

MODUL AJAR
DASAR DASAR PERLINDUNGAN TANAMAN
(BAGIAN FITOPATOLOGI)



Oleh
Suskandini Ratih Dirmawati

JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2020

I. ARTI PENTING PENYAKIT TUMBUHAN

Sejak bibit atau benih ditanam, selama masa pertumbuhan tanaman (tanaman muda/dewasa sampai masa panen) dan pasca panen, pada saat pengangkutan dan penyimpanan hasil panen, tanaman dan produksinya selalu terancam oleh berbagai penyebab penyakit tanaman yang dapat mengakibatkan kerusakan tanaman sehingga menyebabkan berkurangnya hasil panen atau rendahnya mutu hasil-hasil petanian. Bahkan beberapa penyakit tanaman dapat membinasakan seluruh tanaman yang berakibat terjadinya kegagalan panen.

Tumbuh-tumbuhan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia. Ditinjau dari aspek biologis, tumbuh-tumbuhan merupakan sumber makanan pokok manusia dan juga sebagai sumber pakan ternak. Sampai saat ini untuk makanan pokoknya manusia masih sangat tergantung kepada hasil tumbuh-tumbuhan seperti gandum, padi, jagung, kentang, singkong bahkan tales. Selain itu manusia menggunakan hasil tumbuh-tumbuhan sebagai bahan bangunan dan perabot rumah tangga serta bahan baku obat-obatan. Ditinjau dari aspek kebutuhan ekonomis, tumbuh-tumbuhan merupakan bahan baku berbagai macam industri seperti ban kendaraan, bubur kertas (pulp) untuk pembuatan kertas, bahan-bahan kimia, triplek dan lain sebagainya. Ditinjau dari aspek kebutuhan ekologis, tumbuh-tumbuhan (hutan) berfungsi sebagai penahan banjir, penyedia/penahan air dan naungan maupun sebagai habitat berbagai jenis satwa. Demikian pula dari aspek kebutuhan psikologis, tumbuh-tumbuhan dapat memberikan kesenangan dan keindahan berupa tempat rekreasi, taman-taman bunga dan lain-lainya.

Berdasarkan uraian ini sangat jelas bahwa tumbuh-tumbuhan memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia, sehingga bila tumbuh-tumbuhan tidak dilindungi dari serangan penyebab penyakit yang serius akan menggoyahkan tatanan hidup manusia, baik aspek sosial, ekonomi, politik dan keamanan.

1.1 Gangguan Terhadap Tumbuhan

Berbagai macam gangguan dapat terjadi pada tumbuhan, gangguan tersebut dapat berupa:

- a. gangguan oleh hewan/binatang; antara lain serangga (ulat, kepik, belalang, kutu tanaman), tungau, moluska (siput/keong), burung, tikus, babi hutan, monyet dan sebagainya.
- b. gangguan oleh organisme hidup bukan hewan, yaitu jamur, bakteri, virus, mikoplasma, viroid, protozoa dan nematoda.
- c. gangguan yang disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan yang ekstrim seperti: iklim/cuaca (suhu, kelembaban, sinar matahari), tanah (sifat-sifat fisik dan kimia tanah, unsur hara dan pH tanah) polusi udara/tanah.
- d. gangguan oleh tumbuhan yang keberadaannya di suatu areal tanaman tidak dikehendaki.

Gangguan yang disebabkan oleh hewan/binatang digolongkan sebagai hama tumbuhan. Ilmu yang mempelajari tentang hama tumbuhan disebut **Ilmu Hama Tumbuhan**. Golongan hewan umumnya berukuran cukup besar dan mudah dilihat langsung dengan mata telanjang (tanpa alat bantu/bersifat makroskopis) walaupun ada juga yang baru terlihat jelas bila memakai loupe/mikroskop stereo (tungau).

Gangguan yang disebabkan oleh tumbuhan yang keberadaannya pada suatu areal tanaman tidak dikehendaki digolongkan sebagai gulma. Ilmu yang mempelajari tentang gulma disebut ilmu gulma.

Gangguan yang disebabkan oleh organisme hidup bukan hewan dan gangguan yang disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan yang ekstrim digolongkan sebagai penyakit tumbuhan. Ilmu yang mempelajari hal ihwal penyakit tumbuhan disebut **Ilmu Penyakit Tumbuhan atau Fitopatologi**. Fitopatologi berasal dari bahasa Latin yang terdiri atas phyto berarti tumbuhan, pathos berarti penyakit, dan logos berarti ilmu. Dalam bahasa Inggris ilmu penyakit tumbuhan disebut *Plant Pathology* atau *Phytopathology*. Organisasi profesi bagi ahli-ahli penyakit tumbuhan di Indonesia adalah “Perhimpunan Fitopatologi Indonesia” disingkat PFI.

Hampir sama seperti penyakit pada manusia dan hewan, penyakit pada tanaman juga memiliki tahapan-tahapan perkembangan penyakit dan bersifat kompleks. Namun demikian telah diketahui bahwa sampai saat ini penyakit-penyakit tumbuhan tidak dapat menular kepada manusia dan hewan.

Penyebab penyakit pada tumbuhan dapat berupa jamur, bakteri, virus, mikoplasma, viroid, protozoa dan nematoda serta tumbuhan tingkat tinggi parasit yang semuanya disebut patogen dan

digolongkan ke dalam agen biotik kecuali virus. Faktor-faktor lingkungan yang ekstrim sebagai penyebab penyakit pada tumbuhan digolongkan ke dalam agen abiotik (suhu, kelembaban, unsur hara, pH tanah, kekurangan oksigen dan bahan-bahan kimia beracun di dalam tanah maupun/udara).

1.2 Kerugian Akibat Penyakit Tumbuhan

Sampai saat ini, untuk menunjang kelangsungan hidupnya umat manusia masih sangat tergantung kepada tanaman/tumbuhan, terutama untuk makanan dan perumahan/bangunan serta perabotan rumah tangga. Dengan demikian bila ada gangguan terhadap tanaman/tumbuhan, misalnya gangguan dari penyakit tanaman, maka umat manusia akan langsung merasakannya, terutama bagi orang-orang atau badan yang berkecimpung langsung dengan tanaman/tumbuhan, misalnya petani, perusahaan pertanian/perkebunan, pedagang sarana produksi pertanian, pedagang/eksportir hasil-hasil pertanian, usaha transportasi dan lain-lain. Oleh sebab itu penyakit tanaman/tumbuhan memiliki arti penting bagi umat manusia .

Penyakit tumbuhan dapat mengakibatkan kerusakan pada tanaman maupun hasilnya, sehingga akan mengurangi produksinya. Berkurangnya produksi tanaman berarti terjadi kehilangan hasil. Kehilangan hasil, dapat ringan, sedang sampai berat, bahkan tanaman sama sekali tidak dapat memberikan hasil. Selain itu penyakit tumbuhan dapat pula menurunkan mutu produksi tanaman seperti berkurangnya nilai gizi, rasa/aroma dan penampakannya bahkan bahan makanan yang terkontaminasi oleh racun yang dihasilkan oleh penyebab penyakit tanaman tertentu dapat pula menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia yang memakan tanaman yang sakit.

Akibat serangan penyakit pada tumbuhan yang menghasilkan bahan pangan dapat menyebabkan manusia mengalami kelaparan bahkan mati karena kelaparan. Contoh: penyakit kentang yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora infestans* yang berjangkit di Irlandia pada tahun 1845-1860 telah menghancurkan hampir semua pertanaman kentang yang merupakan makanan pokok di negara tersebut, sehingga sekitar satu juta penduduknya mati kelaparan. Hal ini pula yang menyebabkan migrasi penduduk Irlandia secara besar-besaran ke Amerika Serikat (lebih kurang satu juta orang).

Di Bengali (Benggala), India yang sekarang telah berubah menjadi negara Bangladesh pada tahun 1943 penyakit padi yang disebabkan oleh jamur *Helminthosporium oryzae* menyerang dan

menghancurkan semua varietas padi yang ditanam sehingga menyebabkan lebih kurang dua juta penduduk mati kelaparan.

Penyakit tumbuhan dapat pula menyebabkan ditariknya suatu klon atau varietas yang sudah lama digunakan dan diganti dengan klon atau varietas lain, tetapi harga jualnya murah. Di samping itu penyakit tumbuhan dapat juga memaksa manusia mengganti jenis tanamannya dengan jenis tanaman yang lain. Contoh: Selama 1 ¾ abad jenis kopi Arabika merupakan satu-satunya klon tanaman kopi komersil yang ditanam di seluruh Indonesia karena mutu biji dan aromanya sangat baik sehingga memberikan keuntungan yang besar bagi pemerintah kolonial Belanda. Kemudian kopi Arabika ini mengalami kemunduran hasil akibat serangan jamur *Hemileia vastatrix* penyebab penyakit karat daun yang masuk ke Indonesia pada tahun 1876. Produksi kopi selama tahun 1885-1890 merosot sampai 50 %, dan tahun-tahun berikutnya merosot sampai 25 %. Kemerosotan ini terjadi karena kopi Arabika yang ditanam di daerah dataran rendah sangat peka terhadap penyakit ini. Karena kerusakan berat akibat serangan jamur *Hemileia vastatrix*, pemerintah kolonial Belanda mengganti klon Arabika dengan klon Robusta yang tahan terhadap penyakit karat daun kopi. Oleh karena itu, kopi klon Robusta ini tetap kita tanam sampai sekarang, walau harga jualnya lebih rendah dibandingkan dengan kopi Arabika.

Penyakit karat daun ini pula yang menyebabkan pertanaman kopi di Sri Lanka dirubah menjadi perkebunan teh, sehingga orang-orang Inggris yang menjajah Sri Lanka pada saat itu yang sebelumnya adalah penggemar minuman kopi berubah menjadi penggemar minuman teh. Di Filipina, akibat gangguan penyakit karat daun ini memaksa merubah perkebunan kopi menjadi perkebunan kelapa. Pada permulaan abad 19, pertanaman tebu di Indonesia hampir hancur oleh penyakit Sereh yang disebabkan oleh virus Nanus sacchari. Namun pada tahun 1930 penyakit sudah dapat diatasi dengan varietas tebu hasil silangan tebu biasa dengan Glagah (*Sacharum spontanium*).

Tahun 1950 di Indonesia ditemukan adanya penyakit CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration) pada tanaman jeruk yang disebabkan oleh mikoplasma. Penyakit ini memperkecil ukuran buah dan jumlah buah. Penyakit ini berkembang terus sampai sekarang, sehingga hampir melumpuhkan semua pertanaman jeruk di Indonesia.

Pada dekade 1970-an, tanaman-tanaman padi kita hampir lumpuh karena serangan virus tungro. Pada tahun 1980-an penyakit ini bisa diatasi tetapi di tahun 1995 penyakit ini sudah mulai lagi menyerang tanaman padi di pantai utara pulau Jawa.

Pada tahun 1974 penyakit cacar daun cengkeh (CDC) pertama kali ditemukan di daerah Lampung. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Phyllosticta*. Penyakit CDC ini banyak sekali mematikan tanaman cengkeh di Lampung. Tahun 1983 penyakit CDC sudah tersebar di 11 propinsi

lainnya, yaitu Aceh, Sumut, Sumbar, Jambi, Bengkulu, Sumsel, Jabar, Jateng, DIY, Kalsel dan Sulsel. Tahun 1983 penyakit VSD (Vascular Streak Dieback) yang disebabkan oleh cendawan *Oncobasidium theobromae* pertama kali menyerang tanaman coklat di pulau Sebatik (Kaltim) dekat perbatasan dengan Sabah. Sekarang penyakit ini telah pula menyerang tanaman coklat di Maluku, Sulawesi Tenggara, Jabar dan Jatim. Padahal tanaman coklat ini direncanakan akan menjadi salah satu tanaman yang dapat mendatangkan devisa bagi negara kita.

Beberapa penyakit tumbuhan dapat pula menyebabkan manusia dan hewan mengalami keracunan atau sakit akibat memakan hasil tanaman yang terkontaminasi dengan racun yang dihasilkan oleh patogen penyebab penyakit tumbuhan. Contoh: tanaman Rye (gandum hitam) yang diserang jamur *Claviceps purpurea* dapat menyebabkan ergot (racun) bagi yang mengkonsumsinya. Di beberapa negara telah ada undang-undang yang mengatur berapa jumlah ergot yang dibolehkan terdapat pada produk yang akan dikonsumsi. Demikian pula pada tanaman rye yang diserang oleh *Fusarium* spp. dapat menyebabkan penyakit di beberapa negara Eropa bila mereka mengonsumsi roti yang dibuat dari gandum hitam yang terserang *Fusarium* spp.

Tanaman barley (juga sejenis gandum) yang diserang oleh *Gibberella zeae* dapat menyebabkan penyakit pada babi yang mengonsumsi barley tersebut. Kopra yang prosesingnya kurang/tidak sempurna dapat diserang oleh jamur *Aspergillus flavus* yang dapat menghasilkan racun aflatoxin yang berbahaya bagi manusia. Bahkan beras yang prosesingnya kurang/tidak sempurna dapat diserang oleh jamur *Penicillium* sp yang dapat menghasilkan racun citrinin, citreoviridin dan islatoksins yang berbahaya bagi manusia.

Bidang-bidang yang menjadi kajian ilmu penyakit tumbuhan meliputi hal-hal berikut.

- a. Faktor-faktor mikroorganisme dan lingkungan ekstrim yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan.
- b. Mekanisme bagaimana faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan penyakit pada tumbuhan.
- c. Metode pencegahan dan pengendalian penyakit guna mengurangi kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit tumbuhan.

Ada tiga komponen dalam penyakit tumbuhan, yaitu tumbuhan inang, penyebab penyakit (patogen) dan kondisi lingkungan. Untuk mendalami ketiga komponen ini diperlukan pengetahuan dari disiplin ilmu-ilmu lainnya. Ilmu-ilmu seperti botani, taksonomi, morfologi, anatomi, fisiologi tumbuhan berikut bidang agronominya (bercokok tanam), genetika dan pemuliaan tanaman sangat diperlukan untuk mempelajari tumbuh-tumbuhan.

Demikian pula untuk penyebab penyakit (patogen) yang disebabkan oleh mikroorganisme, kita mutlak perlu mengetahui dan mendalami ilmu-ilmu mikologi, bakteriologi, virologi, nematologi dan ilmu-ilmu lainnya yang berkaitan dengan mikrobiologi dan genetiknya sedangkan untuk faktor lingkungan diperlukan pula mempelajari ilmu iklim dan ilmu-ilmu tanah. Selain ilmu-ilmu tersebut masih pula diperlukan ilmu-ilmu dasar lainnya seperti kimia, fisika, matematika, biokimia dan bioteknologi. Kaitan antara ilmu penyakit tumbuhan dengan ilmu-ilmu lain tersebut sangat erat sebab bila ilmu-ilmu lain tersebut bertambah maju, akan semakin maju pula ilmu penyakit tumbuhan.

Sebagai sains ilmu penyakit tumbuhan berusaha untuk meningkatkan pengetahuan kita tentang penyakit-penyakit tanaman. Pada saat yang bersamaan ilmu penyakit tumbuhan berusaha mengembangkan metoda-metoda pengendalian, peralatan dan bahan-bahan untuk pencegahan dan pengendalian penyakit tanaman sehingga kita dapat menyelamatkan tanaman serta hasilnya dan bermanfaat bagi umat manusia.

1.3 Latihan Pertanyaan

1. Gangguan pada tumbuhan yang disebabkan oleh organisme bukan hewan dan faktor lingkungan dimasukkan ke dalam golongan apa ?
2. Sebutkan agen-agen biotik yang dapat menimbulkan penyakit pada tanaman !
3. Sebutkan faktor-faktor yang menjadi bidang kajian ilmu penyakit tumbuhan !
4. Sebutkan kerugian-kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit tumbuhan !

II. KONSEP PENYAKIT TUMBUHAN

2.1 Tumbuhan Sakit dan Definisi Penyakit Tumbuhan

Suatu tumbuhan dikatakan sehat atau normal jika tumbuhan tersebut dapat tumbuh dan melaksanakan seluruh fungsi-fungsi fisiologisnya dengan baik dan normal, sesuai dengan potensi genetiknya. Fungsi-fungsi fisiologis tersebut antara lain meliputi:

- a. Pembelahan sel;
- b. Diferensiasi sel serta perkembangannya;
- c. Absorpsi air dan unsur hara dari dalam tanah dan translokasi bahan-bahan tersebut ke seluruh bagian tumbuhan;
- d. Fotosintesis dan translokasi hasil-hasil fotosintesis ke bagian-bagian tumbuhan yang membutuhkan atau disimpan pada bagian-bagian penyimpanan;
- e. Metabolisme senyawa-senyawa hasil sintesa;
- f. Reproduksi.

