

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Macam-macam Tanaman dalam Alqur'an

Allah Swt. menciptakan bumi beserta isinya untuk kemaslahatan manusia, diantaranya adalah ditumbuhkannya berbagai macam tanaman yang memiliki banyak keragaman baik dalam segi bentuk pohon, bentuk buah, rasa dan manfaatnya. Sebagaimana yang tercantum dalam Alqur'an surat Al-An'am ayat 141 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرِ مَّعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكُلُهُ
وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا
حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴿١٤١﴾

Artinya: Dan dialah yang menjadikan kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan. (Qs. Al-An'am/6: 141).

Ayat di atas menjelaskan beberapa jenis tanaman yang ada di bumi.

Tanaman tersebut memiliki beberapa kelompok berdasarkan ukuran, bentuk, warna dan rasanya. Dalam ayat tersebut terdapat lafadh "ma'rusyatin wa ghairo ma'rusyatin" yang bermakna "berjunjung dan tidak berjunjung". Dalam hal ini yang dimaksud tanaman yang tidak berjunjung adalah tanaman yang memiliki

ukuran yang tidak terlalu tinggi atau yang disebut dengan tanaman herba /semak, contohnya adalah tanaman kentang, tomat, cabai dan lain sebagainya.

Ditambahkan dalam Alqur'an surat 'Abasa ayat 27-32:

فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ۖ وَعِنَبًا وَقَضْبًا ۖ وَزَيْتُونًا وَخَلًّا ۖ وَحَدَائِقَ غُلْبًا ۖ
وَفَنْجِهَةً وَأَبًّا ۖ مَتْنَعًا لَكُمْ ۚ وَلَا نَعْمِكُمْ ۚ

Artinya: *Lalu Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu, anggur dan sayur-sayuran, zaitun dan kurma, kebun-kebun (yang) lebat, dan buahbuahan serta rumput-rumputan, untuk kesenanganmu dan untuk binatang-binatang ternakmu. (Qs. 'Abasa/80: 27-32).*

Secara tersurat tanaman kentang tidak dijelaskan dalam Alqur'an, tetapi merupakan salah satu jenis tanaman sayur-sayuran (*Qodlban*) sebagaimana disebutkan pada ayat tersebut, berbagai macam tumbuhan yang disebutkan antara lain anggur, sayur-sayuran, zaitun, kurma, buah-buahan, tanaman perkebunan dan rumput-rumputan. Keanekaragaman jenis tumbuhan juga diikuti dengan keanekaragaman manfaatnya bagi kehidupan manusia, seperti tumbuh-tumbuhan sebagai bahan makanan, bahan bangunan, bahan obat dan potensi lainnya yang masih perlu dicari. Salah satu jenis tanaman sayur-sayuran ciptaan Allah Swt. adalah tanaman kentang yang memiliki kandungan protein cukup tinggi dibandingkan biji sereal dan umbi lainnya. Kandungan asam aminonya juga seimbang sehingga sangat baik bagi kesehatan manusia (Nurmayulis, 2005).

2.2 Penyakit Layu Tanaman

Menurut Sitohang (2008), penyakit yang umumnya menyerang tanaman terutama kentang adalah:

a) Penyakit Bercak Kering (*Early Blight*)

Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Alternaria solani*. Jamur ini hidup disisa tanaman sakit dan berkembang di daerah kering. Gejala yang timbul adalah daun berbercak kecil tersebar tidak teratur, warna coklat tua, meluas ke daun muda. Permukaan kulit umbi berbercak gelap tidak beraturan, kering, berkerut dan keras. Pengendalian yang dapat dilakukan yaitu dengan pergiliran tanaman.

b) Penyakit Layu Bakteri

Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum*. Gejala yang ditimbulkan yaitu beberapa daun muda pada pucuk tanaman layu dan daun tua, daun bagian bawah menguning. Pengendalian dapat dilakukan dengan cara sanitasi kebun, pergiliran tanaman.

c) Penyakit Busuk Umbi

Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Colletotrichum coccodes*. Gejalanya daun menguning dan menggulung, lalu layu dan kering. Bagian tanaman yang berada dalam tanah terdapat bercak-bercak berwarna coklat. Infeksi akan menyebabkan akar dan umbi muda busuk. Pengendalian dapat dilakukan dengan pergiliran tanaman, sanitasi kebun dan penggunaan bibit yang baik.

d) Penyakit Busuk Daun

Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Phytophthora infestans*. Gejalanya timbul bercak-bercak kecil berwarna hijau kelabu dan agak basah hingga warnanya berubah menjadi coklat sampai hitam dengan bagian tepi berwarna putih yang merupakan sporangium dan daun membusuk/mati. Pengendalian dilakukan dengan sanitasi kebun.

e) Penyakit *Fusarium*

Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. Gejala yang timbul adalah busuk umbi yang menyebabkan tanaman layu. Penyakit ini juga menyerang kentang di gudang penyimpanan. Infeksi masuk melalui luka-luka yang disebabkan nematoda/faktor mekanis. Pengendalian dilakukan dengan menghindari terjadinya luka pada saat penyiangan dan pendangiran.

f) Penyakit karena Virus

Virus yang menyerang adalah: *Potato Leaf Roll Virus* (PLRV) menyebabkan daun menggulung; *Potato Virus X* (PVX) menyebabkan mosaik laten pada daun; *Potato Virus Y* (PVY) menyebabkan mosaik atau nekrosis lokal; *Potato Virus A* (PVA) menyebabkan mosaik lunak, *Potato Virus M* (PVM) menyebabkan mosaik menggulung, *Potato Virus S* (PVS) menyebabkan mosaik lemas. Akibat serangan tanaman tumbuh kerdil, lurus dan pucat dengan umbi kecil-kecil atau tidak menghasilkan sama sekali, daun menguning dan jaringan mati. Penyebaran virus dilakukan oleh peralatan pertanian, kutu daun *Aphis spiraecola*, *A. gossypii* dan *Myzus persicae*, kumbang *Epilachna* dan *Coccinella* dan nematoda.

