbentuk konidiospora berjumlah 1-3, berbentuk pendek, dengan kedua ujungnya meruncing dibandingkan dengan bagian tengah, berukuran 5-7 x 3-3,5  $\mu\text{m}$ , diujung konidiofor terdapat konidia berbentuk bulat, berdinding rata dengan warna

hijau suram, hijau keputihan, hijau terang atau agak kehijauan (Gandjar *et al.*, 1999).

*T. pseudokoningii* pada awalnya berwarna krem, secara bertahap berubah menjadi kehijauan, pertama di sebagian koloni, kemudian seluruh koloni. Secara mikroskopis, hifa hialin memiliki lebar sampai dengan 10 µm. Konidiofor bercabang menyerupai piramida, bercabang di sudut kanan sebelum ujung cabang dan pada cabang di bagian bawah (Gandjar *et al.*, 1999).

## **2. Peranan *Trichoderma* spp.**

### **a. *Trichoderma* spp. sebagai Agensia Hayati**

*Trichoderma* spp. adalah jamur tular tanah (*soil borne*) yang dapat diisolasi dari perakaran tanaman. *Trichoderma* spp. berperan sebagai agensia hayati dalam pengendalian penyakit tanama, stimulator pertumbuhan tanaman dan sebagai organisme pengurai. *Trichoderma* spp. mempunyai kemampuan untuk dapat menghambat pertumbuhan beberapa jamur penyebab penyakit pada tanaman antara lain *Fusarium oxysporum* (Herlina, 2009; Christopher *et al.*, 2010; John *et al.*, 2010), *Colletotrichum acutatum* (Stanley *et al.*, 2004), *Rigidoporus lignosus* (Hutahaeen & Junita, 2009), *Rhizoctonia solani* (Howell *et al.*, 1999), *Colletotrichum graminicola* (Harman *et al.*, 2004), dan *Phytophthora capsici* (Ahmed *et al.*, 2000).

Menurut Harman (2004a), mekanisme utama pengendalian patogen tanaman oleh *Trichoderma* spp. terjadi melalui mikoparasit (memarasit miselium jamur lain dengan menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel untuk mengambil

nutrisi dari dalam sel sehingga jamur akan mati). *Trichoderma* spp. menghasilkan antibiotik seperti alametichin, paracelsin, trichotoxin yang dapat menghancurkan sel jamur patogen dengan merusak permeabilitas membran sel dan enzim chitinase, laminarinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel. *Trichoderma* spp. mempunyai kemampuan berkompetisi yang tinggi dalam memperebutkan tempat hidup dan makanan. Selanjutnya *Trichoderma* spp. mempunyai kemampuan melakukan interfensi hifa. Hifa *Trichoderma* spp. akan mengakibatkan perubahan permeabilitas dinding patogen.

#### **b. *Trichoderma* spp. sebagai Dekomposer**

Sebagai organisme pengurai biakan jamur, *Trichoderma* spp. dalam media bahan organik dapat diberikan ke areal pertanian. Limbah organik seperti sampah dedaunan, seresah, kotoran-kotoran binatang ternak tidak bisa langsung diberikan ke tanaman. Limbah organik harus dihancurkan/dikomposkan terlebih dahulu oleh mikroba tanah menjadi unsur-unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman. Secara alami proses pengkomposan ini memakan waktu yang sangat lama, berkisar antara 6 bulan hingga setahun sampai bahan organik tersebut benar-benar tersedia bagi tanaman. Proses penghancuran limbah organik dapat dipercepat dengan menggunakan mikroba penghancur (decomposer) yang memiliki kemampuan tinggi. Penggunaan mikroba penghancur ini dapat mempersingkat proses dekomposisi dari beberapa bulan menjadi beberapa minggu saja. *Trichoderma* spp. mampu mempercepat proses pengomposan menjadi sekitar 2 sampai 3 minggu (Isroi, 2008).

### c. *Trichoderma* spp. sebagai Pengimbas Ketahanan (Induksi Ketahanan)

Induksi ketahanan lokal maupun sistemik umumnya terjadi pada tanaman sebagai respon serangan oleh mikroorganisme patogen, kerusakan fisik, serangan serangga maupun faktor lainnya. Induksi ketahanan oleh *Trichoderma* spp. tidak banyak dipelajari, hal ini mungkin karena mekanisme antagonis *Trichoderma* spp. dapat terjadi secara langsung yaitu melalui mikoparasit dan antibiosis. Pada tanaman yang terinduksi ketahanannya akan terjadi perubahan-perubahan faktor kimia di dalam tanaman tersebut sehingga akan terjadi pengurangan gejala akibat serangan patogen. Mekanisme induksi ketahanan terjadi dengan peningkatan aktivitas jalur sikhimat, sehingga meningkatkan produksi senyawa fenol. Turunan senyawa fenol dapat bersifat racun langsung terhadap patogen sehingga berfungsi sebagai fitoaleksin (Harman, 2004a)

### D. Bahan Organik

Bahan organik mencakup semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan, baik yang hidup maupun yang telah mati pada berbagai tahap dekomposisi (Stevenson, 1982). Di samping berpengaruh terhadap pasokan hara tanah, bahan organik juga berperan penting terhadap sifat fisik dan kimia tanah lainnya.

#### 1. Peran Bahan Organik Terhadap Kesuburan Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman

Bahan organik merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang berperan sebagai bahan perekat antarpartikel tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah. Mekanisme pembentukan agregat tanah oleh adanya peran bahan organik ini dapat digolongkan dalam empat bentuk.