Kalau kemampuan sel-sel tumbuhan untuk melakukan fungsi-fungsi fisiologisnya diganggu oleh patogen atau faktor lingkungan tertentu, maka salah satu atau beberapa dari fungsi fisiologisnya tidak dapat terlaksana sebagaimana mestinya sehingga terjadi penyimpangan dari keadaan normal yaitu terjadi penyimpangan proses fisiologi tumbuhan. Dalam keadaan demikian tumbuhan tersebut dikatakan sakit. Penyebab utama penyakit tanaman adalah organisme hidup yang bersifat patogenik. Selain itu, faktor-faktor lingkungan fisik yang ekstrim dapat pula bertindak sebagai penyebab penyakit tumbuhan.

Mekanisme terjadinya penyakit pada tanaman sangat berbeda, tergantung dari penyebab penyakitnya dan kadang-kadang tergantung pula pada tumbuhan inangnya. Reaksi pertama tanaman terhadap penyebab penyakit terjadi pada tempat penyerangan patogen dan reaksi itu bersifat kemis dan tidak terlihat. Setelah itu reaksinya segera meluas dan terjadi perubahan-perubahan histologis di dalam tanaman sehingga hasil reaksi tersebut dapat terlihat secara makroskopis (dapat dilihat dengan mata telanjang tanpa alat bantu). Sel-sel dan jaringan tanaman yang diserang patogen akan menyebabkan sel-sel dan jaringan tersebut mengalami kerusakan atau lemah, sehingga tanaman tidak dapat melaksanakan seluruh fungsi-fungsi fisiologisnya secara normal dan pertumbuhan tanaman terganggu.

Macamnya sel dan jaringan yang diserang patogen akan menentukan pula macam fungsi fisiologis yang terganggu. Infeksi pada akar akan menyebabkan busuk akar sehingga mengganggu absorpsi air dan unsur hara dari dalam tanah. Infeksi pada pembuluh xylem, akan mengganggu translokasi air dan unsur hara ke bagian-bagian atas tanaman (misalnya pada penyakit layu pembuluh dan kanker). Infeksi pada daun berupa bercak, hawar, mosaik, karat dan sebagainya akan mengganggu proses fotosintesis. Infeksi pada pembuluh floem akan mengganggu translokasi hasil-hasil fotosintesis ke bagian-bagian tanaman yang memerlukan. Infeksi pada bunga dan buah akan mengganggu reproduksi.

Ada juga kelompok patogen yang menyerang sel-sel tanaman dengan cara merangsang sel-sel tanaman untuk membelah diri lebih cepat dari keadaan normal (hyperplasia) atau sel-selnya mengalami pembesaran yang luar biasa (hypertrophy). Pembelahan sel yang lebih cepat atau pembesaran sel yang luar biasa ini akan menyebabkan lebih banyak bahan makanan yang dialirkan ke tempat terjadinya pembesaran atau percepatan pembelahan sel sehingga sel-sel atau jaringan lain yang masih normal mengalami kekurangan bahan. Percepatan pembelahan sel maupun pembesaran sel yang luar biasa juga akan mengakibatkan rusaknya jaringan sel yang berada di sebelahnya sehingga fungsi fisiologis tanaman terganggu.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, penyakit tanaman dapat didefinisikan sebagai berikut: “penyakit tanaman merupakan kegagalan sel atau jaringan tanaman inang untuk melaksanakan fungsi-fungsi fisiologisnya akibat gangguan terus menerus oleh penyebab penyakit dan menimbulkan gejala”

Dengan demikian penyakit tanaman adalah merupakan suatu kondisi yang meliputi perubahan bentuk yang abnormal, perubahan fisiologis, perubahan keutuhan atau perilaku tanaman. Perubahan-perubahan seperti ini dapat mengakibatkan kerusakan sebagian atau bahkan kematian tanaman atau bagian-bagian dari tanaman. Sebagai hasil akhir akibat penyakit tanaman adalah berkurangnya produksi (produksi rendah), rendahnya mutu produksi bahkan tanaman sama sekali tidak dapat memberikan hasil.

Mikroorganisme patogenik yang umumnya dikenal sebagai patogen menyebabkan penyakit pada tanaman dengan cara:

1. Mengabsorpsi bahan makanan dari sel-sel tanaman inang secara terus-menerus untuk digunakan sendiri oleh patogen.
2. Mematikan atau mengganggu metabolisme tumbuhan inang melalui toksin, enzim atau zat-zat pengatur tumbuh yang dihasilkan oleh patogen.

3. Menghambat pengaliran bahan makanan, unsur-unsur mineral dan air di dalam jaringan pembuluh tanaman dengan cara patogen tumbuh dan memperbanyak diri di dalam pembuluh xylem dan/atau phloem.

Faktor-faktor lingkungan yang ekstrim seperti suhu, kelembaban, unsur hara, kemasaman tanah, sifat-sifat fisik tanah dan polusi dapat juga menyebabkan penyakit pada tanaman.

2.2 Klasifikasi Penyakit Tumbuhan

Ribuan macam penyakit telah ditemukan pada berbagai macam tanaman yang dibudidayakan. Menurut Lucas et al. (1985) dewasa ini telah diketahui paling tidak 50.000 macam penyakit pada tanaman yang memiliki nilai ekonomi dan hampir setiap tahun ditemukan pula penyakit-penyakit baru. .

Rata-rata setiap macam tanaman dapat menderita sekitar seratus macam penyakit. Setiap macam patogen dapat menyerang satu atau lebih varietas dan bahkan dapat menyerang ratusan species tanaman. Untuk lebih memudahkan dalam mempelajari penyakit tanaman, maka macam-macam penyakit itu perlu dikelompokkan/diklasifikasikan dalam beberapa cara yang tertib dan teratur. Pengklasifikasian ini penting pula bagi kita dalam mengidentifikasi penyakit sehingga akan lebih memudahkan dalam pengendalian penyakit yang bersangkutan. Beberapa kriteria dapat digunakan dalam pengklasifikasian penyakit tanaman.

Klasifikasi penyakit tanaman dapat didasarkan kepada kriteria berikut:

1. Gejala yang ditimbulkan akibat penyakit; misalnya busuk akar, layu, bercak, hawar, kudis, karat, gosong, kuning, mosaik dan kanker.
2. Organ tanaman yang diserang patogen; misalnya penyakit akar, penyakit batang, penyakit daun dan penyakit buah.
3. Jenis tanaman yang diserang; misalnya penyakit tanaman perkebunan, penyakit tanaman pangan, penyakit tanaman sayuran, penyakit tanaman buah-buahan, penyakit tanaman hutan dan penyakit tanaman bunga- bunga.
4. Macam penyebab penyakit; yaitu mikroorganisme patogenik dan/atau faktor-faktor lingkungan yang ekstrim.

Klasifikasi yang sangat bermanfaat adalah klasifikasi yang didasarkan pada macamnya penyebab penyakit (klasifikasi No.4). Keuntungan dengan klasifikasi berdasarkan macamnya penyebab penyakit adalah langsung kepada penyebabnya sehingga dapat diketahui sifat-sifatnya, pertumbuhan dan perkembangannya serta penyebarannya dan juga cara-cara pengendaliannya.

Berdasarkan klasifikasi macamnya penyebab penyakit, penyakit tanaman dapat dikelompokkan ke dalam:

- a. Penyakit menular (biotik); yaitu penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri, mikoplasma, virus, viroid, nematoda, protozoa dan tumbuhan tingkat tinggi parasit
- b. Penyakit tidak menular (abiotik); yaitu penyakit yang disebabkan oleh keadaan lingkungan yang ekstrim (suhu, kelembaban tanah, cahaya, oksigen, unsur hara, keasaman tanah, pestisida, cara bercocok tanam dan polusi udara)

2.3 Simptomatologi

Simptomatologi adalah ilmu yang mempelajari tentang gejala (symptom) penyakit. Pada umumnya tumbuhan yang sakit akan menunjukkan gejala yang khas dan dengan mudah gejala tersebut dapat dilihat dengan mata tanpa alat bantu. Yang dimaksud dengan gejala penyakit yaitu kelainan atau penyimpangan dari keadaan normal yang ditunjukkan oleh tanaman sebagai akibat dari adanya gangguan penyebab penyakit. Bagi seseorang yang sudah berpengalaman, dengan hanya melihat gejala sudah dapat dengan cepat menentukan penyebab penyakitnya, apakah disebabkan oleh mikroorganisme patogenik, virus ataukah oleh penyebab penyakit abiotik sehingga akan lebih memudahkan dalam mengambil langkah-langkah yang tepat untuk melakukan usaha-usaha pengendalian penyakit.

Kadang-kadang terdapat gejala yang sama pada dua tumbuhan yang berbeda bahkan terjadi gejala yang saling menutupi pada tumbuhan inang yang sama sehingga akan sulit menentukan penyebab penyakitnya. Dengan demikian, seringkali tidak cukup hanya memperhatikan gejala saja dalam mendiagnosis penyakit secara cepat dan tepat. Untuk itu perlu juga memperhatikan tanda penyakit. Yang dimaksud dengan tanda penyakit adalah semua struktur patogen yang terdapat pada permukaan tanaman yang dapat dilihat secara makroskopis, misalnya tubuh buah jamur seperti miselia, kumpulan konidiofor, kumpulan konidia/spora dan lendir bakteri.

Gejala Penyakit

Gejala penyakit dapat bermacam-macam dan sering memberikan suatu petunjuk yang khas untuk suatu penyakit tertentu. Itulah sebabnya mengapa banyak nama umum penyakit diberi

nama sesuai dengan gejala yang ditunjukkannya; misalnya penyakit karat, penyakit kudis, penyakit layu, penyakit gosong, penyakit mosaik, penyakit kanker dan lain sebagainya.

Berdasarkan sifatnya, gejala penyakit dibagi dalam dua golongan sebagai berikut:

1. Gejala lokal, yaitu gejala penyakit hanya terbatas pada bagian-bagian tertentu dari tanaman, misalnya hanya terdapat pada daun, bunga, buah, ranting, cabang, batang dan akar.
2. Gejala sistemik, yaitu gejala penyakit yang terdapat di seluruh bagian tanaman; misalnya gejala layu atau gejala yang disebabkan oleh virus-virus tertentu (kerdil). Hal ini terjadi karena virusnya tersebar di seluruh bagian tanaman.

Berdasarkan bentuknya, gejala penyakit dapat digolongkan menjadi tiga bentuk sebagai berikut:

1. Gejala nekrosa, yaitu gejala sebagai akibat kematian sel-sel/jaringan tanaman.

Gejala nekrosa, didahului dengan kerusakan protoplasma, lalu diikuti dengan kematian sel-sel/jaringan tersebut sehingga dapat menimbulkan bercak, noda atau bintik-bintik pada bagian-bagian yang mati tersebut. Gejala yang terlihat sebelum terjadinya kerusakan protoplasma disebut plesionekrosa (hampir mati). Gejala plesionekrosa dapat berupa kekuning-kuningan (klorosis) karena rusaknya kloroplas, layu karena hilangnya turgor pada tanaman dan hidrosa yaitu pada bagian yang sakit nampak kebasah-basahan sebagai akibat kerusakan dan menjelang kematian sel tanaman. Gejala yang terjadi pada saat dan sesudah kematian protoplasma disebut holonekrosa, dan umumnya berwarna coklat. Gejala holonekrosa dapat terjadi pada setiap bagian tanaman yang terserang, misalnya pada bagian-bagian penyimpanan (seperti pembusukan pada buah, biji dan umbi), jaringan tanaman yang hijau (bercak pada daun, batang dan buah) dan bagian-bagian kayu (kanker dan mati ujung/mati pucuk).

2. Gejala heperplasia, yaitu terjadinya pertumbuhan yang luar biasa dari tanaman.

Biasanya bagian tanaman yang diserang berukuran lebih besar dari keadaan normal, atau warna yang sangat berlainan dari biasanya, atau pembentukan bagian-bagian tanaman dengan tidak menyerupai bentuk aslinya atau tidak sesuai dengan umurnya..

3. Gejala hopoplasia, yaitu gejala pengurangan dari ukuran yang normal karena terjadi penghambatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga tanaman menjadi kerdil atau terjadi penghambatan pembentukan warna sehingga tanaman tidak membentuk klorofil.

Contoh-contoh gejala nekrosa

- a. Bercak daun, yaitu lesio setempat pada daun-daun terdiri dari sel-sel yang rusak dan mati, sehingga warnanya berbeda dengan sekitarnya, umumnya berwarna coklat atau hitam yang lama kelamaan dapat berubah menjadi abu-abu keputihan. Bentuk bercak bermacam-macam, dapat berupa bintik, bulat, lonjong, garis, bilur (stripe) dan bentuk lainnya. Pada penyakit-penyakit tertentu, pada bercak daun terdapat lingkaran-lingkaran sepusat (konsentris) yang berselang-seling dengan warna terang dan gelap. Bercak demikian disebut bercak papan sasaran (target board spot).
- b. Hawar, yaitu terjadi nekrosis dan mengalami perubahan ke warna coklat dan kering yang sangat cepat/berlebihan pada daun-daun, tunas, dahan, ranting, bunga dan organ-organ lain, sehingga menyebabkan kematian pada bagian-bagian tersebut.
- c. Kanker, yaitu luka setempat atau lesio nekrotik pada kulit batang, cabang, dahan atau akar yang menyebabkan kematian pada kulit tersebut, mengering dan cekung serta dikelilingi oleh jaringan kalus. Kanker umumnya terjadi pada tumbuhan berkayu.
- d. Mati ujung /pucuk (dieback), yaitu nekrosis yang terjadi secara intensif pada ranting-ranting dan cabang-cabang yang dimulai pada ujung-ujungnya dan berkembang menuju ke pangkal-pangkalnya.
- e. Busuk akar, yaitu terjadinya disintegrasi atau busuknya bagian-bagian atau seluruh sistem perakaran.
- f. Rebah kecambah (damping-off), yaitu kehancuran dan kematian yang sangat cepat pada kecambah yang sangat muda pada persemaian atau di lapangan akibat serangan berbagai macam jamur, terutama jamur tular tanah (soil borne) seperti *Pythium*, *Sclerotium*, *Rhizoctonia* dan *Phytophthora* pada kelembaban tanah yang sangat tinggi sehingga pangkal kecambah menjadi busuk dan rebah. Bila kecambah belum muncul ke permukaan tanah mengalami kebusukan, disebut penyakit kecambah pratumuh, sedangkan bila kecambah mengalami kebusukan setelah muncul di permukaan tanah disebut penyakit kecambah pasca tumbuh.

- g. Busuk pangkal batang, yaitu terjadinya disintegrasikan/busuk pada bagian bawah (pangkal) batang.
- h. Busuk lunak dan busuk kering, yaitu terjadinya disintegrasikan/busuk pada buah, akar, umbi-umbian, akar umbi dan daun-daun yang lunak (daging buah)

Contoh-contoh gejala hiperplasia

- a. Akar ganda. Terjadinya pembesaran pada bagian-bagian tertentu dari akar akibat serangan patogen, sehingga nampak seperti gelendong atau gada. Hal ini terjadi sebagai reaksi tanaman dengan jalan melakukan pembelahan dan pembesaran sel secara cepat sehingga terbentuk bintil-bintil yang lama kelamaan bintil-bintil ini menyatu dan terjadi pembengkakan yang mirip dengan gada (penyakit akar gada pada kubis yang disebabkan jamur *Plasmodiophora brassicae* wor).
- b. Kelenjar (galls), merupakan pembengkakan pada tempat-tempat tertentu seperti bisul atau bintil akibat ketidak-teraturan sekumpulan sel yang membelah dengan cepat karena adanya serangan dari patogen. Bisul/bintik ada yang besar dan ada pula yang kecil (kelenjar mahkota/crown gall pada tanaman bunga matahari yang terserang *Agrobacterium tumefaciens*).
- c. Sapu setan (witches' broom). Gejala ini terjadi karena timbulnya banyak tunas tidur pada ketiak daun sehingga terdapat banyak ranting dan rapat serta diikuti pula dengan kurang berkembangnya ruas pada batang, cabang, ranting dan daun-daun (tanaman kacang tanah dan kacang panjang).
- d. Kutil (warts). Terbentuk kutil yang menonjol (jendul) pada akar-akar umbi dan batang.

Contoh-contoh gejala hipoplasia.

- a. Kerdil. Bagian-bagian tanaman tidak bisa membesar seperti dalam keadaan normal atau ukurannya lebih kecil dari keadaan normal, karena pertumbuhannya terhambat.
- b. Katai (kate). Ukuran seluruh tanaman mengecil, tanpa terjadinya perubahan proporsi dari bagian-bagian tumbuhan, sebagai akibat terhambatnya pertumbuhan.
- c. Klorosis. Tidak terbentuk klorofil atau kurang berkembangnya klorofil, sehingga tumbuhan/daun berwarna kuning atau mosaik yang terdiri atas warna campuran hijau, hijau muda atau kuning. Bila terjadi klorosis pada daging daun (jaringan diantara tulang-tulang daun) sedangkan jaringan di sekitar tulang-tulang daun (vein) nampak seperti jalur-jalur (bands) berwarna hijau tua disebut "vein banding" (umumnya penyakit

karena virus). Bila klorosis terjadi pada sepanjang tulang daun sedangkan daging daun tampak berwarna hijau tua, disebut vein clearing (umumnya penyakit karena virus).