Penggunaan pestisida tidak dapat digunakan untuk mengendalikan serangan virus. Pencegahan dan pengendalian terhadap serangan virus dilakukan dengan menanam bibit bebas virus, membersihkan peralatan, memangkas dan membakar tanaman sakit, mengendalikan vektor dengan Pestona atau BVR dan melakukan pergiliran tanaman (Sitohang, 2008).

2.3 Bakteri *Ralstonia solanacearum*

2.3.1 Deskripsi dan Klasifikasi Bakteri *Ralstonia solanacearum*

Ralstonia solanacearum adalah bakteri aerobik, berbentuk batang, berukuran (0,5 – 1,0 x 1,5 – 2,5) μm , gram negatif, bergerak dengan satu flagel yang terletak diujung sel. Umumnya isolat yang virulen memiliki flagella sedangkan isolat non virulen flagelnya panjang (Goto, 1992 dalam Wijiono, 2009). Bakteri ini diketahui mempunyai banyak ras yang berbeda virulensinya. Ras 1 menyerang terung-terungan dan tanaman lain, seperti tomat, tembakau, dan kacang tanah. Ras 2 menyerang pisang dan Heliconia. Ras 3 khususnya menyerang tanaman kentang (Semangun, 1996 dalam Anaf, 2009).

Bakteri ini mampu menghidrolisa gelatin dan twin 80, mampu mereduksi nitrat, dapat menghasilkan asam sukrosa, arginin, dehidrolase negatif, jumlah guanin, dan sitosin dalam DNA 66-69%. Mengandung poly B-hidroksibutirat. Beberapa strain dapat menghasilkan gas dan nitrat (Hayward, 1983 dalam Anaf, 2009).

Bakteri mempunyai generasi waktu yang sangat pendek pada keadaan optimal < 20 menit. Selama pertumbuhan, bakteri dalam media cair akan membentuk suspensi yang keruh sedangkan pada media padat akan membentuk koloni yang bervariasi bergantung pada jenisnya (Habazar dan Rivai, 2000).

Menurut Rukmana (1997) dalam Wijiono (2009), bakteri ini mempunyai banyak ras dan dapat diisolasi dengan baik pada medium yang mengandung 2, 3, 5- trifenil-tetra sodium klorida (Medium TTK). Infeksi terutama melalui luka pada bagian tanaman. Bakteri terangkut dalam pembuluh kayu dan pada batang yang lunak, masuk dalam ruang antar sel dalam kulit dan empulur, menguraikan sel-sel

sehingga terjadi rongga-rongga. Suhu yang relatif tinggi mendukung perkembangan penyakit. Di dataran rendah penyakit timbul lebih berat karena suhu udara relatif tinggi. Bakteri berkembang baik di tanah alkalis yang suhunya agak tinggi di saat banyak hujan. Intensitas penyakit sangat dipengaruhi oleh tanaman terinfeksi pada musim sebelumnya. Penyakit ini banyak dijumpai di Jawa, Sumatera dan Sulawesi khususnya di Sulawesi Utara.

Klasifikasi bakteri *Ralstonia solanacearum* penyakit layu pada kentang menurut E.F. Smith dalam Buchman dan Gibbions (1974), Yabuuch dkk (1995) dalam Wijiono (2009) adalah :

Kingdom	: Prokariotik
Divisio	: Gracilicutes
Kelas	: Schizomycetes
Ordo	: Eubacteriales
Famili	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Ralstonia</i>
Spesies	: <i>Ralstonia solanacearum</i>
Sinonim	: <i>Pseudomonas solanacearum</i>

2.3.2 Mekanisme Kerusakan pada Tanaman

Virulensi merupakan kapasitas relatif patogen untuk merusak tanaman inang. Virulensi penyakit tanaman berhubungan dengan sifat-sifat bakteri yang menentukan kecepatan pertumbuhan dan penyebarannya pada inang dan meningkatkan kerusakan pada jaringan tanaman. Faktor virulensi yang

disekresikan dapat berupa toksin termasuk Ekstraseluler Polisakarida, enzim, dan hormon tumbuh yang menginduksi seperti jenis gejala seperti menguning, busuk lunak, hiperplasia, nekrosis dan layu (Habazar dan Rivai, 2000 dalam Anaf, 2009).

Pada bakteri *Ralstonia solanacearum*, Ekstraseluler Polisakarida sangat berperan dalam patogenesis, utamanya dalam menghambat translokasi unsur hara dan air, juga menjadi pelindung bakteri dari keadaan yang ekstrim, dapat menetralkan senyawa-senyawa yang dikeluarkan oleh tanaman (Wydra dan Rudolph, 1993 dalam Wijiono, 2009).

Beberapa mekanisme kerusakan Ekstraseluler Polisakarida sebagai penyebab layu antara lain: penyebaran patogen dalam xylem, pembentukan senyawa ekstraseluler polisakarida hanya pada isolat yang virulen dan pemberian dengan senyawa metabolit dari patogen pada tanaman. Aspek-aspek penyebab layu adalah: pengaliran terbatas dan transportasi air ke daun menjadi terhambat, viskositas cairan dalam jaringan pembuluh meningkat, terjadi penyumbatan terhadap transport air, bagian yang paling kritis adalah tangkai dan tulang daun, terjadinya kerusakan pada membran luar dan membran dalam sel dan keluarnya elektrolit dari dalam sel (Habazar dan Rivai, 2000 dalam Anaf, 2009).

2.3.3 Gejala Serangan Bakteri *Ralstonia solanacearum*

Gejala awal adalah tanaman mulai layu. Kemudian menjalar ke daun bagian bawah. Gejala yang lebih lanjut : seluruh tanaman layu, daun menguning sampai coklat kehitam-hitaman, dan akhirnya tanaman mati (Gambar 2.1).