(1) Penambahan bahan organik dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah baik jamur maupun actinomycetes. Melalui pengikatan secara fisik butir-butir primer oleh miselium jamur dan actinomycetes, maka akan terbentuk agregat walaupun tanpa adanya fraksi lempung. (2) Pengikatan secara kimia butir-butir lempung melalui ikatan antara bagian-bagian positif dalam butir lempung dengan gugus negatif (karboksil) senyawa organik yang berantai panjang (polimer). (3) Pengikatan secara kimia butir-butir lempung melalui ikatan antara bagian-bagian negatif dalam lempung dengan gugusan negatif (karboksil) senyawa organik berantai panjang dengan perantara basa-basa Ca, Mg, Fe dan ikatan hidrogen. (4) Pengikatan secara kimia butir-butir lempung melalui ikatan antara bagian-bagian negatif dalam lempung dengan gugus positif (gugus amina, amida, dan amino) senyawa organik berantai panjang (polimer) (Seta, 1987).

Pengaruh bahan organik terhadap sifat fisika tanah yang lain adalah terhadap peningkatan porositas tanah. Porositas tanah adalah ukuran yang menunjukkan bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah yang terisi oleh udara dan air. Pengaruh bahan organik terhadap peningkatan porositas tanah di samping berkaitan dengan aerasi tanah, juga berkaitan dengan status kadar air dalam tanah. Penambahan bahan organik akan meningkatkan kemampuan menahan air sehingga kemampuan menyediakan air tanah untuk pertumbuhan tanaman meningkat. Kadar air yang optimal bagi tanaman dan kehidupan mikroorganisme adalah sekitar kapasitas lapang. Penambahan bahan organik di tanah pasir akan meningkatkan kadar air pada kapasitas lapang, akibat dari meningkatnya pori yang berukuran menengah (meso) dan menurunnya pori makro, sehingga daya

menahan air meningkat, dan berdampak pada peningkatan ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman (Scholes *et al.*, 1994).

## **2. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman**

Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan kimia tanah antara lain terhadap kapasitas pertukaran kation, kapasitas pertukaran anion, pH tanah, daya sangga tanah dan terhadap keheraan tanah. Penambahan bahan organik akan meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Bahan organik memberikan kontribusi yang nyata terhadap KTK tanah. Sekitar 20–70% kapasitas tukar tanah pada umumnya bersumber pada koloid humus (contoh: Molisol), sehingga terdapat korelasi antara bahan organik dengan KTK tanah (Stevenson, 1982).

Dalam suasana sangat masam (pH rendah), hidrogen akan terikat kuat pada gugus aktifnya yang menyebabkan gugus aktif berubah menjadi bermuatan positif ( $\text{COOH}_2^+$  dan  $\text{OH}_2^+$ ), sehingga koloid-koloid yang bermuatan negatif menjadi rendah, akibatnya KTK turun. Sebaliknya dalam suasana alkali (pH tinggi) larutan tanah banyak  $\text{OH}^-$ , akibatnya terjadi pelepasan  $\text{H}^+$  dari gugus organik dan terjadi peningkatan muatan negatif ( $\text{COO}^-$  dan  $\text{O}^-$ ), sehingga KTK meningkat (Parfit, 1980).

Pengaruh penambahan bahan organik terhadap pH tanah dapat meningkatkan atau menurunkan tergantung oleh tingkat kematangan bahan organik yang kita tambahkan dan jenis tanahnya. Penambahan bahan organik yang belum masak (misal pupuk hijau) atau bahan organik yang masih mengalami proses

dekomposisi, biasanya akan menyebabkan penurunan pH tanah, karena selama proses dekomposisi akan melepaskan asam-asam organik yang menyebabkan menurunnya pH tanah. Namun apabila diberikan pada tanah yang masam dengan kandungan Al tertukar tinggi, akan menyebabkan peningkatan pH tanah, karena asam-asam organik hasil dekomposisi akan mengikat Al membentuk senyawa kompleks (khelat), sehingga Al tidak terhidrolisis lagi. Peningkatan pH tanah juga akan terjadi apabila bahan organik yang kita tambahkan telah terdekomposisi lanjut (matang), karena bahan organik yang telah termineralisasi akan melepaskan mineralnya, berupa kation-kation basa.

### **3. Peranan Bahan Organik Terhadap Biologi Tanah dan Pertumbuhan Tanaman**

Bahan organik merupakan sumber energi bagi fauna-makro dan fauna-mikro tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi, bakteri dan actinomycetes. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan organik antara lain yang tergolong dalam protozoa, nematoda, Collembola, dan cacing tanah. Fauna tanah ini berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggung jawab terhadap pemeliharaan struktur tanah (Tian, G. 1997). Flora-mikro dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, karena

bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi.

Pengaruh positif yang lain dari penambahan bahan organik adalah pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman. Terdapat senyawa yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biologis yang ditemukan di dalam tanah adalah senyawa perangsang pertumbuhan (auxin), dan vitamin (Stevenson, 1982). Senyawa-senyawa ini di dalam tanah berasal dari eksudat tanaman, pupuk kandang, kompos, sisa tanaman dan juga berasal dari hasil aktivitas mikrobia dalam tanah. Di samping itu, diindikasikan asam organik dengan berat molekul rendah, terutama bikarbonat (seperti suksinat, ciannamat, fumarat) hasil dekomposisi bahan organik, dalam konsentrasi rendah dapat mempunyai sifat seperti senyawa perangsang pertumbuhan, sehingga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.