Tanda Penyakit

Pada kebanyakan penyakit, patogen tumbuh dan menghasilkan berbagai macam struktur pada permukaan tanaman inang yang dapat terlihat dengan mata tanpa alat bantu. Struktur tersebut meliputi kumpulan miselia, sklerotia, kumpulan tangkai spora, kumpulan spora dan tubuh buah. Tanda juga sangat membantu dalam mendiagnosis suatu penyakit secara cepat di lapangan.

1. Miselium

Jamur sklerotium membentuk miselia seperti bulu atau kapas putih pada permukaan badan tumbuhan atau tanah sekitar tumbuhan yang terinfeksi jamur tersebut (pada akar dan pangkal batang kacang tanah dan kacang-kacangan yang terserang *Sclerotium rolfsi*). Sering pula miselia dapat berupa anyaman yang terdapat pada permukaan daun dan akar.

2. Sklerotia

Sklerotia merupakan gumpalan massa hifa jamur disertai penebalan sel-selnya yang menempel pada batang atau terdapat pada permukaan tanah atau terapung di permukaan air di sekitar tumbuhan yang terinfeksi (sklerotia pada batang padi yang terserang oleh *Rhizoctonia solani*).

3. Tubuh Buah

Banyak pula pada serangan lanjut, jamur membentuk tubuh buah (basidiokarp) pada akar dan pangkal batang tumbuhan berkayu. Basidiokarp berbentuk seperti kipas tebal dan memiliki banyak pori (jamur *Ganoderma* dan *Rigidoporus* pada pangkal batang tanaman karet).

4. Spora dan Tangkai Spora

Pada penyakit karat dan tepung, yang terlihat sebagai karat atau tepung sebenarnya adalah kumpulan spora dan miselia (penyakit karat pada daun jagung yang terserang jamur *Puccinia polysora* dan penyakit embun tepung (bulai) pada jagung yang terserang *Peronosclerospora maydis*).

5. Lendir Bakteri

Penyakit-penyakit pembuluh yang disebabkan oleh golongan bakteri, jika batangnya dipotong melintang akan mengeluarkan lendir bakteri (ooze) berwarna seperti susu kental (misalnya pada pisang yang terserang bakteri *Ralstonia solanacearum*).

2.4 Diagnosis Penyakit Tumbuhan

Diagnosis adalah ilmu untuk mengenal penyakit. Diagnosis penyakit tanaman sangat penting dalam menentukan macamnya penyakit yang diderita oleh suatu tanaman. Dalam mendiagnosis suatu penyakit tanaman, pertama-tama perlu menentukan apakah penyakit tersebut disebabkan oleh patogen (biotik) atau disebabkan oleh faktor lingkungan yang ekstrim (abiotik). Dasar-dasar yang umum digunakan dalam mendiagnosis penyakit tanaman adalah gejala dan tanda penyakit. Dalam beberapa hal, gejala yang khas dari suatu penyakit yang nampak adalah sangat mudah bagi orang yang sudah berpengalaman. Namun bila diagnosis berdasarkan gejala tidak berhasil, tanda-tanda penyakit yang nampak pada tanaman sakit atau setelah diperiksa di bawah mikroskop juga sangat membantu dalam mendiagnosis penyakit tanaman.

Dengan membandingkan gejala tanaman sakit yang sedang kita periksa dengan gejala penyakit tanaman yang sejenis dan sudah dikenal sebelumnya atau yang telah dimuat di dalam buku-buku identifikasi penyakit tanaman, sering dapat membantu dalam menentukan kemungkinan-kemungkinan penyebab penyakitnya di lapangan, bahkan dapat langsung menentukan penyebab penyakit dan cara pengendaliannya. Buku-buku identifikasi penyakit tanaman adalah buku-buku yang khusus menerangkan secara rinci dan lengkap serta dilengkapi dengan gambar-gambar tentang gejala dan tanda dari masing-masing penyakit pada setiap tanaman, penyebab penyakit, penyebaran penyakit, faktor-faktor yang mendukung perkembangan penyakit dan cara-cara pengendaliannya.

Buku identifikasi penyakit tanaman dapat berupa buku indeks tanaman inang, buku daftar penyakit tanaman dan buku seri kompendium penyakit tanaman. Namun demikian, dalam banyak hal, suatu pengamatan yang cermat terhadap gejala, tanda dan suatu penyelidikan terhadap karakteristik di luar gejala-gejala yang nyata perlu dilakukan guna mendapatkan hasil diagnosis yang benar.

A. Diagnosis Penyakit Menular

Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh patogen (jamur, bakteri, protozoa, nematoda virus dan mikoplasma) dicirikan oleh kehadiran/keberadaan suatu patogen pada permukaan

atau di dalam tanaman. Keberadaan suatu patogen dalam keadaan aktif pada tanaman menunjukkan kemungkinan bahwa patogen tersebut adalah penyebabnya. Bila patogen tidak ditemukan di atas permukaan tanaman yang sakit, patogennya perlu dicari di bagian dalam dari tanaman yang sakit. Patogen-patogen demikian bisanya terdapat pada pinggiran dari jaringan-jaringan yang rusak karena penyakit, pada jaringan-jaringan pembuluh atau pada perakaran (misalnya: pada penyakit-penyakit layu). Untuk identifikasi patogen diperlukan pemeriksaan secara mikroskopis, yaitu menggunakan mikroskop.

Untuk beberapa patogen, media tumbuh berupa makanan khusus seperti Potato Dextrose Agar (PDA), Oat Meal Agar dan lain-lain dapat dijadikan tempat isolasi untuk menumbuhkan serta berkembang biaknya patogen tersebut. Kadang-kadang bagi patogen tertentu yang berada pada media tumbuh tersebut perlu diinkubasi pada suhu tertentu, aerasi ataupun pencahayaan supaya patogen tersebut dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik.

Selanjutnya patogen hasil pertumbuhan di dalam media tumbuh tersebut diperiksa secara mikroskopis. Kebanyakan patogen dari jenis jamur, untuk pembentukan spora dan struktur pembuahannya pada tanaman sakit cukup dilakukan dengan jalan menempatkan bagian atau jaringan yang sakit dari tanaman tersebut pada kotak kaca/plastik (moist chamber) atau petri dish yang di dalamnya diisi dengan kertas saring yang dibasahi dengan aquadestilata yang steril selama beberapa jam atau beberapa hari, dengan maksud menambah kelembaban udara di dalam kotak atau petri dish tersebut. Kemudian bila spora atau struktur-struktur pembuahannya muncul, dapat kita periksa di bawah mikroskop cahaya.

B. Postulat Koch

Sering terjadi, pada suatu tanaman sakit kita menemukan beberapa macam patogen pada bagian yang sakit. Untuk mengadakan diagnosis yang lebih teliti, guna menentukan penyebab utamanya, maka haruslah dilakukan pengujian-pengujian berdasarkan langkah-langkah postulat Koch sebagai berikut:

1. Patogen harus didapatkan selalu berasosiasi dengan tanaman yang sakit.
2. Patogen dari tanaman sakit tersebut harus dapat diisolasi dan ditumbuhkan pada biakan murni.

3. Patogen yang telah berhasil ditumbuhkan dan dibiakkan pada biakan murni tersebut harus dapat direinokulasikan pada tanaman sejenis yang sehat (species, varietas atau klon yang sama). Gejala penyakit yang timbul pada tanaman yang direinokulasi tersebut harus sama dengan gejala penyakit pada tanaman sakit yang sudah diperiksa sebelumnya (tanaman sakit pada langkah 1).
4. Patogen pada tanaman sakit sebagai akibat reinokulasi tersebut (langkah 3) harus dapat direisolasi dan dapat ditumbuhkan kembali pada biakan murni. Patogen hasil pertumbuhan pada biakan murni ini harus memiliki karakteristik yang tepat sama dengan patogen yang diperiksa pada langkah 2.

Kalau keempat langkah Postulat Koch ini sudah dikerjakan dan ternyata benar, berarti dapat disimpulkan bahwa patogen tersebut betul-betul merupakan penyebab utama penyakitnya. Namun demikian, Postulat Koch ini tidak selalu mudah untuk dikerjakan, terutama bagi patogen yang bersifat parasit obligat yaitu parasit yang hanya dapat tumbuh dan berkembang biak di dalam tanaman hidup. Walaupun demikian prinsip-prinsip postulat Koch ini tetap bisa dilaksanakan bagi parasit-parasit obligat dengan diadakan modifikasi misalnya patogen dari tanaman sakit langsung diinokulasikan pada tanaman sejenis yang sehat, kemudian dilihat apakah gejalanya sama dan karakteristik patogennya juga sama.

C. Diagnonis Penyakit Yang Tidak Menular

Bila tidak ada patogen yang ditemukan dengan cara-cara pemeriksaan penyakit menular pada tanaman yang sakit, maka harus dianggap bahwa penyebab penyakit tersebut disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan yang ekstrim. Beberapa faktor lingkungan dapat menimbulkan gejala yang khas pada tanaman sakit akibat faktor lingkungan yang ekstrim, sehingga dapat menolong dalam menentukan macam faktor lingkungan yang menyebabkan penyakit pada tanaman. Cara pemeriksaannya dapat dilakukan dengan jalan meniru faktor-faktor lingkungan yang diperkirakan sebagai penyebab utamanya.

2.5 Latihan Pertanyaan

1. Bilakah suatu tanaman dikatakan sakit ?
2. Sebutkan definisi penyakit tumbuhan !
3. Dengan cara apa saja mikroorganisme patogenik menyebabkan tanaman menjadi sakit !

4. Mengapa perlu diadakan klasifikasi penyakit tumbuhan ?
5. Apa yang dimaksud dengan gejala penyakit tumbuhan ?
6. Apa perbedaan gejala nekrotik dengan gejala klorotik ?
7. Apa yang dimaksud dengan diagnosis penyakit tumbuhan ?

III. ETIOLOGI

Ketika kita sedang memeriksa tanaman yang sakit, tentulah pertanyaan yang pertamakali muncul di benak kita adalah "apa penyebab penyakit tersebut ?" Ilmu yang mempelajari tentang penyebab penyakit disebut etiologi. Penyebab penyakit banyak macamnya, terdiri atas kelompok jamur, bakteri, molikut, virus, viroid, nematoda, protozoa dan faktor-faktor lingkungan yang ekstrim.

3.1 Penyebab Penyakit Biotik

a. Jamur

Jamur merupakan penyebab penyakit yang paling dulu dikenal dan paling banyak genus dan spesiesnya menyerang dan merusak tumbuhan bila dibandingkan dengan penyebab penyakit yang lain. Selain itu jamur merupakan cikal-bakal lahirnya ilmu penyakit tumbuhan karena dimulai dari diketahuinya keganasan beberapa macam jamur yang menyerang beberapa tanaman penting di Eropa seperti gandum (penyakit karat), kentang (hawar daun kentang/*Phytophthora infestans*) dan anggur pada tahun 1600-an serta berhasil pula ditemukan cara-cara pengendaliannya/pengobatannya.

Jamur adalah organisme yang umumnya berukuran mikroskopis, memiliki inti sejati, berbentuk benang bercabang-cabang, berspora, tidak berklorofil, memiliki dinding sel yang berisi khitin dan glukan. Tubuh vegetatif jamur berupa kumpulan benang-benang memanjang dan bercabang-cabang yang disebut miselium, dan individu-individu benang tersebut disebut hifa. Diameter hifa berukuran 1-2 μm . Perkembang-biakan jamur melalui spora/konidia. Spora jamur dihasilkan secara seksual dan aseksual. Jamur yang menyerang dan merusak tumbuhan digolongkan ke dalam jamur patogen tumbuhan. Jamur patogen tumbuhan ada yang bersifat parasit obligat dan parasit fakultatif. Jamur

yang bersifat parasit obligat hanya dapat hidup pada tumbuhan hidup, sedangkan yang bersifat parasit fakultatif adalah jamur yang dapat hidup pada tumbuhan hidup maupun pada bahan organik mati.

Lebih dari 10.000 spesies jamur dapat menyebabkan penyakit pada tumbuhan. Semua tumbuhan dapat diserang dan dirusak oleh beberapa spesies jamur dan setiap jamur parasitik dapat menyerang satu atau banyak macam tumbuhan. Serangan jamur pada tumbuhan dapat ringan, sedang, berat bahkan sampai mematikan.

Berikut ini dikemukakan beberapa contoh penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur. *Helminthosporium oryzae* (bercak coklat), *Cercospora oryzae* (bercak bergaris sempit) dan *Pyricularia oryzae* (blast) merupakan penyebab penyakit tanaman padi sedangkan *Peronosclerospora maydis* adalah penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung. *Corynespora cassiicola* dan *Oidium heveae* adalah penyebab penyakit gugur daun pada tanaman karet.

b. Bakteri

Penemuan bakteri sebagai penyebab penyakit tanaman adalah relatif baru bila dibandingkan dengan jamur yaitu pada tahun 1878 ketika Burrill di Amerika Serikat menemukan adanya bakteri sebagai penyebab penyakit hawar api pada tanaman pir dan apel. Bakteri termasuk ke dalam golongan prokaryota. Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal yang bahan genetiknya (DNA) tidak dikelilingi membran sehingga tidak tersusun sebagai inti. Bakteri memiliki membrane dan dinding sel. Sampai saat ini telah diketahui bahwa sekitar 100 spesies bakteri dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Bakteri yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan disebut bakteri patogen tumbuhan. Berbagai macam tanaman dapat diserang oleh bakteri. Bentuk-bentuk bakteri dapat berupa batang, sferikal, dan berupa benang-benang (filament). Perkembang-biakan bakteri adalah secara aseksual yaitu dengan cara pembelahan (fission). Perkembang-biakan bakteri sangat cepat karena dalam setiap 30 menit satu sel bakteri membelah dua, dua membelah menjadi empat dan demikian seterusnya. Kebanyakan bakteri patogen tumbuhan memiliki bentuk batang dengan pengecualian pada bakteri *Streptomyces* yang berbentuk benang-benang. Diameter bakteri berkisar antara 0,6-3,5 μm . Sebagian besar bakteri patogen tumbuhan memiliki flagella. Pemeriksaan satu bakteri dapat dilakukan dengan memakai mikroskop majemuk, namun karena ukurannya yang sangat kecil sulit untuk mendapatkan detailnya.

Beberapa contoh penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri dikemukakan sebagai berikut. *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* adalah penyebab penyakit hawar daun pada tanaman kedelai sedangkan *Ralstonia* sp. adalah penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman pisang. Penyakit busuk basah pada tanaman kubis disebabkan oleh *Erwinia caratovora* pv. *caratovora*. Penyakit layu pada tanaman tomat, terong dan tembakau disebabkan oleh *Pseudomonas solanacearum*.

d. Molikut

Hampir selama 70 tahun setelah ditemukannya virus tumbuhan, banyak penyakit tumbuhan yang sebenarnya bukan disebabkan oleh virus dikatakan disebabkan oleh virus. Namun pada tahun 1967 di Jepang Doi dan kawan-kawannya menemukannya fakta bahwa penyakit-penyakit pada tumbuhan tersebut disebabkan oleh Molikut

Seperti halnya bakteri, molikut juga merupakan golongan prokaryota tetapi tidak memiliki dinding sel, hanya memiliki membran sel. Molikut adalah mikroorganisme bersel tunggal yang bahan genetiknya (DNA) tidak dikelilingi oleh membran sehingga tidak tersusun sebagai inti. Molikut dapat menyerang berbagai macam tanaman. Kelas Molikut mencakup genus *Spiroplasma* dan genus yang belum diketahui pasti tetapi hanya dikenal dengan nama Fitoplasma. *Spiroplasma* dapat dibiakkan ke dalam media nutrisi buatan, sedangkan Fitoplasma hingga kini tidak dapat dibiakkan dalam media nutrisi buatan. *Spiroplasma* dapat menyebabkan penyakit pada tanaman jeruk (*Citrus stubborn*) dan jagung (*Corn stunt*) sedangkan serangan Fitoplasma pada tanaman kelapa sangat mematikan yang dikenal dengan penyakit kuning maut (*Coconut lethal yellowing*).

d. Virus

Pada tahun 1898 Beijerinck menyimpulkan bahwa penyakit mosaik pada tembakau bukan disebabkan oleh mikroorganisme tetapi disebabkan oleh zat cair yang menular yang disebutnya virus. Pada tahun 1936, Bawden dan kawan-kawannya membuktikan bahwa virus tidak hanya terdiri atas protein, tetapi juga terdiri atas sejumlah kecil asam ribonukleat (ribonucleic acid/RNA).