Serangan pada umbi menimbulkan gejala dari luar tampak bercak-bercak kehitam-hitaman, terdapat lelehan putih keruh (massa bakteri) yang keluar dari mata tunas atau ujung stolon (Rukmana, 1997).



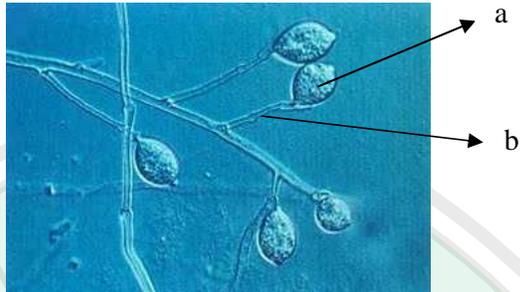
Gambar 2.1 (a) Tanaman Kentang terinfeksi bakteri *Ralstonia solanacearum* (Thurston, 2009).

2.4 Jamur *Phytophthora infestans*

2.4.1 Deskripsi dan Klasifikasi Jamur *Phytophthora infestans*

Phytophthora infestans memiliki bentuk miselium interseluler tidak bersekat, mempunyai banyak houstorium. Konidiofor keluar dari mulut kulit, berkumpul 1-5, dengan percabangan simpodial, mempunyai bengkakan yang khas. Konidium berbentuk buah peer, 22-32 x 16-24 μm , berinti banyak 7-32 terlihat pada (Gambar 2.2). Konidium berkecambah secara tidak langsung dengan membentuk hifa (benang) baru, atau secara tidak langsung dengan membantuk spora kembara, konidium dapat juga disebut sebagai sporangium atau zoosporangium seperti pada (Gambar 2.2). Cendawan ini dapat membentuk oospora meskipun agak jarang. Jamur *P. infestans* diketahui mempunyai banyak

ras fisiologi (Semangun, 1991).



Gambar 2.2 Morfologi *Phytophthora infestans* (a) konidium, (b) hifa (Istiarini, 2009).

Menurut Hawksworth et al (1995), klasifikasi cendawan *Phytophthora infestans* adalah

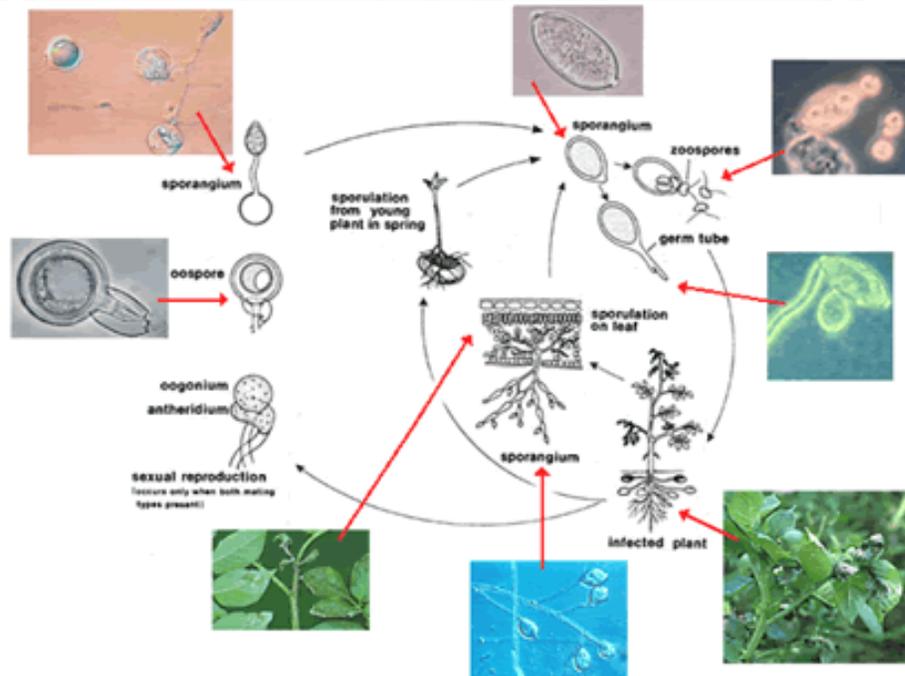
Kingdom	: Stramenopiles
Divisio	: Eumycota
Kelas	: Oomycetes
Ordo	: Peronosporales
Famili	: Pythiaceae
Genus	: <i>Phytophthora</i>
Spesies	: <i>Phytophthora infestans</i> .

2.4.2 Siklus Penyakit

Patogen dapat tersebar sampai ke batang dengan sangat cepat dalam jaringan korteks yang menyebabkan kerusakan sel di dalamnya. Selanjutnya, miselium tumbuh diantara isi sel batang, tetapi jarang terdapat dalam jaringan

vaskuler. Miselium tumbuh menembus batang sampai ke permukaan tanah. Ketika miselium mencapai udara disekitar bagian tanaman miselium memproduksi sporangiospor yang dapat menembus stomata dan menetap serta menyebar melalui daun. Sporangiospor akan terlepas dan menyebabkan infeksi baru, sel-sel dimana miselium berada dapat mati dan menjadi busuk, miselium menyebar luas sampai ke bagian yang sehat. Beberapa hari setelah infeksi baru, sporangiospor timbul dari stomata dan memproduksi banyak sporangia yang dapat menginfeksi tanaman baru (Agrios, 1996). Siklus penyakit *P. infestans* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Selama musin hujan, sporangia terbawa sampai ke tanah. Umbi dekat permukaan tanah dapat terserang zoospore yang bertunas dan berpenetrasi pada umbi menembus lenti sel atau melalui luka alami atau luka akibat serangga dan alat pertanian (Cholil dan Abadi, 1991).



Gambar 2.3 Siklus Hidup *Phytophthora infestans* (Agrios, 1996).