Virus adalah nucleoprotein yang terdiri atas asam nukleat dan protein. Virus memiliki kemampuan untuk menimbulkan berbagai macam penyakit pada tanaman. Virus yang dapat

menyebabkan penyakit pada tumbuhan disebut virus tumbuhan. Individu virus terlalu kecil untuk dilihat dengan mikroskop cahaya. Satu macam virus dapat menginfeksi satu sampai belasan spesies tumbuhan yang berbeda dan setiap spesies tumbuhan biasanya dapat diserang oleh berbagai macam virus. Perkembang-biakan virus tidak melalui pembelahan atau dengan menghasilkan alat-alat reproduksi, tetapi dengan jalan merangsang sel-sel tumbuhan inang untuk membentuk virus yang lebih banyak. Serangan virus pada tumbuhan dapat ringan, sedang, berat bahkan mematikan.

Pada tanaman padi ditemukan beberapa macam penyakit virus, antara lain tungro, kerdil hampa dan kerdil rumput, sedangkan pada tanaman kacang tanah ditemukan adanya penyakit mosaik. Penyakit-penyakit virus pada tanaman tomat antara lain meliputi penyakit keriting dan penyakit mosaik ketimun. Pada tanaman cabai dan terong juga ditemukan berbagai macam penyakit yang disebabkan oleh virus.

e. Viroid

Diener pada tahun 1971 menetapkan bahwa penyebab penyakit kumparan akar umbi (spindle tuber) pada kentang disebabkan oleh molekul asam nukleat yang lebih kecil dari virus dan disebutnya viroid. Viroid dapat menginfeksi berbagai macam tanaman, antara lain kelapa (penyakit cadang-cadang, sangat mematikan), kentang, jeruk, alpukat, anggur, dan timun. Viroid berukuran kecil dengan asam ribonukleat yang berat molekulnya ringan. Viroid dapat mereplikasi dirinya sendiri. Serangan viroid dapat sampai mematikan tanaman.

f. Nematoda

Needham pada tahun 1743 merupakan orang pertama yang melaporkan adanya nematoda yang berasosiasi dengan penyakit tumbuhan berdasarkan pengamatannya pada biji-biji gandum yang abnormal (bulat), walaupun Needham sendiri tidak menyatakan bahwa nematoda tersebut adalah penyebab penyakitnya.

Nematoda termasuk ke dalam golongan hewan multiselluler yang sederhana, memiliki sistem syaraf, alat peraba dan otot. Kata nematoda berasal dari bahasa Yunani yang artinya benang, berbentuk memanjang, silindris dan meruncing pada kedua ujung badannya, mirip seperti cacing. Cacing-cacing ini berukuran mikroskopis, antara 300-1000 μm . Nematoda dapat menyerang berbagai macam tumbuhan, oleh karena itu disebut fitonematoda. Fitonematoda berkembang biak dengan telur. Kerusakan yang ditimbulkan oleh nematoda mulai dari ringan, sedang, berat bahkan dapat mematikan tumbuhan.

Berbagai macam tanaman seperti tanaman padi-padian, kacang-kacangan, sayuran, buah-buahan dan tanaman perkebunan dapat diserang oleh berbagai macam nematoda yang secara ekonomi sangat merugikan.

g. Protozoa

Pada tahun 1909 Lafont di Mauritius telah mengamati bahwa di dalam sel-sel penghasil lateks dari tumbuhan penghasil lateks famili euphorbiaceae terdapat protozoa berflagella, sedangkan pada tahun 1931 Stahel menemukan protozoa berflagella menginfeksi floem tanaman kopi yang menyebabkan abnormalitas pembentukan floem tanaman kopi sehingga tanaman menjadi layu.

Protozoa berflagella dapat menimbulkan penyakit pada tanaman dan dimasukkan ke dalam genus *Phytomonas*. Beberapa spesies dari genus *Phytomonas* telah dilaporkan dapat menyerang tumbuhan dari famili Asclepiadaceae, Moraceae (*Ficus* spesies), Rubiaceae (tanaman kopi), Euphorbiaceae (tanaman singkong) dan Palmae (kelapa dan kelapa sawit). *Phytomonas* adalah organisme mikroskopis.

h. Tumbuhan Parasit Tingkat Tinggi

Banyak species tumbuhan tingkat tinggi parasit dari berbagai macam famili dan genus hidup sebagai parasit pada tumbuhan lain. Tumbuhan parasit ini menghasilkan bunga dan biji. Ketergantungan tumbuhan parasit pada tumbuhan inangnya berbeda-beda, ada yang memiliki klorofil tanpa akar yang berarti hanya membutuhkan air dan mineral dari inangnya (semi parasit) sedangkan tumbuhan parasit lainnya sedikit atau tidak memiliki klorofil maupun akar sehingga seluruh hidupnya sangat tergantung pada inangnya (parasit sejati).

Tumbuhan parasit tingkat tinggi, baik yang bersifat semi parasit maupun parasit sejati mengisap bahan-bahan dari tumbuhan inangnya menggunakan alat pengisap yang disebut haustorium. Akibat serangan tumbuhan parasit ini dapat menurunkan kuantitas dan kualitas hasil. Contoh tumbuhan parasit yang bersifat parasit sejati adalah tali putri (*Cuscuta*) sedangkan yang bersifat semi parasit adalah benalu (*Loranthaceae*) dan Rumput setan (*Striga*).

3.2 Penyebab Penyakit Abiotik

Faktor lingkungan yang ekstrim tinggi atau rendah yang tidak sesuai untuk pertumbuhan normal tumbuhan dapat menyebabkan tumbuhan mengalami sakit dan memberikan gejala yang khas. Faktor lingkungan tersebut antara lain suhu udara, cahaya, keracunan mineral tanah, polusi udara dan kekurangan unsur hara.

a. Suhu Udara

Suhu udara yang ekstrim tinggi akan menginaktivasi sistem enzim tumbuhan sehingga terjadi reaksi biokimia yang abnormal dan akhirnya sel-sel mati menimbulkan gejala nekrosis.

b. Cahaya

Kekurangan cahaya akan memperlambat pembentukan klorofil sehingga daun menjadi pucat, pertumbuhan memanjang, kurus/ramping (disebut gejala etiolasi) dan akibatnya daun dan bunga akan gugur prematur.

c. Keracunan Mineral Tanah

Tanah yang terlalu banyak mengandung zat besi, mangan, magnesium dan boron akan menyebabkan tumbuhan pada tanah tersebut mengalami keracunan dengan berbagai macam gejala seperti nekrosis, klorosis, layu dan kerdil.

d. Polusi Udara

Udara yang terpolusi oleh polutan seperti etilen, klorin, amoniak, uap air raksa, hidrogen fluorida, sulfur dioksida, hidrokarbon dan nitrogen dioksida akan mengganggu metabolisme di dalam tumbuhan. Sumber polusi udara bisa berasal dari kilang minyak, pembakaran bahan bakar minyak (pembuang gas mesin bakar pabrik dan mobil), pembuatan pupuk kimia dan tambang.

e. Kekurangan Unsur Hara

Tanaman yang kekurangan unsur nitrogen (N) menyebabkan tumbuhan tampak merana dan daun-daunnya berwarna hijau muda atau kuning dan cepat rontok sedangkan kalau kekurangan fosfor (P), tanaman juga tampak merana tetapi daun-daunnya berwarna hijau kebiruan, tunas pendek dan kecil agak tegak. Kekurangan kalium (K) pada tanaman menimbulkan gejala berupa klorosis pada tepi daun bagian ujung.

Tanaman yang kekurangan unsur kalsium (Ca) menyebabkan terjadinya klorosis pada daun dan ujung daunnya membengkok ke atas disertai pengerutan pada tepi daun. Bila

tanaman kekurangan unsur besi (Fe) akan menyebabkan terjadinya klorosis berat pada daun-daun muda namun tulang daun utama tetap berwarna hijau. Tanaman yang kekurangan seng (Zn) daunnya menunjukkan gejala klorosis antar tulang daun yang akhirnya terjadi nekrotik yang menyebabkan gugur daun secara cepat dari bagian bawah ke atas. Pada tumbuhan tertentu seperti tanaman teh, mangga dan kakao yang mengalami kekurangan zat seng menunjukkan gejala yang sangat khas pada daun muda yaitu daunnya berupa sabit. Tanaman padi-padian yang kekurangan unsur tembaga (Cu) ujung daun-daunnya yang masih muda memutih dan tepi daunnya klorosis, sedangkan pada tanaman jeruk terjadi mati ujung pada ranting-rantingnya.

3.3 Latihan Pertanyaan

1. Apa yang dimaksud dengan etiologi ?
2. Apakah kegunaan etiologi di bidang penyakit tumbuhan ?
3. Agen biotik manakah yang paling dulu dikenal sebagai penyebab penyakit tumbuhan ?
4. Jelaskan perbedaan jamur dengan bakteri penyebab penyakit tumbuhan !
5. Jelaskan perbedaan bakteri dengan molikot penyebab penyakit tumbuhan !

IV. PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP PERKEMBANGAN PENYAKIT TUMBUHAN

Faktor-faktor lingkungan berpengaruh terhadap perkembangan dan distribusi geografik penyakit tanaman. Kondisi iklim/cuaca dan tanah mempengaruhi perkembangan penyakit tanaman. Ketinggian tempat dan garis lintang juga menentukan distribusi geografik penyakit tanaman. Jenis tanah, seperti sifat-sifat fisik (tekstur, struktur) dan kimia (unsur hara, pH) tanah memiliki peranan penting terhadap perkembangan dan distribusi penyakit tanaman. Iklim makro dan iklim mikro termasuk jumlah dan distribusi curah hujan juga berpengaruh terhadap perkembangan penyakit. Sebagai contoh, banyak dan parahnya penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada tanaman jagung dan penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*) pada tanaman kopi di dataran rendah, serta banyaknya penyakit cacar (*Exobasidium vexans*) pada tanaman teh di dataran tinggi dan penyakit akar hitam (*Rosellinia*

arcuata) pada tanaman teh di tanah-tanah yang baru dibuka, menunjukkan bahwa faktor-faktor lingkungan berpengaruh terhadap perkembangan dan distribusi penyakit.

Kebanyakan penyakit tanaman muncul dan berkembang dengan baik bila cuaca dalam keadaan lembab dan panas. Demikian pula bila tanaman dipupuk secara berlebihan dengan Nitrogen, tanaman akan terserang dengan berat oleh patogen. Sebagaimana telah diuraikan dalam bab terdahulu, bahwa untuk terjadinya penyakit, selain tanaman harus dalam keadaan rentan, patogen harus dalam keadaan virulen, maka faktor-faktor lingkungan harus dalam keadaan mendukung. Faktor-faktor lingkungan yang umumnya sangat berpengaruh terhadap timbul dan berkembangnya penyakit tanaman menular terdiri atas kelembaban, curah hujan, suhu, cahaya, unsur hara dan pH tanah. Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi perumbuhan dan ketahanan tanaman, perkembang-biakan, pertumbuhan dan aktifitas patogen atau interaksi antara tanaman inang dan patogen.

7.1 Faktor-faktor Iklim/Cuaca

Faktor-faktor iklim/cuaca yang dominan terhadap perkembangan penyakit tanaman menular, antara lain adalah kelembaban, suhu dan cahaya.

Suhu

Baik tanaman maupun patogen memerlukan suhu minimum tertentu untuk hidup dan melaksanakan aktivitasnya. Namun dalam banyak hal, suhu lebih berpengaruh terhadap patogen dari pada tanaman inangnya. Setiap patogen memiliki kisaran suhu yang berbeda-beda, baik suhu minimum, optimum maupun maksimum. Perkembangan penyakit akan lebih cepat pada suhu optimum karena hanya memerlukan sedikit waktu untuk menyelesaikan siklus penyakitnya.

Suhu mempengaruhi banyaknya spora yang dapat berkecambah serta kecepatan berkecambah. Penyakit blast pada padi (*Pyricularia oryzae* Cav) yang diadaptasikan di daerah beriklim sedang cenderung lebih berat pada suhu rendah (18-20 °C) dari pada di daerah tropika. Penyakit karat daun kopi (*H. vastatrix*) sangat berat bila suhu lebih tinggi (pada dataran rendah).

Kelembaban

Kelembaban mempunyai peranan yang sangat penting dalam mempengaruhi inokulasi, penetrasi dan infeksi serta perkembangan penyakit-penyakit menular pada tanaman.

Kelembaban dapat dalam bentuk hujan atau irigasi air pada permukaan tanaman atau di sekitar perakaran, dalam bentuk kelembaban nisbi di udara, dalam bentuk embun dan kabut. Kelembaban tidak saja menentukan timbulnya penyakit secara lokal maupun musiman, tetapi juga membatasi distribusi geografik penyakit.

Kelembaban berpengaruh besar terhadap perkecambahan spora dan pembentukan tabung kecambah serta penetrasinya pada tanaman inang. Umumnya jamur hanya membentuk spora dalam suasana udara yang lembab. *Peronosclerospora maydis* penyebab penyakit bulai pada jagung hanya membentuk spora bila permukaan daunnya tertutup embun. Kelembaban juga mengaktifkan bakteri dan nematoda dalam menginfeksi tanaman. Percikan air hujan dan air yang mengalir pada permukaan tanaman dapat menyebabkan terbawanya patogen dari bagian-bagian tanaman ke bagian lain dari suatu tanaman atau dari satu tanaman ke lain tanaman. Air hujan yang memercik dari tanah dapat membawa bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* penyebab penyakit busuk hitam ke daun kubis, sedangkan *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang dapat dibawa oleh aliran air hujan permukaan tanah maupun percikan air hujan di kebun lada, sehingga dapat menulari tanaman lada yang lain.

Kelembaban juga menentukan berat ringannya suatu penyakit sebagai akibat tanaman menjadi lebih lunak (sukulen). Tanaman yang sekulen umumnya akan menjadi lebih peka terhadap penyakit. Timbulnya banyak penyakit pada suatu daerah serta jumlah siklus penyakit untuk setiap musim hujan, juga berhubungan erat dengan jumlah dan distribusi curah hujan dalam suatu tahun. Penyakit hawar daun kentang (*Phytophthora infestans*), penyakit kudis pada apel (*Venturia inaequalis*), dan penyakit tepung pada anggur (*Plasmopara viticola*) dapat meningkat intensitasnya pada daerah-daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi.

Kelembaban tanah juga berpengaruh terhadap patogen yang menyerang bagian-bagian tanaman yang berada di dalam tanah, seperti akar, umbi dan semaian yang masih muda. Patogen-patogen seperti jamur tular tanah (*Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* dan *Sclerotium*), beberapa bakteri (*Erwinia* dan *Pseudomonas*) serta nematoda, biasanya menyerang secara berat, bila kelembaban tanahnya tinggi (basah) tetapi tidak tergenang. Pada tanah-tanah yang kering akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan nematoda dan patogen-patogen lainnya. Jumlah air di dalam tanah akan menentukan jumlah oksigen bebas di dalam tanah, dengan demikian akan menentukan pula tingkat aerasi tanah. Walaupun demikian, beberapa jamur seperti *Fusarium solani* dan *Fusarium roseum* justru

tumbuh dan berkembang dengan baik pada tanah-tanah yang kering karena tanaman menderita kekurangan air.

Cahaya

Pengaruh cahaya terhadap perkembangan penyakit, terutama pada kondisi alami jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan pengaruh suhu dan kelembaban. Namun demikian intensitas cahaya dan lamanya penyinaran cahaya dapat mempengaruhi tanaman inangnya, baik menambah ataupun mengurangi kepekaan tanaman terhadap infeksi maupun terhadap berat ringannya serangan beberapa macam patogen.

Di alam berkurangnya intensitas cahaya akan menyebabkan etilosi dan lemahnya tanaman. Keadaan ini akan menambah kepekaan tanaman terhadap parasit non obligat, seperti tanaman tomat dan selada terhadap jamur *Botrytis* atau tanaman tomat terhadap *Fusarium*, tetapi akan mengurangi kepekaan tanaman lain terhadap parasit obligat, misalnya tanaman gandum terhadap jamur *Puccinia*. Berkurangnya intensitas cahaya, umumnya akan menambah kepekaan tanaman terhadap virus. Lamanya penyinaran dan intensitas cahaya matahari dapat pula mempengaruhi kehidupan inokulum, sporulasi dan kemampuan spora untuk menembus tanaman inang. Namun yang perlu diperhatikan bahwa walaupun secara umum, cahaya berpengaruh terhadap penyakit tanaman, tetapi cahaya jarang menjadi faktor pembatas untuk timbulnya penyakit secara regional maupun secara musiman.

7.2 Faktor-faktor tanah

Faktor-faktor tanah yang dominan terhadap perkembangan penyakit tanaman antara lain unsur hara dan pH tanah. Unsur-unsur hara di dalam tanah harus dalam keadaan cukup dan seimbang.

pH tanah

Pengaruh pH tanah terhadap insidensi dan berat ringannya penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen-patogen tertentu yang berada di dalam tanah adalah nyata dan penting. Penyakit-penyakit akar seperti penyakit gada pada tanaman-tanaman dari famili Crucifer (kubis dan sejenisnya) yang disebabkan oleh jamur *Plasmodiophora brassicae* sangat umum dan berat pada tanah-tanah dengan pH 5.7, bila pH dinaikkan sampai 6.2 perkembangan penyakitnya menurun secara tajam, dan sama sekali tidak berkembang pada pH 7.8. Sebaliknya penyakit kudis pada umbi kentang yang disebabkan oleh *Streptomyces*

scabies akan berat pada kisaran pH 5.2-8.0 atau lebih tetapi perkembangan penyakitnya akan menurun secara tajam bila pH tanah berada di bawah pH 5.2. Pada kedua penyakit ini dan juga pada penyakit-penyakit lainnya, pH tanah berpengaruh langsung terhadap patogen. Dari kenyataan ini, untuk patogen tanah ada yang menyukai tanah-tanah masam (*asidofil*) dan sebaliknya ada yang menyukai tanah-tanah basa (*basidofil*). Untuk menaikkan pH tanah dapat dilakukan dengan pengapuran, sedangkan untuk menurunkannya dapat ditambahkan belerang pada tanah.

Selain yang diuraikan di atas, pengaruh pH tanah secara tidak langsung terhadap penyakit tanaman adalah terhadap proses-proses biologi dan kimia di dalam tanah, mikroflora dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Jamur tanah *Trichoderma koningii* yang bersifat antagonis terhadap patogen tanah lebih menyukai tanah yang masam. Bila proses-proses biologi dan kimia di dalam tanah atau ketersediaan unsur hara di dalam tanah tidak mendukung pertumbuhan tanaman, tanaman akan lemah (predisposisi) sehingga lebih peka terhadap serangan patogen.

Unsur hara

Unsur hara mempengaruhi laju pertumbuhan dan kemampuan tanaman mempertahankan diri terhadap serangan patogen. Unsur hara tanah bersama-sama faktor-faktor lingkungan lainnya akan menentukan apakah tanaman akan merupakan media tumbuh yang baik bagi patogen. Secara umum dapat dikatakan bahwa unsur hara merupakan faktor utama yang menentukan apakah tanaman akan tumbuh dengan cepat atau lambat, apakah tanaman akan kuat atau lemah.

Berdasarkan tingkat kesuburan tanah, ada patogen yang hanya dapat menyerang tanaman yang tumbuh dengan lambat dan lemah, sedangkan yang lainnya hanya menyerang tanaman yang terlalu subur. Pengaruh unsur hara secara individu terhadap penyakit adalah merupakan fungsi pengaruh unsur hara terhadap tanaman. Dengan demikian, secara umum pengaruh setiap unsur hara dapat ditentukan untuk setiap macam penyakit.

Unsur hara mineral yang penting dalam pertumbuhan tanaman terdiri atas N, P, K, Ca, Bo, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, S dan Zn. Tiga unsur hara pertama (N,P,K) biasa disebut unsur hara utama/makro, dan diperlukan dalam jumlah banyak oleh tanaman, sedang yang lainnya disebut unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah yang lebih sedikit..

Nitrogen (N)

Nitrogen berguna untuk ketegaran tanaman. Pemberian nitrogen secara seimbang dengan unsur hara lain memungkinkan benih tumbuh cukup cepat sehingga dapat terhindar dari berbagai macam penyakit semai. Pemberian nitrogen secara berlebihan akan menyebabkan tanaman menjadi sukulen, sangat subur dan memperpanjang periode vegetatif serta memperlambat kedewasaan tanaman. Keadaan demikian akan menyebabkan tanaman lebih rentan terhadap patogen. Tanaman yang sukulen karena banyak mengandung air, sel-selnya lebih lembut dan tipis sehingga mudah dipenetrasi/dirusak patogen. Sebaliknya bila kekurangan nitrogen akan menyebabkan tanaman lemah, pertumbuhannya lambat dan cepat menua. Keadaan seperti ini juga akan menyebabkan tanaman menjadi lebih rentan. Pemberian Nitrogen berlebihan pada tanaman gandum akan menyebabkan gandum lebih peka terhadap penyakit karat (*Puccinia graminis*). Kekurangan nitrogen pada tanaman tomat, akan menyebabkan tanaman peka terhadap layu fusarium.

Bentuk nitrogen yang diberikan pada tanaman akan mempengaruhi ketahanan dan kerentanan tanaman. Pupuk N dalam bentuk amonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ akan menyebabkan tanah menjadi masam, sedangkan dalam bentuk sodium nitrat (NaNO_3) akan menyebabkan tanah menjadi lebih basa. *Fusarium* spp. penyebab penyakit busuk akar dan penyakit layu, *Plasmodiophora brassicae* penyebab penyakit gada dan *Sclerotium rolfsii* penyebab penyakit semai dan busuk batang akan meningkat berat serangannya bila tanaman dipupuk dengan nitrogen dalam bentuk amonium, sedangkan *Streptomyces scabies* penyebab penyakit kudis pada umbi kentang akan meningkat berat serangannya bila tanaman dipupuk dengan nitrogen dalam bentuk sodium nitrat.

Fosfor (P)

Fosfor berguna dalam perkembangan akar tanaman dan kematangan biji secara sempurna. Keadaan ini akan mengurangi kerusakan karena penyakit-penyakit semai dan busuk akar. Selain itu P dapat meniadakan beberapa pengaruh buruk akibat kelebihan pemberian nitrogen.

Potassium (K)

Potassium membantu memperkuat struktur jaringan tanaman dan mempertebal dinding sel-sel epidermis. Dengan penebalan dinding sel-sel epidermis akan menyulitkan penetrasi patogen, misalnya pada patogen penyebab penyakit tepung, penyakit karat pada gandum dan penyakit busuk batang jagung (*Fusarium* spp).

Kalsium (Ca)

Kalsium dapat memperkuat rangka tanaman, misalnya pada lamella tengah dari dinding-dinding sel berisi Ca-pektat yang sulit dilarutkan oleh kegiatan enzimatis patogen. Selain itu Kalsium penting dalam pembentukan sel-sel baru. Kalsium dapat mengurangi berat serangan beberapa macam penyakit yang disebabkan oleh patogen akar dan batang seperti *Rhizoctonia solani*, *Botrytis* serta *Sclerotium* atau mengurangi berat serangan penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*.

Unsur-unsur hara mikro dapat mengurangi berat serangan penyakit. Pemberian zat besi (Fe) pada tanah akan mengurangi penyakit layu *Verticillium* pada tanaman mangga dan kacang tanah. Demikian juga pemberian mangan (Mn) pada tanah akan mengurangi penyakit kudis dan penyakit daun pada tanaman kentang. Pemberian Molibdenum (Mo) pada tanah akan mengurangi berat serangan patogen penyebab penyakit hawar daun kentang.

Secara umum, bila unsur hara diberikan bersama-sama, dalam proporsi yang seimbang, dengan dosis dan waktu serta cara aplikasi yang tepat akan memungkinkan tanaman untuk lebih bisa melindungi dirinya sendiri terhadap serangan patogen.

7.3 Latihan Pertanyaan

1. Jelaskan peranan kelembaban pada perkembangan penyakit tumbuhan !
2. Sebutkan faktor-faktor lingkungan fisik yang berpengaruh terhadap perkembangan penyakit tumbuhan !
3. Apa pengaruh suhu terhadap spora/konidia jamur patogen tumbuhan ?
4. Apa yang dimaksud dengan patogen yang bersifat asidofil ?
5. Jelaskan pengaruh unsur Kalium terhadap ketahanan tumbuhan !

V. PENGHITUNGAN INTENSITAS PENYAKIT DAN PENGENDALIAN PENYAKIT TUMBUHAN

5.1. Keterjadian Penyakit

Keterjadian penyakit merupakan persentase jumlah tanaman yang terserang patogen dari total tanaman yang diamati. Serangan patogen yang di lapang yang menimbulkan gejala sistemik dapat dihitung dengan rumus keterjadian penyakit sebagai berikut:

$$Kp = n/N \times 100\%$$

Keterangan :

Kp = keterjadian penyakit,

n = jumlah daun terinfeksi

N = jumlah daun yang diamati

5.2. Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit merupakan persentase luasnya jaringan tanaman yang terserang patogen dari total luasan yang diamati. Cara menentukan keparahan penyakit yaitu dengan membagi kisaran dari tidak timbulnya gejala penyakit sampai penuh gejala penyakit ke dalam nilai kategori serangan (skor). Menurut Karyatiningsih (1980) *dalam* Amandari (2011), keparahan penyakit dihitung menggunakan metode Townsend dan Heuberger, dengan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum nv}{zN} \times 100\%$$

Keterangan:

KP = keparahan penyakit

n = jumlah daun yang terinfeksi penyakit

- v = nilai skor dari katagori serangan
 z = katagori serangan dengan nilai skor tertinggi
 N = jumlah seluruh daun yang diamati

Nilai kategori serangan (skor) untuk penyakit didasarkan pada skala kerusakan tanaman yang terserang penyakit yaitu :

Tingkat Gejala	Gambaran Infeksi
0	Tidak ada infeksi pada daun
1	Luas daun terinfeksi 0-10 %
2	Luas daun terinfeksi >10-25%
3	Luas daun terinfeksi >25-45%
4	Luas daun terinfeksi >45-75%
5	Luas daun terinfeksi >75%

Sumber : Sugiharso *dalam* Sudarma 1981

Selanjutnya untuk mengurangi Intensitas Penyakit Tumbuhan dilakukan usaha pengendalian penyakit tumbuhan secara terus-menerus yang dilakukan sejak perencanaan produksi suatu tanaman sampai pasca panen yang diintegrasikan dengan sistem produksi. Dengan demikian pengendalian penyakit tumbuhan merupakan bagian integral dari keseluruhan sistem produksi pertanian.

Pengendalian penyakit tumbuhan bertujuan untuk mengurangi populasi patogen penyebab penyakit ke taraf yang tidak merugikan baik dari segi ekonomi maupun kerusakan lingkungan. Dalam pengendalian penyakit umumnya tanaman diperlakukan sebagai suatu populasi, bukan secara individu tanaman. Namun pada tanaman-tanaman tertentu yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, seperti tanaman pohon-pohonan dan tanaman hias dapat saja diperlakukan secara individu tanaman. **Bila dalam suatu populasi tanaman hanya terdapat satu atau beberapa tanaman yang sakit, lebih baik menyelamatkan tanaman lainnya yang masih sehat dari pada menyembuhkan beberapa tanaman yang sakit.** Dengan demikian, lebih baik melindungi tanaman supaya tetap sehat dari pada mengobati tanaman yang sudah sakit.

Ada empat prinsip utama yang harus dijadikan pijakan dalam mengelola penyakit tumbuhan. Prinsip-prinsip tersebut meliputi:

1. Eksklusi, yaitu mencegah masuknya patogen dari suatu daerah/negara ke daerah/negara lain.
2. Eradikasi, yaitu memusnahkan patogen yang baru masuk ke suatu daerah atau negara.
3. Perbaikan ketahanan tanaman dan imunisasi yaitu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen.
4. Proteksi langsung, yaitu melindungi tanaman secara langsung terhadap serangan patogen.

Dalam menerapkan prinsip-prinsip pengendalian penyakit tumbuhan dapat dipakai berbagai cara sesuai dengan prinsip-prinsip mana yang akan dipakai. Cara-cara pengendalian penyakit tumbuhan dapat diklasifikasikan menjadi lima golongan, yaitu (1) pengendalian penyakit tumbuhan dengan peraturan-peraturan, (2) pengendalian dengan cara kultura, (3) pengendalian secara biologis, (4) pengendalian secara fisika, dan (5) pengendalian secara kimia 5).

Pengendalian penyakit tumbuhan dengan peraturan-peraturan. Pengendalian ini merupakan usaha mencegah masuknya patogen dari suatu daerah/negara ke daerah/negara lain dengan undang-undang dan peraturan-peraturan pelaksanaannya.

Pengendalian dengan cara kultura. Pengendalian dengan cara kultura adalah untuk menghindarkan tanaman berkontak dengan patogen melalui pengaturan jarak tanam, rotasi tanaman, pemakaian tanah dan bibit yang bebas penyakit, cara bercocok tanam yang tepat, menghilangkan tanaman atau bagian tanaman yang terserang patogen, pengaturan pH tanah, perbaikan sifat-sifat fisik dan kimia tanah dan lain-lain sejenisnya.

Pengendalian secara biologis, yaitu dengan memperbaiki ketahanan tanaman terhadap penyakit atau dengan menggunakan organisme lain untuk mengurangi populasi patogen.

Pengendalian secara fisika yaitu mengendalikan penyakit tumbuhan dengan menggunakan pemanasan, pendinginan, panjang gelombang cahaya dan radiasi.

Pengendalian secara kimia yaitu mengendalikan penyakit tumbuhan dengan menggunakan senyawa kimia yang bersifat toksik (disebut pestisida) terhadap patogen.

9.1 Eksklusi

Kenyataan menunjukkan bahwa pada tempat-tempat tertentu di belahan bumi ini banyak dijumpai tumbuhan yang ditanam di tempat-tempat tersebut belum memiliki patogen tertentu sehingga tanaman masih bebas dari patogen yang bersangkutan. Sebagai contoh, hingga saat ini tanaman karet di Indonesia masih bebas dari Penyakit Hawar Daun Karet Amerika Selatan yang sangat merugikan (*Microcyclus ulei*) karena memang penyakit tersebut adanya hanya di Amerika Selatan. Masih banyak penyakit tumbuhan di luar negeri yang belum terdapat di Indonesia.

Untuk mencegah masuknya patogen baru ke suatu negara/daerah dapat dilakukan melalui karantina tumbuhan, evasi dan penggunaan bahan-bahan perkembangbiakan tanaman yang bebas patogen. Masing-masing negara harus membuat Undang-undang dan Peraturan-peraturan yang melarang masuknya patogen baru melalui impor tumbuhan serta membuat persyaratan-persyaratan untuk keluar masuknya tumbuh-tumbuhan/bagian-bagian tumbuh-tumbuhan. Metode (cara) pengendalian dengan peraturan-peraturan tersebut dilaksanakan oleh suatu institusi yang disebut Badan Karantina Pertanian yang di dalamnya terdapat Balai Karantina Tumbuhan. Balai Karantina Tumbuhan memiliki petugas-petugas pemeriksa di setiap pintu masuk (pelabuhan, bandar udara, terminal dan Kantor Pos) untuk memeriksa dan mengamati keluar masuknya tumbuhan/bagian tumbuhan yang dibawa penumpang/pengimpor. Badan karantina tumbuhan juga berhak mengeluarkan sertifikat kesehatan tanaman bagi tumbuhan yang telah dinyatakan sehat/bebas patogen. Patogen yang penyebarannya melalui udara/angin, air sukar untuk dicegah masuk dengan menerapkan prinsip eksklusi. Menghindarkan tanaman dari patogen dengan cara menanam tumbuhan di daerah yang kondisi iklimnya tidak mendukung bagi perkembangan patogen tersebut maka cara ini disebut evasi. Masih termasuk ke dalam evasi adalah dengan menanam benih/bibit yang berasal dari daerah yang bebas dari penyakit-penyakit yang merugikan.

Penggunaan Bahan-bahan Perkembangbiakan Tanaman Yang Bebas Patogen

Penanaman bahan-bahan perkembangbiakan tanaman (umbi, rimpang, pucuk/cabang tanaman, mata tunas) yang mengandung patogen harus dihindari karena nantinya tanaman yang tumbuh tersebut akan terinfeksi oleh patogen yang terkandung di dalam bahan-bahan perkembangbiakan tersebut. Bila terpaksa menanam tumbuhan yang berasal dari bahan-bahan perkembangbiakan yang terkontaminasi patogen harus diusahakan dengan cara bahan-bahan tersebut diberi perlakuan terlebih dahulu sebelum ditanam. Perlakuan tersebut

dapat berupa perlakuan panas, baik direndam di dalam air panas 35-54 °C, atau dialiri udara panas (35-40 °C).

9.2 Eradikasi

Pengendalian penyakit tumbuhan dengan prinsip eradikasi dapat dilakukan dengan cara kultura, biologis, fisika dan kimia.

Pengendalian Dengan Cara Kultura

1. Eradikasi tanaman inang

Bila suatu patogen baru masuk ke suatu daerah, biasanya tidak lama kemudian akan diikuti dengan terjadinya epidemi penyakit oleh patogen baru tersebut. Untuk mencegah terjadinya epidemi yang akan timbul serta penyebaran yang lebih luas, maka seluruh tanaman yang telah terinfeksi maupun tanaman yang masih terlihat sehat namun diduga sudah mengandung patogen yang bersangkutan harus dimusnahkan, misalnya dengan cara dibakar. Dengan cara eradikasi ini patogen dimusnahkan sehingga tidak bisa menyebar ke tanaman lain yang masih sehat. Contoh eradikasi tanaman yang berhasil pernah dilakukan di Florida dan negara-negara bagian Selatan A.S terhadap penyakit tanaman jeruk yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas Campestris* pv .*citri*, pada tahun 1914. Sekitar tiga juta pohon jeruk dimusnahkan saat itu. Sejak tahun 1927 di Florida tidak lagi terjadi infeksi oleh patogen tersebut. Namun demikian tidak semua eradikasi dapat mendatangkan hasil yang sukses. Contohnya beberapa negara Eropa yang mengeradikasi penyakit hawar apel (Bakteri *Erwinia amyloflavora*) dan negara-negara Amerika Selatan yang mengeradikasi penyakit karat (jamur *Hemileia vastatrix*) tidak berhasil mengeradikasi penyakit-penyakit tersebut bahkan patogen-patogennya terus saja menyebar/ meluas.