2.4.3 Gejala Penyakit

Gejala awal penyakit ini berupa bercak pada bagian tepi dan ujung daun, kemudian bercak melebar dan terbentuk daerah nekrotik yang berwarna coklat (Gambar 2.6). Bercak dikelilingi oleh massa sporangium yang berwarna putih dengan belakang hijau kelabu. Serangan dapat menyebar ke batang, tangkai dan umbi. Jamur ini berkembang baik pada musim hujan dengan kelembaban sekitar 20° C. Serangan berat terjadi pada bulan Oktober-Februari (Anonymous, 2002).

Jika suhu tidak terlalu rendah dan kelembaban cukup tinggi, bercak-bercak tersebut akan meluas dengan cepat dan menyebabkan kematian seluruh daun. Bahkan jika cuaca demikian berlangsung lama, seluruh bagian tanaman di atas akan mati. Dalam cuaca yang kering jumlah bercak terbatas, segera mengering dan tidak meluas. Umumnya gejala baru tampak bila tanaman berumur lebih dari satu bulan, meskipun kadang-kadang sudah terlihat pada tanaman yang berumur 3 minggu (Semangun, 2001).



Gambar 2.4 (a) Serangan *Phytophthora infestans* pada tanaman kentang (Anonymous, 2001).

Phytophthora infestans dapat juga menyerang umbi, jika keadaan baik bagi pertumbuhannya pada umbi terjadi bercak yang agak mengendap, berwarna coklat atau hitam ungu, yang masuk sampai 3-6 mm ke dalam umbi. Bagian yang terserang ini tidak menjadi lunak. Bagian yang busuk kering tadi dapat terbatas sebagai bercak-bercak kecil, tetapi dapat juga meliputi suatu bagian yang luas pada satu umbi. Gejala ini dapat tampak pada waktu umbi digali, tetapi sering tampak jelas setelah umbi disimpan (Semangun, 2000).

2.4 Jamur *Fusarium* sp.

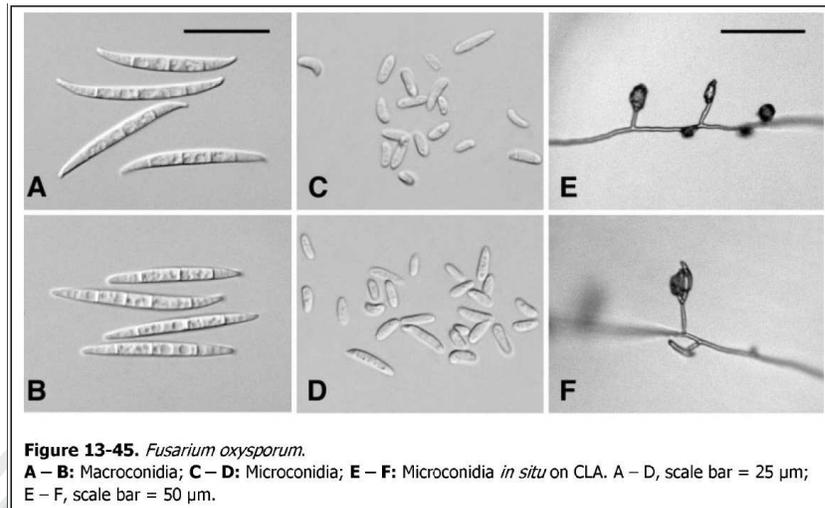
2.5.1 Deskripsi dan Klasifikasi Jamur *Fusarium* sp.

Bagian vegetatif jamur pada umumnya berupa benang-benang halus memanjang, bersekat (septa) atau tidak, disebut hifa. Kumpulan benang-benang hifa disebut miselium. Hifa bercabang-cabang atau tidak, tebalnya 0,5-100 μm . Demikian pula pada seluruh miselium mungkin hanya mempunyai beberapa μm , tetapi dapat pula membentuk lapisan atau benang-benang besar yang panjangnya bermeter-meter (Semangun, 1996).

Daerah-daerah yang terserang oleh cendawan ini adalah pada pangkal batang dan akar, sedikit di bawah permukaan tanah. Jamur ini menyerang

pertanaman dan penyebarannya sangat luas hampir di seluruh dunia. Jamur ini menghasilkan tiga macam toksin yang menyerang pembuluh xylem yaitu : asam fusaric, asam dehydrofusaric dan lycomarasmin. Toksin-toksin tersebut akan mengubah permeabilitas membrane plasma dari sel tanaman inang sehingga mengakibatkan tanaman yang terinfeksi lebih cepat kehilangan air daripada tanaman yang sehat (Sastrahidayat, 1990).

Morfologi dari *Fusarium oxysporum* yaitu memiliki struktur yang terdiri dari mikronidia dan makronidia. Permukaan koloninya berwarna ungu, tepinya bergerigi, permukaannya kasar berserabut dan bergelombang. Di alam, jamur ini membentuk konidium. Konidiofor bercabang-cabang dan makro konidium berbentuk sabit, bertangkai kecil, sering kali berpasangan. Miselium terutama terdapat di dalam sel khususnya di dalam pembuluh, juga membentuk miselium yang terdapat di antara sel-sel, yaitu di dalam kulit dan di jaringan parenkim di dekat terjadinya infeksi. *Fusarium oxysporum* adalah fungi aseksual yang menghasilkan tiga spora yaitu mikronidia, makronidia, dan klamidospora. Mikronidia adalah spora dengan satu atau dua sel yang dihasilkan *Fusarium* pada semua kondisi dan dapat menginfeksi tanaman (Gambar 2.5). Makronidia adalah fungi dengan tiga sampai lima sel biasanya ditemukan pada permukaan (Gambar 2.5). Klamidospora adalah spora dengan sel selain diatas, dan pada waktu dorman dapat menginfeksi tanaman, sporanya dapat tumbuh di air (Gambar 2.5) (Damayanti, 2009).