2. Pergiliran tanaman

Patogen tular tanah yang menginfeksi tanaman dapat dilenyapkan atau dikurangi dengan cara mengadakan pergiliran tanaman yaitu menanam tanaman yang bukan merupakan inang dari patogen-patogen tersebut selama 3-4 tahun; setelah masa tersebut tanah dapat ditanami kembali dengan tanaman semula. Dengan cara pergiliran tanaman ini siklus hidup patogen seputar sehingga patogennya mati. Penanaman tumbuhan yang tidak peka terhadap *Phytophthora nicotiana* var. *parasitica*, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum* selama 1-2 tahun sudah cukup untuk mengurangi populasi patogen tersebut. Dengan cara pergiliran tanaman ini siklus hidup patogen terputus sehingga patogennya mati. Pergiliran tanaman akan berhasil dengan baik bila patogen tular

tanahnya berupa patogen penyerbu tanah (*Soil invader*) yang hanya dapat hidup bila ada tanaman inangnya serta sisa-sisa tanaman inangnya. Bagi patogen-patogen tular tanah yang bersifat patogen asli penghuni tanah yang bersangkutan yaitu patogen tular tanah yang memiliki spora yang dapat bertahan lama atau dapat hidup sebagai saprofit lebih dari 5-6 tahun, maka cara pengendalian dengan pergiliran tanaman akan kurang efektif. Namun demikian cara ini masih tetap bisa mengurangi populasi patogen di dalam tanah, seperti *Verticillium* misalnya. Selain dengan pergiliran tanaman, populasi patogen dapat juga dikurangi dengan jalan memberakan tanah, yaitu tanah tersebut tidak ditanami (dikosongkan) beberapa waktu lamanya.

3. Sanitasi tanaman

Tujuan sanitasi adalah untuk memusnahkan atau mengurangi jumlah inokulum yang ada pada tanaman, daerah pertanaman, gudang serta mencegah penyebaran patogen-patogen ke tanaman dan produk tanaman yang masih sehat. Sanitasi dapat dilakukan melalui cara-cara berikut:

a) Pembajakan tanah setelah panen

Dengan pembajakan tanah, semua sisa batang, akar, umbi, daun dan buah-buah yang terinfeksi akan tertutupi oleh tanah sehingga mempercepat perusakan dan pembusukan material-material tersebut yang akan menyebabkan kematian patogen.

b) Pemangkasan.

Cabang-cabang dan daun-daun yang terinfeksi dipangkas sedangkan buah-buah yang terinfeksi dibuang. Hasil pangkasan dan buah-buah yang dibuang diberi perlakuan untuk mematikan patogennya misal dengan jalan membakar material tersebut.

c) Mencuci tangan sebelum memegang/menangani tanaman-tanaman tertentu yang sangat mudah tertular penyakit seperti tanaman tomat dan tembakau.

d) Desinfeksi terhadap semua peralatan pertanian sebelum digunakan seperti pisau okulasi dan gunting pemangkas.

4. Menciptakan kondisi yang tidak mendukung perkembangan patogen.

a) Aerasi

Hasil pertanian yang disimpan di dalam gudang harus secara tepat diaerasi untuk mempercepat pengeringan permukaan hasil-hasil pertanian dan menghambat perkecambahan dan infeksi oleh jamur dan bakteri yang ada pada permukaan hasil-hasil pertanian tersebut.

b) Pengaturan jarak tanam

Untuk mencegah kelembaban yang terlalu tinggi, jarak tanam diatur sedemikian rupa sehingga menghambat infeksi patogen-patogen tertentu seperti *Botrytis* dan *Peronospora tabacina*.

c) Drainase tanah

Air tanah yang berlebihan apalagi sampai tergenang akan mengakibatkan kelembaban tanah yang tinggi sehingga merupakan faktor pendukung yang baik bagi perkembangan patogen. Untuk itu perlu dilakukan drainase yang baik terhadap tanah supaya dapat mengurangi jumlah dan aktivitas jamur tertentu (*Phyitium*) dan nematoda.

d) Pemupukan yang tepat dan berimbang/memperbaiki kesuburan tanah.

Pemilihan pupuk yang tepat, dosis, waktu dan cara aplikasi pupuk yang baik dapat mendukung pertumbuhan tanaman, namun tidak mendukung perkembangan patogen.

e) Penggenangan dan/atau pengeringan tanah dalam jangka waktu yang lama

Untuk mengurangi jumlah dan aktifitas patogen (*Fusarium*, *Sclerotinia* *Sclerotiorum* dan nematoda) dapat dilakukan dengan cara menggenangi dan/atau mengeringkan tanah dalam keadaan bera dalam jangka waktu yang lama. Dengan cara penggenangan dan/atau pengeringan akan menyebabkan patogen kekurangan oksigen dan kelaparan.

5. Perangkap polyethylene dan mulsa

Virus-virus tanaman banyak yang terbawa masuk ke kebun-kebun (seperti cabai misalnya) terbawa oleh kutu tanaman yang terbawa angin (vektor). Lembaran-lembaran plastik polyethylene berwarna kuning yang berperekat bila dipasang tegak disepanjang tepian kebun dapat menarik perhatian kutu-kutu tanaman untuk menempel dan melekat pada lembaran plastik tersebut, sehingga hanya sedikit jumlah virus yang dapat terbawa langsung ke tanaman.

Aluminium reflektan atau lembaran-lembaran plastik polyethylene yang berwarna-warni atau berwarna hitam dan abu-abu keputihan yang digunakan sebagai mulsa di antara tanaman atau barisan-barisan tanaman dapat menolak atau menyesatkan kedatangan kutu tanaman,

tungau dan vektor lainnya sehingga hanya sedikit saja vektor virus yang dapat mencapai tanaman. Bila kanopi tanaman telah menutupi mulsa reflektan maka fungsinya sebagai penolak akan berhenti dengan sendirinya.

Di negara-negara beriklim sedang pada saat musim panas, patogen-patogen tular tanah (jamur, bakteri dan nematoda) dapat dikendalikan dengan cara menutupi tanah dengan lembaran-lembaran plastik polyethylene yang transparan guna meningkatkan suhu tanah. Cara ini dikenal dengan istilah **Solarisasi Tanah**. Dengan cara Solarisasi tanah, suhu tanah dapat meningkat 52 °C dibandingkan dengan 37 °C bila tanah tidak ditutup dengan lembaran-lembaran plastik. Apabila lama penutupan ini sampai berhari-hari atau berminggu-minggu akan menyebabkan banyak macam patogen tular tanah yang mati.

Pengendalian Secara Biologis untuk Mengeradikasi atau Mengurangi Inokulum Patogen.

Pengendalian patogen secara biologis adalah membinasakan populasi patogen secara keseluruhan atau sebagian dengan menggunakan organisme lain secara terus menerus di alam. Sebagai contoh beberapa penyakit tanaman, patogennya tidak bisa berkembang pada daerah-daerah tertentu, baik disebabkan oleh tanah yang disebut *Suppressive Soil* yang berisi mikroorganisme antagonistik terhadap patogen atau dikarenakan oleh tanaman yang terserang oleh suatu patogen, juga secara alami telah diinokulasi dengan mikroorganisme antagonis sebelum ataupun sesudah patogen tersebut menyerang. Kadang-kadang mikroorganisme antagonistik tersebut terdiri atas strain-strain avirulent dari patogen yang sama yang membinasakan atau menghambat perkembangan patogen tersebut sebagaimana yang terjadi pada **hypovirulence** dan proteksi silang. Dalam beberapa hal tanaman tingkat tinggipun dapat mengurangi jumlah inokulum baik dengan cara kemampuan memperangkap patogen-patogen (tanaman perangkap) atau dengan cara melepaskan senyawa-senyawa yang toksik ke dalam tanah sehingga mematikan patogen-patogen di dalam tanah.

1. Supresive Soil

Beberapa patogen tular tanah seperti *Fusarium oxysporum* (penyakit layu pembuluh), *Phytophthora cinnamomi* (busuk akar), *Pythium* spp. (rebah kecambah) dan *Heterodera avenae* (nematoda) berkembang baik dan menyebabkan penyakit yang parah pada beberapa tanah yang dikenal sebagai *conducive soil*, tetapi mereka kurang bisa berkembang serta hanya menyebabkan penyakit yang tidak parah pada tanah-tanah lain yang dikenal sebagai *suppressive soils*. Mekanisme yang terjadi pada *suppressive soil* terutama menyangkut

faktor-faktor biotik dan abiotik. Pada faktor-faktor biotik kebanyakan dikarenakan adanya mikroorganisme antagonistik terhadap patogen. Antagonis tersebut dapat berupa antibiotik yang diproduksinya, enzim-enzim litis, kompetisi makanan atau langsung memarasit patogen, sehingga populasi patogen tidak dapat berkembang dan berakibat tidak parahnya penyakit tanaman.

Berbagai macam mikroorganisme antagonistik yang menekan patogen ditemukan pada tanah-tanah suppressive. Jamur *Trichoderma*, *Penicillium* dan *Sporidesmium* atau bakteri genus *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Streptomyces* adalah mikroorganisme antagonistik yang umum ditemukan di tanah-tanah suppressive. Tanah suppressive yang ditumbuhkan ke dalam tanah-tanah kondusif dapat mengurangi jumlah penyakit karena diintroduksinya mikroorganisme antagonistik terhadap patogen. Sebagai contoh tanah-tanah kondusif yang ditambahkan tanah-tanah suppressive yang mengandung strain dari species *Streptomyces* yang antagonistik terhadap *Streptomyces scabies* penyebab penyakit kudis pada kentang akan menghasilkan umbi kentang yang sama sekali bebas dari penyakit kudis.

2. Mengurangi Jumlah Inokulum Patogen dengan Mikroorganisme Antagonistik

a). Patogen-patogen tular tanah

Miselia dan spora istirahat atau sklerotia dari beberapa patogen tular tanah seperti *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* dan *Sclerotium* diserang dan diparasit atau mengalami lisis oleh beberapa jamur lain yang tidak patogenik terhadap tanaman. Beberapa jamur non patogenik tanaman termasuk Oomycetes, Chytridiomycetes dan Hyphomycetes dan beberapa Pseudomonad dan bakteri Actinomycetous menginfeksi spora istirahat dari beberapa jamur patogenik tanaman. Jamur mikoparasitik yang umum dijumpai adalah *Trichoderma* sp. terutama *T. harzianum* yang memarasit miselia *Rhizoctonia* dan *Sclerotium* serta menghambat pertumbuhan jamur *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium* dan *Heterobasidion* (*Fomes*) serta mengurangi penyakit-penyakit yang disebabkan oleh patogen lain. Jamur mikoparasitik lainnya adalah *Laetisaria arvalis* (*Corticium* sp) yang memarasit dan antagonistik terhadap *Rhizoctonia* dan *Pythium*. Jamur *Sporidesmium sclerotivorum*, *Gliocladium virens* dan *Coniothyrium minitans* adalah juga parasit dan antagonistik terhadap *Sclerotinia sclerotiorum*. Jamur *Talaromyces flavus* dapat memarasit *Verticillium*. Selain itu, beberapa spesies *Pythium* dapat memarasit spesies *Phytophthora* dan *Pythium*. Beberapa jenis kamir seperti *Pichia guilliermondii* juga dapat memarasit dan menghambat pertumbuhan jamur *Botrytis* dan

Penicillium. Selain jamur, bakteri-bakteri dari genus *Bacillus*, *Enterobacter* dan *Pseudomonas* dapat memarasit atau menghambat pertumbuhan jamur *Sclerotium ceptivorum*, *Phytophthora* sp., *Pythium* sp dan *Gaeumannomyces tritici*. Nematoda pemakan jamur seperti nematoda *Aphelenchus avenae* dapat memarasit jamur *Rhizoctonia* dan *Fusarium*. Golongan amoeba seperti *Vampyrella* dapat memarasit jamur *Cochliobolus sativus* dan *Gaeumannomyces graminis*. Nematoda patogen tumbuhan juga dapat diparasit oleh mikroorganisme yang lain. Nematoda *Xiphenema* dan sist nematoda *Heterodera* dan *Globodera* diparasit oleh jamur pemakan nematoda yaitu *Catenaria auxiliaris*, *Nematophthora gynophila*, *Verticillium chlamydosporium* dan *Hirsutella* sp. sedangkan nematoda akar bengkah *Meloidogyne* sp diparasit oleh jamur *Dactylella*, *Arthrobotrys*, *Paecilomyces* dan *Hirsutella* sp. Bakteri *Pasteuria* (*Bacillus*) *penetrans* dapat memarasit nematoda *Meloidogine javanica*.

b). Patogen-patogen udara

Telah diketahui pula bahwa banyak jamur yang bersifat antagonis dan menghambat patogen-patogen pada bagian-bagian tanaman di atas tanah. *Chaetomium* sp dan *Athelia bombacina* dapat menekan produksi askospora dan konidia jamur *Venturia inaequalis* masing-masing pada daun-daun yang gugur dan daun-daun yang masih menempel di pohon. *Tuberculina maxima* dapat memarasit jamur *Cronartium ribicola* pada pinus. Demikian juga jamur *Darluca filum* dan *Verticillium lecanii* memarasit beberapa jamur karat. *Ampelomyces quisqualis* memarasit beberapa jamur embun tepung. *Tilletiopsis* sp. memarasit jamur *Spaerotheca fuliginea* (embun tepung pada ketimun). *Nectria inventa* dan *Gonatobotrys simplex* memarasit dua species jamur patogenik *Alternaria*.

c). Mekanisme kerja mikroorganisme antagonis.

Mekanisme kerja mikroorganisme antagonis antara lain:

1) Parasitis langsung atau lisis dan kenatium patogen, 2) Persaingan makanan dengan patogen, 3) Pengaruh langsung racun berupa antibiotik yang dilepaskan oleh mikroorganisme antagonistik, dan 4) Pengaruh tidak langsung dari racun terhadap patogen melalui senyawa-senyawa volatil seperti ethylene yang dilepaskan melalui aktifitas metabolik dari mikroorganisme antagonis.

3. Penggunaan tanaman perangkap

Pertanaman kacang-kacangan, cabai atau labu-labuan bila dikelilingi dengan beberapa baris tanaman jagung, singkong dan tanaman-tanaman tinggi lainnya akan terhindar dari

serangan virus-virus yang terbawa oleh kutu tanaman. Hal ini dikarenakan kutu-kutu pembawa virus tersebut pertama-tama akan berhenti dan makan pada tanaman yang lebih tinggi tersebut. Kebanyakan virus-virus tersebut bersifat non persisten pada kutu-kutu tanaman tersebut, sehingga ketika kutu-kutu tersebut pindah ke tanaman pokok (kacang-kacangan, cabai dan labu-labuan), kutu-kutu tanaman telah kehilangan virusnya. Dengan demikian tanaman perangkap dapat mencegah atau paling tidak mengurangi jumlah inokulum yang akan menyerang tanaman pokok. Tumbuhan perangkap juga dapat dipakai dalam pengendalian nematoda walaupun cara kejanya berbeda. Beberapa tanaman yang benar-benar tidak peka terhadap beberapa nematoda parasit tumbuhan yang bersifat menetap dapat menghasilkan eksudat yang dapat menstimulasi telur nematoda untuk menetas. Larva muda nematoda kemudian memasuki tumbuhan perangkap namun tidak bisa berkembang mencapai tingkat dewasa dan akhirnya mati. Rotasi tanaman dengan tumbuhan perangkap seperti ini akan mengurangi populasi nematoda di dalam tanah. Tumbuhan *Crotalaria* dapat memperangkap larva muda dari nematoda akar bengkok *Meloidogyne* sp. Penggunaan tumbuhan perangkap masih dipakai secara terbatas karena keberhasilan pengendaliannya belum seimbang dengan biaya dan resiko akibat penggunaan tumbuhan perangkap perlu diteliti lebih lanjut.

4. Penggunaan tumbuhan antagonistik

Beberapa macam tanaman seperti asparagus dan tagetes adalah antagonistik terhadap nematoda karena tanaman jenis ini melepaskan senyawa-senyawa ke dalam tanah yang bersifat racun terhadap beberapa nematoda parasit tumbuhan. Biasanya tumbuhan ini ditanam secara sisipan pada tanaman-tanaman yang peka terhadap nematoda untuk mengurangi nematoda di dalam tanah dan akar-akar tanaman peka. Tumbuhan antagonistik belum banyak dimanfaatkan karena alasan pembiayaan dan hasil yang dicapai belum seimbang. Hal ini juga masih memerlukan penelitian lebih lanjut

Pengendalian Secara Fisika Untuk Mengeradiksi Atau Mengurangi Inokulum Patogen

Elemen-elemen pengendalian secara fisika yang paling umum digunakan dalam mengendalikan penyakit tanaman adalah suhu (tinggi/rendah), udara kering, panjang gelombang cahaya dan macam-macam radiasi. Rumah kaca/plastik (yang di dalamnya ada tanaman) juga termasuk ke dalam pengendalian secara fisika karena rumah kaca tersebut bertindak sebagai penghalang fisik terhadap masuknya patogen-patogen dan vektor, sehingga tanaman di dalamnya terhindar dari beberapa penyakit. Masih termasuk ke dalam

pengendalian secara fisika adalah penggunaan jaring dan lembaran plastik untuk menyungkap tanaman sehingga tanaman di dalamnya terhindar dari patogen dan vektor.