Gambar 2.5 Morfologi *Fusarium oxysporum* (Damayanti, 2009).

Menurut Agrios (1996), bahwa klasifikasi dari cendawan ini adalah sebagai berikut:

Kindom : Fungi
 Divisi : Eumycota
 SubDivisi : Deuteromycotina
 Kelas : Hypomycetes
 Ordo : Moniliales
 Famili : Tuberculariaceae
 Genus : *Fusarium*
 Spesies : *Fusarium oxysporum*

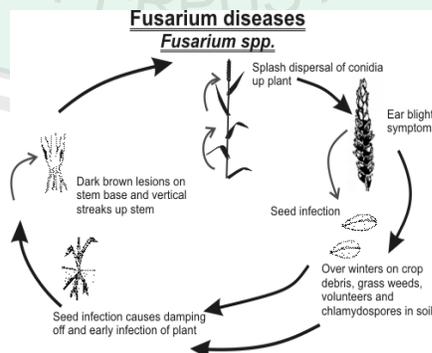
2.5.3 Gejala Kerusakan

Gejala permulaan dari serangan penyakit ini adalah terjadinya pemucatan daun dan tulang daun, diikuti dengan merunduknya tangkai daun. Daun layu dan lambat laun berwarna kuning, tangkai daun tersebut bila disentuh akan mudah

lepas dan jatuh dari batang utama. Kelayuan terjadi mulai dari daun terbawah dan terus ke daun bagian atas, kelayuan tanaman mungkin hanya terjadi sebagian saja atau dapat juga secara keseluruhan (Sastrahidayat, 1990).

Keefektifan serangan dari cendawan ini ditentukan oleh banyaknya spora yang diproduksi, karena spora merupakan sumber inokulum yang paling penting dari cendawan. Kapasitas penyebaran dari *Fusarium oxysporum* merupakan kemampuan mendistribusi dari dalam lingkungan inang. Patogen dapat memiliki virulensi dan daya tahan yang tinggi, tetapi ada kalanya tidak mampu menyebar, tergantung agen biotik (Steinhaus 1963 dalam Agustina, 2004).

Daur hidup jamur *Fusarium* spp. Dalam menginfeksi tanaman berawal dari benih yang yang ditumbuhi jamur tersebut, kemudian menjalar ke dalam tanaman, selanjutnya tanaman menjadi layu dan berwarna coklat kehitam-hitaman. Hal ini disebabkan karena permeabilitas membran terganggu sehingga pergerakan air terhambat yang mengakibatkan kematian tanaman, seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Siklus *Fusarium* sp. (Anonymous, 2009)

Parasit-parasit tanaman terutama jamur, menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang dapat menghasilkan gejala penyakit-penyakit tanaman meskipun tidak ada organisme penyebab penyakit. Salah satu contohnya adalah asam fusarat yang dihasilkan oleh *Fusarium* spp. Asam fusarat atau asam 5-nbutilpiridin-2-karboksilat merupakan racun yang larut dalam air yang sekaligus juga merupakan antibiotik. Toksin ini mengganggu permeabilitas membran dan akhirnya mempengaruhi kebutuhan air tanaman. Adanya hambatan pergerakan air dalam tubuh tanaman menyebabkan terjadinya layu patologis yang tidak bisa balik yang berakibat kematian tanaman seperti kasus-kasus penyakit layu pada kapas dan tomat yang disebabkan oleh *Fusarium* spp (Yunasfi, 2002).

2.6 Deskripsi Bakteri Endofit

2.6.1 Potensi Bakteri Endofit

Selain mengkaji sumberdaya tumbuhan, Islam juga menganjurkan untuk mengkaji sumberdaya hewan seperti mikroba atau hewan dengan ukuran yang sangat kecil, Allah SWT berfirman dalam Q.S Al-Baqarah 26.

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۗ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۚ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴾

Artinya: *Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. adapun orang-orang yang beriman, Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan Ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik (Qs. Al-Baqarah/2 26).*

Mikroba walaupun berukuran sangat kecil (*matsalamma ba'udlotan fama fauqoha*) dan umumnya sangat dibenci orang karena merugikan manusia, tetapi sekali lagi segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT di bumi ini tidak sia-sia. Mikroba ada yang merugikan, tetapi juga ada yang menguntungkan yaitu salah satunya mikroba endofit yang hidup pada jaringan tanaman dan dapat menghasilkan zat antibiotik yang sangat berguna sebagai obat.

Menurut Purwanto (2009), mikroba endofit umumnya dapat menghasilkan senyawa sejenis yang terkandung pada tanaman inang dengan bantuan aktivitas suatu enzim. Beberapa senyawa endofit yang bersimbiose dengan tanaman inangnya juga ada yang mampu menghasilkan senyawa antibiotik. Senyawa antibiotik ini aktif terhadap mikroba-mikroba patogen manusia dan patogen tanaman.

Bakteri endofit adalah mikroorganisme yang sebagian atau seluruh dari siklus hidupnya tinggal dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit bagi tanaman inang. Mereka berada pada jaringan yang sehat seperti berbagai macam jaringan, biji, akar, batang dan daun. Tanaman mendapatkan manfaat dengan kehadiran bakteri endofit ini seperti memacu pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan resistensi tanaman pada dari berbagai macam patogen

dengan memproduksi antibiotik. Endofit juga memproduksi metabolit sekunder yang sangat penting bagi tumbuhan (Bandara dkk, 2006).

Bakteri endofit awalnya berasal dari lingkungan eksternal dan masuk ke dalam tanaman melalui stomata, lentisel, luka (seperti adanya trichoma yang rusak), melalui akar lateral dan akar yang berkecambah (Kaga, 2009). Luka pada tumbuhan yang diakibatkan oleh faktor biotik seperti nematoda juga menjadi faktor utama untuk masuknya bakteri endofit ke dalam tanaman (Athman, 2006).

Petrini dalam artikelnya yang berjudul *Ecology, Metabolite Production and Substrate Utilization in Endophytic Fungi* menyatakan bahwa dalam satu jaringan tanaman kemungkinan ditemukan beberapa jenis mikroba endofit. Jumlah taksa isolate yang diperoleh dari suatu bagian tanaman inang sangat banyak, tetapi hanya beberapa jenis saja yang dominan pada satu inang. Tanaman obat tradisional besar kemungkinan memiliki mikroba endofit berpotensi yang terkandung dan hidup secara simbiotik di dalamnya. Bergantung dari potensi tanaman yang diteliti, ada juga Mikroba endofit yang mampu menjadi sumber senyawa bioaktif yang memiliki potensi sebagai antimikroba (Syarmalina, 2009).

Senyawa anti mikroba yang dihasilkan tersebut mampu menghambat pertumbuhan mikroba atau membunuh mikroba yang merugikan. Berdasarkan sifat kerjanya, antimikroba melawan mikroba patogen dengan cara mengganggu metabolisme sel mikroba, menghambat sintesis dinding sel mikroba, mengganggu permeabilitas membrane sel mikroba, menghambat sintesis protein sel mikroba, atau menghambat sintesis/merusak asam nukleat sel mikroba. Mikroorganisme endofit memiliki hubungan mutualistik dengan tanaman inang, yaitu

mikroorganisme tersebut memperoleh kebutuhan hidupnya pada tanaman inang yang di tempatnya dan berperan dalam melindungi tanaman inang terhadap hama serangga, patogen, dan hewan pemangsanya (Purwanto, 2009).

Produksi enzim oleh mikroorganisme endofit dapat mendegradasi atau memecah peptin dan *polygalacturonic* yang berperan untuk degradasi pada lapisan tengah dinding sel selama penetrasi dan kolonisasi pada jaringan inang oleh simbiosis-simbiosis (Purwanto, 2009).

Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit merupakan suatu zat aktif atau antibiotik atau produk toksin yang mampu melindungi tanaman dari serangan insekta, mikroba patogen atau hewan pemangsanya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen biokontrol. Proses terinfeksi tanaman dengan jamur endofit dapat dilihat dengan mekanisme masuknya jamur tersebut ke dalam biji, sehingga siklus hidup jamur endofit dapat dianggap mengikuti siklus hidup pembentukan biji baik secara langsung maupun tidak langsung (Purwanto, 2009).

Antibiotik menggambarkan kemampuan dari bakteri endofit untuk menghambat pertumbuhan patogen dengan memproduksi antibiotik atau toksin. Walaupun sebagian besar dari bakteri endofit menunjukkan perlawanannya terhadap patogen secara *in vitro* (Krechul dkk, 2002, Sturz dkk, 1999 dalam Schulz, 2006), sangat sedikit yang mengetahui tentang pengaruh dari antibiotik sebagai kontrol patogen pada jaringan akar (Schulz, 2006).

Bagaimanapun, hanya mikroba antagonis yang mampu memanfaatkan bermacam-macam hasil dari mekanisme untuk mendominasi interaksi dengan

patogen. Patogen mempunyai bermacam-macam respon untuk melawan antagonis (Duffy dan Defago, 1997 dalam Schulz, 2006). Bakteri endofit diisolasi dari akar kentang yang menghasilkan enzim hidrolisis seperti selulase, kitinase dan glukukanase (Krechel dkk, 2002 dalam Schulz, 2006).

Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit (Tan RX dkk, 2001 dalam Radji, 2005). Menurut pandangan evolusi, bakteri endofit mula-mula berasal dari patogen tanaman yang virulensinya hilang dan berada dalam tanaman selama periode pertumbuhan tanaman tersebut atau merupakan patogen yang tidak mampu mengekspresikan gen spesifik penyebab penyakit (Hallmann, 1999).

Asosiasi endofit dengan tumbuhan inangnya, oleh Carrol (1988) dalam Worang (2003), digolongkan dalam dua kelompok, yaitu mutualisme konstitutif dan induktif. Mutualisme konstitutif merupakan asosiasi yang erat antara endofit dengan tumbuhan terutama rumput-rumputan. Pada kelompok ini endofit menginfeksi ovula (benih) inang dan penyebarannya melalui benih serta organ penyerbukan inang. Mutualisme induktif adalah asosiasi antara endofit dengan tumbuhan inang, yang penyebarannya terjadi secara bebas melalui air dan udara. Jenis ini hanya menginfeksi bagian vegetatif inang. Kolonisasi bakteri endofit pada lapisan luar sel (exodermis, sclerenchyma) dan korteks akar, terjadi secara inter dan intraseluler dalam waktu 2-3 minggu, menyebabkan bagian aerenchyma (korteks) menjadi berair dan ini merupakan tempat terbesar bagi terbentuknya

mikrokoloni. Sebagian besar kolonisasi secara interseluler menyebabkan pengambilan nutrient, terutama karbon oleh bakteri. Kadangkala bakteri endofit mampu melakukan penetrasi ke dalam akar sampai pada *Stele*, dan juga terdapat pada parenchyma dan dalam jaringan xylem (Prakamhang, 2007).

2.6.2 Mekanisme Kerja Bakteri Endofit Sebagai Antimikroba

Antimikroba alamiah merupakan suatu produk atau bahan metabolit yang dihasilkan oleh satu jenis mikroorganisme yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lainnya. Bahan metabolit yang dapat menghambat atau membunuh mikroorganisme disebut antibiotika dan cara kerjanya disebut antibiosis. Antibiotika tersebar dialam bebas, tetapi hanya beberapa yang tidak toksit dipakai dalam pengobatan dan kebanyakan diperoleh dari genus *Bacillus*, *penicillium* dan *Stepomyces*. Sebagai contoh antitobitika alami adalah pinisilin, tetrasiklin dan aritromisin (Tortoa dkk, 2001).