1. Pengendalian penyakit tumbuhan dengan cara pemanasan

a. Sterilisasi tanah dengan pemanasan

Tanah-tanah pengisi pot untuk memelihara tanaman di dalam rumah kaca dan tanah-tanah tempat persemaian disterilisasi dengan memakai udara panas/uap panas bertekanan atau air panas. Tanah-tanah pengisi pot dimasukkan ke dalam kontainer tertutup lalu dialiri dengan udara/uap panas bertekanan. Tanah-tanah persemaian dialiri dengan udara/uap panas melalui pipa-pipa yang dihubungkan ke alat sumber panas. Dengan cara ini udara/uap panas akan berdifusi ke dalam tanah. Dengan sistem pemanasan seperti ini, pada suhu 50 °C sudah dapat mematikan nematoda, dan jamur-jamur dari golongan Oomycetes sedangkan pada suhu 60 dan 72 °C kebanyakan jamur-jamur patogenik tumbuhan, bakteri, cacing dan siput akan mati terbunuh. Pada suhu 82 °C umumnya sisa-sisa bakteri patogen tumbuhan, dan virus-virus pada sisa-sisa tanaman juga akan mati terbunuh, sedangkan virus mosaik tembakau baru akan mati bila suhu pemanasan mencapai 95 dan 100 °C. Keburukan pengendalian dengan pemanasan adalah dapat mematikan mikroorganisme saprofitik di dalam tanah serta menimbulkan akumulasi garam dan amoniak yang akan merusak atau membunuh tanaman yang akan ditanam pada tanah baru disterilisasi tersebut.

b. Perlakuan air panas terhadap organ-organ pembiakan tanaman

Perlakuan air panas terhadap biji-bijian/benih, umbi-umbian dan semaian bertujuan untuk mematikan setiap patogen yang menginfeksi atau mematikan patogen yang berada di dalam maupun dipermukaan bahan-bahan tersebut ataupun pada luka-luka fisiknya. Selama bertahun-tahun. Perlakuan benih dengan air panas merupakan satu-satunya cara untuk mengatasi beberapa penyakit, seperti halnya untuk mengatasi jamur api (*Ustilago*) pada tanaman-tanaman sereal karena miselinya terdapat di dalam biji yang tidak dapat dicapai oleh bahan-bahan kimia fungisida. Nematoda pada umbi-umbian dan semaian juga dapat dimusnahkan dengan cara perlakuan air panas seperti halnya pada nematoda *Ditylenchus dipsaci* pada umbi-umbian tanaman hias dan *Rodopholus similis* pada akar-akar bibit jeruk.

Keefektifan dari perlakuan dengan air panas didasarkan pada kenyataan bahwa organ-organ tanaman yang dorman lebih tahan terhadap suhu tinggi dibandingkan patogennya.

Suhu air panas yang digunakan serta lamanya perlakuan berbeda-beda tergantung kepada kombinasi inang-patogen. Perendaman biji-biji gandum di dalam air panas untuk memusnahkan jamur api adalah selama 11 menit pada suhu 52 °C sedangkan untuk memusnahkan nematoda *Ditylenchus dipsaci* pada umbi-umbian cukup diperlukan suhu sebesar 43 °C selama 3 jam.

c. Perlakuan udara panas

Perlakuan udara panas biasanya berupa udara hangat dilakukan terhadap organ-organ tanaman yang disimpan di dalam gudang penyimpanan dengan tujuan membuang kelebihan uap lembab dari permukaan bahan-bahan yang disimpan serta mempercepat penyembuhan luka-luka fisiknya guna mencegah infeksi patogen-patogen yang lemah. Ketela rambat yang disimpan di gudang dialiri dengan udara panas dengan suhu 28-32 °C selama 2 minggu akan membantu mempercepat penyembuhan luka-luka fisik sehingga tidak terjadi infeksi oleh jamur *Rhizopus* dan bakteri penyebab busuk lunak. Pengaliran udara hangat pada gudang penyimpanan daun tembakau dan tongkol jagung dapat mencegah infeksi jamur dan bakteri yang bersifat saprofitik.

2. **Pengendalian penyakit dengan panjang gelombang cahaya**

Jamur *Alternaria*, *Brotrytis* dan *Stemphylium* hanya dapat bersporulasi pada cahaya dalam bentuk ultraviolet dengan kisaran di bawah 360 nm. Untuk mengendalikan jamur tersebut pada tanaman sayuran yang ditempatkan di rumah kaca dapat dilakukan dengan menutup atau mengkonstruksi rumah kaca dengan film vynil yang dapat menyerap sinar ultra violet sehingga menahan transmisi panjang gelombang cahaya di bawah 390 nm.

3. **Pengeringan biji-bijian dan buah-buahan yang akan disimpan**

Berbagai macam jamur dan bakteri sering berada atau terbawa ke dalam semua biji-bijian dan kacang-kacangan. Patogen tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada bahan-bahan tersebut bila kadar airnya berlebihan. Kerusakan tersebut dapat dihindari bila biji-bijian dan buah-buahan itu dipanen pada saat benar-benar sudah matang, kemudian dikeringkan di udara terbuka (matahari) atau diberi perlakuan udara panas sampai kadar airnya mencapai 12 % sebelum disimpan di gudang. Setelah bahan-bahan berada di dalam gudang, kondisi kelembaban gudang harus diatur sedemikian rupa (berventilasi cukup) sehingga kelembaban gudang tidak melebihi 12 %.

4. Pengendalian penyakit tumbuhan dengan pendinginan

Cara pendinginan paling banyak dan luas digunakan dalam mengendalikan penyakit-penyakit pasca panen seperti sayuran dan buah-buahan. Biasanya tempat penyimpanan didinginkan sampai mencapai titik beku atau sedikit di atas titik beku dan telah cukup untuk menginaktifkan patogen-patogennya sehingga tidak menyebar dan merusak bahan-bahan simpanan. Dengan keadaan ini semua patogen baik yang berada pada permukaan maupun yang berada dalam jaringan bahan-bahan simpanan menjadi tidak aktif. Buah-buahan dan sayuran yang mudah rusak harus segera didinginkan setelah dipanen baik dalam pengangkutan maupun di gudang penyimpanan.

5. Pengendalian penyakit tumbuhan dengan cara radiasi

Berbagai macam radiasi elektromagnet seperti cahaya ultra violet, sinar X, dan sinar gama telah dipelajari kemampuannya dalam mengendalikan penyakit-penyakit pasca panen pada buah-buahan dan sayuran. Ternyata radiasi dapat membunuh patogen yang berada pada buah-buahan dan sayuran serta aman untuk dikonsumsi namun sayangnya dosis radiasi yang dibutuhkan untuk membunuh patogen-patogen tersebut banyak juga yang dapat merusak jaringan-jaringan buah-buahan dan sayuran tersebut.

Pengendalian Secara Kimia Untuk Mengeradikasi Atau Mengurangi Inokulum

Pestisida kimia umumnya digunakan untuk melindungi permukaan tanaman dari infeksi patogen atau untuk mengeradikasi patogen yang telah menginfeksi tanaman. Hanya sedikit perlakuan-perlakuan kimia yang ditujukan untuk mengeradikasi atau mengurangi patogen secara besar-besaran sebelum patogen tersebut berkontak dengan tanaman. Perlakuan-perlakuan tersebut berupa perlakuan tanah (fumigasi), disinfestasi gudang, sanitasi alat-alat dan pengendalian terhadap vektor pembawa patogen.

1. Perlakuan tanah dengan cara kimia

Tanah yang akan ditanami dengan sayuran, tembaku, pohon-pohonan atau tanaman berharga lainnya sering diperlakukan dengan bahan-bahan kimia untuk mengendalikan nematoda, jamur-jamur tular tanah (*Fusarium*, *Verticillium*) dan bakteri. Aplikasi fungisida pada tanah dapat dalam bentuk tepung, cairan pembasah, gas atau butiran. Di daerah pertanian yang beririgasi, fungisida diberikan melalui air irigasi terutama pada

irigasi sprinkler. Fungisida yang digunakan untuk perlakuan tanah adalah metalaxyl, diazoben, pentachloronitrobenzene (PCNB), Captan dan Chloroneb.

Fumigasi

Metoda yang sangat memberi harapan dalam mengendalikan nematoda dan patogen-patogen tular tanah di lapangan adalah fumigasi tanah dengan bahan-bahan kimia yang disebut fumigant. Fumigant yang umum dipakai adalah chloropicrin, methyl bromida, dazomet dan sodium metam, baik yang bersifat volatil begitu diaplikasikan ke dalam tanah manapun yang bersifat menjadi gas di dalam tanah. Fumigan-fumigant ini digunakan sebelum tanam dan memiliki spektrum yang luas serta efektif. Nematisida kontak seperti fensulfotion, carbofuran, aldicarb dan ethoprop daya volatilnya rendah tapi efektif terhadap nematoda serta dapat diaplikasikan baik sebelum maupun sesudah tanam.

Nematisida yang digunakan untuk fumigasi tanah tersedia dalam bentuk cairan bertekanan, cairan, emulsi dan butiran. Nematisida ini diaplikasikan pada tanah baik secara disebar rata pada seluruh tanah yang akan ditanami (broadcast) atau diaplikasikan hanya pada jalur-jalur yang akan ditanami. Pada kedua cara ini, fumigan diaplikasikan melalui pipa-pipa penghubung yang melekat di belakang traktor. Setelah mematisida diaplikasikan, tanah segera ditutup dengan tanah dengan menggunakan bajak cakram dari traktor tersebut, sedangkan mematisida yang sangat mudah menguap setelah diaplikasikan pada tanah, tanah tersebut harus segera ditutup dengan plastik poleyethylene minimal selama 48 jam. Penggunaan nematisida pada tanah-tanah pertanian yang sempit cukup diinjeksikan melalui aplikator tangan pada tanah-tanah yang terlebih dahulu ditutup dengan terpal yang pinggirannya ditutup dengan tanah. Nematisida berbentuk butiran dapat diaplikasikan dengan menempatkan butiran-butiran mematisida pada lubang-lubang atau saluran-saluran kecil yang dibuat terlebih dahulu lalu segera ditutup dengan tanah. Untuk menghindari keracunan tanaman, sebaiknya tanah yang sudah difumigasi dibiarkan selama beberapa hari sampai 2 minggu, baru ditanami.

2. Disinfestasi Gudang

Bahan-bahan pertanian yang disimpan di dalam gudang dapat dilindungi dari infeksi patogen yang kemungkinan sudah berada di gudang dengan cara sebelum bahan-bahan disimpan, gudang terlebih dahulu dibersihkan, kemudian lantai dan dinding gudang dicuci

dengan larutan tembaga sulfat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) atau bahan-bahan pembasmi lainnya. Gudang dapat juga difumigasi dengan kloropikrin (CCl_3NO_2) selama 24 jam sebelum bahan-bahan pertanian disimpan di dalamnya.

3. Pengendalian vektor serangga

Bila suatu patogen telah terbawa masuk atau disebarkan oleh serangga vektor, maka pengendalian terhadap vektor merupakan hal penting untuk dilakukan bahkan kadang-kadang lebih mudah mengendalikan vektornya daripada mengendalikan patogennya. Aplikasi insektisida terhadap vektor yang membawa spora jamur dan bakteri terbukti cukup baik dan dapat direkomendasikan dalam pengendalian beberapa serangga vektor pembawa patogen. Serangga vektor pembawa virus, molikut dan bakteri rewel merupakan vektor penting sebagai pembawa dan penyebar patogen-patogen tersebut. Pengendalian terhadap vektor serangga pembawa virus, molikut dan bakteri rewel hanya akan bermanfaat bila serangga vektor tersebut dikendalikan sebelum serangga vektor mencapai tanaman pokok.

Pengurangan penularan virus melalui kutu tanaman dapat pula dilakukan dengan cara mengganggu kemampuan kutu tanaman untuk memperoleh dan menyebarkan virus. Caranya ialah dengan menyemprotkan minyak mineral yang halus ke tanaman sampai beberapa kali dalam suatu musim tanam. Minyak mineral tidak toksik terhadap kutu tanaman dan juga tidak mempengaruhi perilaku makan dari kutu tanaman.

9.3 Perbaikan Ketahanan Tanaman dan Imunisasi

Tidak seperti manusia dan hewan, tanaman tidak memiliki sistem produksi antibiotik sehingga tidak dapat diimunisasi melalui vaksinasi seperti pada manusia. Namun bagaimanapun, melalui rekayasa genetik, para ilmuwan telah mengenalkan dan mengungkapkan di dalam tanaman, gen-gen dari tikus menyandikan adanya produksi antibodi terhadap patogen-patogen tertentu tanaman, kebanyakan virus diinjeksikan secara buatan. Walaupun tanaman yang sudah direkayasa benar-benar menghasilkan antibodi yang disebut plantibodi terhadap patogen-patogen spesifik pada tanaman, belum diketahui apakah antibodi demikian akan dapat melindungi tanaman secara efektif terhadap patogen-patogen yang akan menyerang tanaman.

Inokulasi tanaman dengan patogen-patogen tertentu seringkali menyebabkan tanaman menjadi imun sementara maupun imun yang tetap, artinya tanaman menjadi tahan terhadap

patogen walaupun secara normal tanaman tersebut adalah peka. Beberapa perlakuan seperti ini hanya menyangkut virus yang dikenal sebagai proteksi silang; lainnya menyangkut berbagai macam patogen yang berbeda yang dikenal sebagai ketahanan yang diperoleh secara sistemik (systemic acquired resistance/SAR). Ketahanan yang diperoleh secara sistemik dapat pula dilakukan melalui aplikasi senyawa-senyawa kimia pada tanaman. Senyawa-senyawa tersebut antara lain asam salisilat, asam dichloroisonicotinic dan benzothiazoles.

Ketahanan dari kebanyakan tanaman terhadap berbagai patogen terutama virus telah ditingkatkan secara nyata melalui teknik rekayasa genetik, gen-gen dan segmen-segmen DNA lainnya yang didapat dari patogen itu sendiri (ketahanan yang berasal dari bahan patogen) yang dimasukkan ke dalam tanaman. Beberapa gen ini mengkodekan untuk memproduksi protein-protein struktural dan fungsional tertentu terhadap patogen. Namun demikian belum diketahui dengan jelas bagaimana mekanisme tanaman dalam menghasilkan protein patogen tersebut dalam meningkatkan ketahanan tanaman. Ketahanan beberapa tanaman juga dapat diperbaiki dengan jalan memasukkan ke dalam tanaman melalui rekayasa genetik, gen-gen yang didapatkan dari tanaman, patogen-patogen lain atau organisme lain yang dapat menyandikan produksi enzim-enzim, peptida-peptida atau racun yang mengganggu infeksi patogen. Dalam beberapa hal ketahanan tanaman terhadap patogen-patogen dapat diperbaiki melalui perbaikan kondisi pertumbuhan tanaman (pemupukan, irigasi, drainase dan sebagainya).

Sejauh ini yang paling umum dilakukan untuk memperbaiki ketahanan tanaman terhadap patogen-patogen adalah melakukan perbaikan ketahanan genetik berupa pemuliaan dan penggunaan varietas tahan. Pada pertengahan tahun 1990-an, teknik rekayasa genetik telah memungkinkan pengisolasian gen-gen ketahanan secara individual dari tanaman-tanaman tahan dan dipindahkan ke tanaman sejenis yang peka. Diharapkan dengan menggabungkan teknik-teknik rekayasa genetik dengan cara-cara pemuliaan konvensional akan didapatkan cara-cara yang efektif dalam mengendalikan penyakit tanaman.

1. Proteksi silang

Istilah proteksi silang secara spesifik dipakai untuk melindungi suatu tanaman dengan suatu strain yang lemah dari suatu virus terhadap infeksi virus strain yang sama, tetapi menyebabkan gejala yang berat. Hal ini nampaknya merupakan fenomena umum diantara strain-strain virus, walaupun beberapa strain yang lemah lebih efektif daripada yang lainnya

dalam melindungi tanaman dari infeksi strain-strain virus yang kuat. Contoh proteksi silang yang telah berhasil ialah pada tanaman tomat yang diinokulasi dengan strain lemah dari virus mosaik tembakau, jeruk dengan virus tristeza dan pepaya dengan virus bercak bercincin.