Volk dan Wheeler (1993), senyawa antimikroba didefinisikan sebagai senyawa biologis atau kimia yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba. Beberapa senyawa yang mempunyai aktivitas antimikroba adalah sodium benzoat, senyawa fenol, asam-asam organik, asam lemak rantai médium dan esternya, sulfur dioksida, nitrit, senyawa kolagen, dimetil karbonat dan metil askorbat.

Menurut Volk dan Wheeler (1984), berdasarkan cara memperoleh obat antimikroba ada tiga jenis golongan antimikroba yaitu antimikroba sintetik, antimikroba semisintetik dan mikroba alamiah. Antimikroba sintetik secara kimia

dibuat dilaboratorium. Obat antimikroba tersebut bisa disebut dengan istilah kemoterapeutika misalnya obat golongan sulfonamid dan golongan kuinolon.

Menurut Van Vuurde dan Recuenco (2005) dalam Firmansah (2008), bakteri endofit dapat mengolonisasi apoplas pada ruang antar sel (inter selular), terutama jaringan korteks, jaringan pembuluh, bahkan ke bagian antar sel (intraselular), sehingga dapat secara sistemik menyebar keseluruh jaringan tanaman. Bakteri endofit juga dapat menghasilkan zat antimikroba seperti antibiotik atau HCN yang berperan penting dalam mekanisme melawan patogen tanaman (Reiter dkk, 2002).

Sturz (2006), menyatakan bahwa bakteri endofit ditemukan mampu melawan invasi pitopatogen. Adapun lima mekanisme penghambatan patogen oleh bakteri yang sering disebutkan adalah:

- 1) Kompetisi sumber daya (unsur hara). Sebagai contoh *siderophore (chelator)*, dihasilkan oleh bakteri dalam jumlah yang sangat banyak, untuk bersaing memanfaatkan unsur-unsur mineral spesifik sehingga dapat menghambat phytopatogen untuk memenuhi unsur-unsur kebutuhannya pada mineral-mineral yang terbatas.
- 2) Menghasilkan antibiosis; pada mulanya diketahui bahwa bakteri mampu memproduksi metabolit antibakteri, antijamur dan antinematoda. Beberapa antibiotik telah diidentifikasi, seperti yang dihasilkan oleh *Pseudomonas sp.*, zat yang berfungsi sebagai antibiotik tersebut diantaranya adalah phloroglucinols, phenazine derivative, pyoluteorin, pyrrolnitrin, siklis lipopeptides dan sianida hydrogen, dan zat antibiotic lainnya adalah agrocin

84 (*Agrobacterium* sp.), Herbicolin A (*Erwinia* sp.), Iturin A, surfactin, dan zwittermicin A (*Bacsil* sp.) dan xanthobacin (*Stenotrophomonas* sp.).

- 3) Aktivitas enzim lytic: Beberapa jenis bakteri yang berfungsi sebagai agen pengendali terbukti benar, dan biasanya mengakibatkan degradasi dinding sel patogen atau mengakibatkan gangguan pada bagian-bagian tertentu. Sebagai contoh enzim kitinase yang diproduksi oleh *Serratia plymuthica* dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan spora dan elongasi jaringan (germ-tube) pada *Botrytis cinerea*. Sedangkan enzim β -1,3-glucanase yang disintesis dari *Paenibacillus* sp. and *Streptomyces* sp. Dapat menyebabkan lisis pada dinding sel jamur *Fusarium oxysporum* dan enzim lain yang diproduksi oleh bakteri tersebut meliputi hydrolase, laminarinase and protease.
- 4) Sistem resistensi pada tanaman: bakteri mempengaruhi gen ketahanan dengan melalui produksi jasmonate yang disandikan, peroxidase atau enzim yang terlibat dalam sintesis phytoalexins. Sampai sekarang bukti keterlibatan liposakarida, siderophores dan phloroglucinols telah banyak diketahui.
- 5) Kamouflase akar. Hal ini berarti bahwa beberapa bakteri yang bersifat resisten pada beberapa jenis penyakit meminimalkan “ketertarikan alami” pada sistem akar inang dengan meningkatkan kepadatan populasi untuk menghindari kehadiran patogen tanaman.

Siderophore merupakan suatu zat yang memiliki berat molekul rendah, yang dapat terikat erat dengan besi (Fe). Siderophore dihasilkan oleh berbagai mikroorganisme sehingga dapat menjamin bahwa mikroorganisme bersangkutan dapat memperoleh cukup Fe dari lingkungan tumbuhnya. Beberapa strain RPTT

seperti *Pseudomonas fluorescens* B10 mampu menghasilkan yellow-green florescent siderophores (disebut pseudobactin) yang dapat menghambat perkembangan jamur patogen *Erwinia caratovora* penyebab busuk pada kentang (Husen, 2006).

Siderofor diproduksi secara ekstrasel, senyawa dengan berat molekul rendah dengan affinitas yang sangat kuat terhadap besi (III). Kemampuan siderofor mengikat besi (III) merupakan pesaing terhadap mikroorganisme lain, banyak bukti-bukti yang menyatakan bahwa siderofor berperan aktif dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen (Hasanudin, 2003:5).

2.7 Bahan Antimikroba

Menurut Pelczar dan Chan (1988) bahan antimikroba/antifungi adalah suatu bahan yang dapat mengganggu pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme. Pemakaian bahan antimikroba merupakan suatu usaha untuk mengendalikan bakteri maupun jamur, yaitu segala kegiatan yang dapat menghambat, membasmi, atau menyingkirkan mikroorganisme. Dijelaskan lebih lanjut oleh Pelczar dan Chan (1988) tujuan utama pengendalian mikroorganisme adalah:

- a. Mencegah penyebaran penyakit dan infeksi
- b. Membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi.
- c. Mencegah pembusukan dan perusakan oleh mikroorganisme

2.8 Mekanisme kerja bahan antimikroba

Menurut Pelezar dan Chan (1988) cara kerja zat antimikroba dalam melakukan efeknya terhadap mikroorganisme adalah sebagai berikut :

1. Merusak dinding sel

Pada umumnya bakteri memiliki suatu lapisan luar yang kaku disebut dinding sel. Dinding sel ini berfungsi untuk mempertahankan bentuk dan menahan sel, dinding sel bakteri tersusun atas lapisan peptidoglikan yang merupakan polimer kompleks yang terdiri atas rangkaian asam N-asetil glukosamin dan asam N-asetilmuramat yang tersusun secara bergantian.

Keberadaan lapisan peptidoglikan ini menyebabkan dinding sel bersifat kaku dan kuat sehingga mampu menahan tekanan osmotik dalam sel yang kaku. Struktur dinding sel dapat dirusak dengan cara menghambat pembentukannya atau dengan mengubahnya setelah selesai dibentuk. Pada konsentrasi rendah, bahan antimikroba yang ampuh akan menghambat pembentukan ikatan glikosida sehingga pembentukan dinding sel baru terganggu. Selanjutnya dijelaskan bahwa pada konsentrasi tinggi bahan antimikroba akan menyebabkan ikatan glikosida menjadi terganggu dan pembentukan dinding sel terhenti.

2. Merubah protein dan asam nukleat

Kelangsungan hidup sel sangat tergantung pada molekul-molekul protein dan asam nukleat. Hal ini berarti bahwa gangguan apapun yang terjadi pada pembentukan atau fungsi zat-zat tersebut dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel (Pelezar dan Chan, 1988). Bahan antimikroba yang dapat mendenaturasi protein dan asam nukleat dapat merusak sel tanpa dapat diperbaiki lebih lanjut.

3. Merubah permeabilitas sel

Sitoplasma dibatasi oleh selaput yang disebut membran sel yang mempunyai permeabilitas selektif, membran ini tersusun atas fosfolipid dan protein. Membran sitoplasma berfungsi mengatur keluar masuknya bahan-bahan tertentu dalam sel. Proses pengangkutan zat-zat yang lebih diperlukan baik ke dalam maupun keluar sel kemungkinan karena di dalam membran sitoplasma terdapat enzim protein untuk mensintesis peptidoglikan komponen membran luar. Apabila fungsi membran sel terganggu oleh adanya bahan antimikroba, maka permeabilitas sel bakteri akan mengalami perubahan, sehingga akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel atau kematian sel.

4. Menghambat kerja enzim

Di dalam sel terdapat enzim protein yang membantu kelangsungan proses-proses metabolisme, banyak zat kimia telah diketahui dapat mengganggu reaksi biokimia misalnya logam berat, golongan tembaga, perak, air raksa dan senyawa logam berat lain, umumnya efektif sebagai bahan antimikroba pada konsentrasi relatif rendah. Dengan demikian kerja enzim yang terhambat akan menyebabkan proses metabolisme terganggu, sehingga aktifitas sel bakteri akan terganggu, hal ini dapat menyebabkan sel bakteri hancur dan akan mati.

5. Menghambat sintesis DNA, RNA, dan protein

DNA, RNA, dan protein memegang peranan penting dalam proses kehidupan normal sel, beberapa bahan antimikroba dalam bentuk antibiotik dapat menghambat sintesis protein. Apabila keberadaan DNA, RNA dan protein

mengalami gangguan atau hambatan pada pembentukan atau fungsi zat tersebut dapat mengakibatkan kerusakan sel sehingga proses kehidupan sel terganggu.

2.9 Pengujian Aktivitas Bahan Antimikroba

Menurut Tortora dkk, (2001) dalam Utami (2005), pengujian aktivitas bahan antimikroba secara *in vitro* dapat dilakukan melalui dua cara yaitu:

1. Metode Dilusi

Cara ini digunakan untuk menentukan KHM (kadar hambat minimum) dan KBM (kadar bunuh minimum) dari bahan antimikroba. Prinsip dari metode dilusi adalah menggunakan satu seri tabung reaksi yang diisi medium cair dan sejumlah tertentu sel mikroba yang diuji. Selanjutnya masing-masing tabung diisi dengan bahan antimikroba yang telah diencerkan secara serial, kemudian seri tabung diinkubasi pada suhu 37 °C selama 18-24 jam dan diamati terjadinya kekeruhan konsentrasi terendah bahan antimikroba pada tabung yang ditunjukkan dengan hasil biakan yang mulai tampak jernih (tidak ada pertumbuhan jamur adalah merupakan konsentrasi hambat minimum). Biakan dari semua tabung yang jernih ditumbuhkan pada medium agar padat, diinkubasi selama 24 jam, dan diamati ada tidaknya koloni jamur yang tumbuh. Konsentrasi terendah obat pada biakan pada medium padat yang ditunjukkan dengan tidak adanya pertumbuhan jamur adalah merupakan konsentrasi bunuh minimum bahan antimikroba terhadap jamur uji.

2. Metode Difusi Cakram (Uji Kirby-Bauer)

Prinsip dari metode difusi cakram adalah menempatkan kertas cakram yang sudah mengandung bahan antimikroba tertentu pada medium lempeng padat

yang telah dicampur dengan jamur yang akan diuji. Medium ini kemudian diinkubasi pada suhu 37o C selama 18-24 jam, selanjutnya diamati adanya area (zona) jernih disekitar kertas cakram. Daerah jernih yang tampak di sekeliling kertas cakram menunjukkan tidak adanya pertumbuhan mikroba. Jamur yang sensitif terhadap bahan antimikroba akan ditandai dengan adanya daerah hambatan disekitar cakram, sedangkan jamur yang resisten terlihat tetap tumbuh pada tepi kertas cakram.