Penggunaan proteksi silang belum digunakan secara luas karena strain lemah dari virus yang memadai sering tidak tersedia, dan strain-strain lemah tidak selalu efektif terhadap semua strain-strain kuat yang terdapat pada lokasi-lokasi yang berbeda dan sulit pelaksanaannya di lapangan. Selain itu ada kekawatiran akan terjadi bahaya mutasi sehingga strain-strain lemah dapat berubah menjadi strain kuat, infeksi ganda dan dapat menyebar ke tanaman lain dengan virulensi yang lebih tinggi. Kelemahan lainnya misalnya pada tanaman tahunan seperti jeruk, kemampuan proteksi silang dari strain lemah dapat hilang setelah beberapa tahun karena penyebaran strain-strain lemah tidak merata di dalam pohon sehingga strain-strain baru yang kuat dapat hidup pada tempat-tempat yang kosong (bebas dari strain lemah) yang pada akhirnya akan menyebar secara merata di dalam pohon dan akhirnya menjadikan tanaman menderita sakit.

2. Pengimbasan ketahanan: Ketahanan yang diperoleh secara sistemik

Banyak contoh tentang tanaman yang diinfeksi dengan satu patogen menjadi lebih tahan terhadap infeksi berikutnya oleh patogen lain. Demikian pula ada tanaman yang menjadi tahan bila tanaman tersebut diinokulasi dengan patogen pada saat awal pertumbuhannya sehingga menjadi tahan terhadap patogen yang sama (Namun bagaimanapun ada pula tanaman yang menjadi lebih peka terhadap suatu patogen bila tanaman tersebut telah terinfeksi dengan patogen lain). Tanaman kacang-kacangan dan bit gula yang telah diinokulasi dengan virus menunjukkan ketahanan yang lebih besar terhadap infeksi oleh jamur-jamur obligat yang menyebabkan karat dan embun tepung dibandingkan dengan tanaman yang bebas virus. Tanaman tembakau yang terinfeksi oleh virus mosaik merangsang ketahanan sistemik tidak hanya terhadap virus mosaik tetapi juga terhadap virus-virus lain yang tidak memiliki kekerabatan dengan virus mosaik, terhadap jamur *Phytophthora nicotianae*, terhadap bakteri-bakteri *Pseudomonas tabaci*, dan bahkan terhadap kutu tanaman. Sebaliknya inokulasi tembakau dengan jamur penyebab luka akar seperti *Chalara elegans* (*Thielaviopsis basicola*) atau bakteri *Pseudomonas syringae* penyebab bercak daun akan merangsang ketahanan sistemik terhadap virus mosaik. Tanaman buah-buahan seperti pear dan apel akan tahan terhadap penyakit hawar bakteri (*Erwinia amylovora*) bila tanaman tersebut terlebih dahulu diinokulasi dengan bakteri non patogenik. Tanaman labuh-labuhan

yang diinokulasi pada umur muda dengan jamur *Colletotrichum lagenarium* akan menjadi tahan setelah dewasa terhadap serangan jamur tersebut.

Ketahanan tanaman terhadap patogen-patogen pula dirangsang dengan perlakuan seperti penggosokan, infiltrasi atau injeksi dengan senyawa-senyawa yang diperoleh dari patogen itu sendiri seperti mantel protein virus mosaik, komponen protein atau fraksi glycoprotein dan bakteri (*Pseudomonas solanacearum*), komponen lipid dari jamur (*Phytophthora infestans*) atau polisakarida seperti chitosan dari jamur pada tanaman.

Perangsangan terhadap ketahanan tanaman dapat dilakukan juga melalui perlakuan tanaman dengan senyawa yang tidak ada hubungan dengan patogen yang akan menyerang, seperti rendaman fraksi bakteri non patogenik, polisakarida dan jamur non patogenik, atau senyawa protein yang diisolasi dari tanaman yang tidak sekerabat sehingga menyebabkan sehingga menyebabkan tanaman menjadi tahan terhadap infeksi virus mosaik tembakau dan penyakit-penyakit lainnya.

3. Aktivator Pertahanan Tanaman

Dari hasil penelitian yang sedang dikembangkan saat ini ternyata ketahanan tanaman terhadap beberapa virus seperti virus mosaik tembakau, jamur seperti *Peronospora tabacina*, dan bakteri seperti *Pseudomonas syringae* dapat dirangsang dengan beberapa senyawa kimia sintetik yang diberikan lewat injeksi, penyemprotan dan atau absorpsi melalui petiola atau melalui akar. Senyawa kimia sintetik tersebut telah dilaporkan sebagai perangsang yang efektif bagi ketahanan sistemik yang diperoleh terhadap beberapa patogen. Senyawa tersebut antara lain asam salisilat (derivatif asam acetylsalicylic yaitu aspirin), dan asam dichloroisonicotinic. Diharapkan nantinya ditemukan senyawa-senyawa kimia sintetik yang benar-benar efektif dapat merangsang ketahanan tanaman terhadap patogen dan diperdagangkan secara komersial.

4. Memperbaiki Kondisi Pertumbuhan Tanaman

Cara bercocok tanam yang baik dapat memperbaiki ketahanan tanaman sehingga bisa meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Pemupukan yang tepat, drainase, irigasi, jarak tanam yang tepat, pengendalian gulma akan memperbaiki pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya baik secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap pengendalian penyakit tumbuhan.

5. Penggunaan Varietas Tahan

Penggunaan varietas-varietas tanaman yang tahan tidak terlalu mahal, lebih mudah, lebih aman dan merupakan cara yang paling efektif dalam pengendalian penyakit tanaman karena tidak saja mengeliminir kehilangan hasil tetapi juga mengeliminir bagian-bagian untuk penyemprotan obat-obatan dengan cara pengendalian lainnya serta menghindari pencemaran lingkungan dengan racun-racun kimia yang berbahaya, lagi pula banyak penyakit-penyakit seperti penyakit pembuluh dan penyakit yang disebabkan oleh virus sering tidak dapat dikendalikan dengan cara-cara pengendalian lainnya, sehingga penggunaan varietas-varietas tahan merupakan cara yang paling ampuh untuk mendapatkan produksi yang baik.

Varietas tahan yang paling baik ialah bila tanaman memiliki sekaligus ketahanan vertikal dan ketahanan horizontal. Kebanyakan tanaman hanya memiliki sedikit gen-gen (2-3 gen) ketahanan vertikal dan ketahanan horizontal. Tanaman seperti ini tentunya hanya tahan terhadap beberapa ras patogen saja. Bila patogennya bersifat tular udara dan ras-ras baru mudah terbawa seperti halnya yang terjadi pada penyakit-penyakit karat, penyakit embun tepung dan *Phytophthora infestans*, maka ketahanan tanaman akan patah sehingga varietas tersebut perlu diganti secara periodik misalnya 3, 5 atau 10 tahun. Diharapkan dengan kemajuan teknologi rekayasa genetik pemindahan gen-gen tahan secara cepat ke dalam tanaman peka dapat mengatasi kelemahan cara pemuliaan konvensional yang memerlukan waktu lama untuk mendapatkan suatu varietas yang tahan.

9.4 Proteksi Langsung terhadap Tanaman

Bila metoda-metoda (cara-cara) lain telah digunakan dalam pengendalian penyakit tumbuhan tidak menunjukkan hasil, maka tanaman harus diproteksi secara langsung dari infeksi patogen. Proteksi langsung terhadap tanaman dari serangan patogen dalam beberapa hal dapat dilakukan melalui cara pengendalian biologis (jamur dan bakteri antagonis). Namun yang paling utama dilakukan untuk memproteksi tanaman secara langsung adalah dengan cara pengendalian kimia yaitu penggunaan bahan-bahan kimia melalui penyemprotan baik berupa cairan, tepung pada permukaan tanaman, perlakuan biji-biji, benih, perlakuan terhadap luka-luka batang akibat serangan patogen dan pengendalian pasca panen.

1. Proteksi secara langsung dengan cara pengendalian biologis

Cara pengendalian biologis yang langsung melindungi tanaman dari serangan patogen termasuk penggunaan mikroorganisme antagonistik pada tempat-tempat yang akan atau telah diinfeksi patogen. Dewasa ini paling tidak ada enam mikroorganisme antagonis yang secara

komersial telah beredar di pasaran yaitu jamur *Gliocladium virens*, *Trichoderma harzianum*, *T. polysporum* dan bakteri *Agrobacterium radiobacter*, *Pseudomas fluorescens* dan *Bacillus subtilis*.

2. Proteksi langsung dengan bahan-bahan kimia

Cara yang paling banyak dikenal dalam pengendalian penyakit tumbuhan baik di lapang, rumah kaca, dan gudang adalah dengan penggunaan senyawa-senyawa kimia yang bersifat racun (toksik) terhadap patogen. Senyawa-senyawa kimia demikian menghambat perkecambahan, pertumbuhan dan perkembangbiakan patogen atau dapat mematikan patogen seketika itu juga. Nama-nama senyawa kimia yang dipakai dalam pengendalian penyakit tumbuhan tergantung kepada jenis mikroorganisme sasaran. Senyawa-senyawa kimia yang dipakai untuk mengendalikan jamur disebut fungisida, untuk bakteri disebut bakterisida, untuk nematoda disebut nematisida, untuk virus disebut virisida sedangkan tumbuhan tingkat tinggi parasitik disebut herbisida. Beberapa bahan kimia merupakan pestisida yang berspektrum luas, artinya bahan-bahan kimia tersebut bersifat racun terhadap seluruh atau kebanyakan macam patogen, sedangkan yang lainnya hanya berpengaruh terhadap sejumlah kecil macam patogen bahkan ada yang hanya berpengaruh terhadap satu jenis patogen yang spesifik saja.

Kebanyakan bahan-bahan kimia digunakan untuk mengendalikan penyakit-penyakit daun, sedangkan yang lainnya untuk bagian-bagian tanaman yang berada di atas permukaan tanah, ada juga yang bersifat mengusir atau melindungi biji-bijian, dan umbi-umbian dari infeksi patogen. Beberapa bahan kimia digunakan untuk disinfestasi tanah, gudang, ada pula untuk pengobatan luka akibat patogen atau melindungi buah-buahan dan sayuran yang akan disimpan di dalam gudang dari serangan patogen, bahkan ada juga yang khusus digunakan untuk mengendalikan serangga-serangga vektor dari patogen.

Dahulu, bahan-bahan kimia diberikan pada tanaman atau organ-organ tanaman hanya bersifat melindungi tanaman dari infeksi yang akan datang, dan tidak dapat memberhentikan atau menyembuhkan tanaman yang telah terserang terlebih dahulu oleh patogen. Sebagian besar dari bahan-bahan kimia dahulu hanya efektif buat patogen yang ada di permukaan tanaman karena tanaman tidak dapat menyerap atau mentranslokasikan bahan tersebut. Bahan-bahan kimia dewasa ini banyak yang bersifat sebagai eradikan (memusnahkan) maupun yang bersifat sistemik di dalam tanaman.

3. Cara-cara aplikasi bahan-bahan kimia dalam pengendalian penyakit tumbuhan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam pengendalian penyakit tumbuhan diberikan secara langsung pada tanaman atau tanah dengan bantuan berbagai macam alat seperti alat penghembus tepung (duster), alat penyemprot (sprayer), alat injeksi (injektor) dan alat fumigasi (fumigator).

a. Aplikasi cairan dan tepung pada dedaunan tanaman

Bahan-bahan kimia yang diberikan dalam bentuk cairan dan tepung pada dedaunan tanaman biasanya ditujukan untuk mengendalikan penyakit-penyakit yang disebabkan oleh jamur, dan secara terbatas ada juga yang digunakan untuk pengendalian bakteri-bakteri penyebab penyakit. Kebanyakan fungisida dan bakterisida adalah protektan karenanya harus ada terlebih dahulu pada permukaan tanaman sebelum patogen menyerang supaya dapat mencegah terjadinya infeksi. Keberadaan fungisida pada permukaan tanaman akan mencegah perkecambahan spora jamur ada juga yang langsung dapat membunuh sporanya, sedangkan bakterisida dapat menghambat pebanyakan bakteri atau bahkan membunuh bakteri tersebut.

Beberapa fungisida yang lebih baru juga dapat secara langsung mencegah atau membunuh jamur yang telah lebih dahulu menyerang dedaunan, buah dan batang. Fungisida jenis ini disebut eradikan. Ada juga fungisida yang memiliki daya kerja sistemik sebagian karena dedaunan tanaman dapat mengabsorpsi dan mentranslokasikan fungisida ke dalam daun. Selain itu terdapat pula fungisida sistemik penuh yaitu fungisida yang dapat diserap dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman inang (benomyl, thiabendazole, carbaxin dan metalaxil). Beberapa bakterisida seperti streptomycin, tetracyclin dan antibiotik lainnya adalah bersifat sistemik terutama bila diberikan dengan cara injeksi.

Fungisida dan bakterisida yang diberikan dengan cara penyemprotan umumnya lebih efisien dalam menciptakan lapisan residu pada permukaan tanaman bila dibandingkan dengan cara penghembusan tepung. Baik cara penyemprotan maupun cara penghembusan tepung fungisida yang diaplikasikan pada saat hujan tidak memberikan hasil yang baik karena fungisida tidak dapat melekat dan mudah tercuci oleh air hujan. Senyawa-senyawa kimia dengan tegangan permukaan yang rendah disebut surfaktan sering ditambahkan ke dalam fungisida supaya fungisida tersebut tersebar merata di seluruh daun. Untuk menambah daya lekat fungisida pada permukaan tanaman, ke dalam fungisida sering ditambahkan zat perekat (stiker). Di daerah pertanian yang memakai sistem irigasi sprinkler, fungisida dapat diberikan melalui sistem irigasi sprinkler tersebut.

b. Perlakuan Benih

Biji/benih, akar umbi, umbi-umbian dan akar-akar sering diperlakukan dengan bahan-bahan kimia untuk mencegah pembusukan setelah ditanam atau rebah kecambah pada benih yang baru tumbuh. Bahan-bahan kimia tersebut dapat mengendalikan patogen yang terbawa pada biji/benih, akar, umbi, ubi-ubian atau patogen yang berada pada tanah yang akan ditanami. Dewasa ini bahan-bahan tanaman (biji, ubi-ubian) dapat pula diperlakukan dengan fungisida sistemik untuk menginaktifkan patogen di dalam biji-biji yang terinfeksi (fungisida carboxin, metalaxil, triadimenol). Bahan-bahan kimia tersebut dapat diberikan pada biji, ubi-ubian, umbi akar dan lain-lain dalam bentuk tepung atau bentuk lumpur (slurry) atau direndam dalam larutan kimia

c. Perlakuan tanah

Selain dengan fumigasi tanah sebelum tanam untuk mengurangi inokulum berupa nematoda, jamur dan bakteri, fungisida-fungisida tertentu seperti pentachloronitrobenzene (PCNB), metalaxyl, triadimefon, ethazol dan propamocarb dalam bentuk tepung, pembasahan atau butiran dapat diberikan pada tanah untuk mengendalikan penyakit rebah kecambah, hawar benih dan busuk akar dan lain-lain penyakit. Bahan-bahan kimia tersebut dapat pula diberikan pada tanah melalui pencampuran dengan pupuk atau air irigasi.

d. Perlakuan luka pada pohon

Bekas-bekas luka pemangkasan atau luka fisik pada kulit batang dan cabang atau luka bekas membuang bakteri dan jamur pada kulit pohon/cabang perlu dilindungi dari kekeringan atau kemungkinan menjadi tempat berlabuhnya patogen. Untuk mencegah kekeringan yang berlebihan serta berlabuhnya patogen pada pinggir luka-luka pohon dapat dilakukan dengan pengecatan shellac atau penutup luka lainnya sedangkan bagian kayu yang terlihat diolesi (sterilisasi) dengan larutan 0,5-1,0 % sodium hypochlorite (10-20 % clorox) atau dengan 70 % ethyl alkohol. Kemudian seluruh luka tersebut dicat dengan lanolin, rosin atau cerano.

4. Jenis-jenis senyawa kimia yang digunakan dalam pengendalian penyakit tumbuhan

1) Senyawa-senyawa kimia anorganik

a. Senyawa-senyawa tembaga (fungisida tembaga)

Fungisida tembaga yang pertama kali dibuat dan sampai sekarang masih banyak digunakan di berbagai negara adalah bubur bordo (bordeaux mixture). Nama bubur bordo diambil dari salah satu tempat di Perancis yaitu Bordeaux tempat pertama kali bubur bordo dibuat dan dikembangkan. Pada saat itu bubur bordo digunakan untuk mengendalikan penyakit embun tepung pada tanaman anggur. Bubur Bordo yang terbuat dari Copper Sulfat, dan Kalsium hidroksida ternyata dapat mengendalikan banyak jenis jamur dan bakteri penyebab penyakit bercak daun, hawar, antraknosa dan kanker. Dalam pembuatan dan pemakaiannya harus berhati-hati karena bubur bordo dapat menyebabkan daun-daun tanaman terbakar (fitotoksisitas).

Fitotoksisitas bubur bordo dapat dikurangi dengan jalan menambahkan kapur ke dalam bubur bordo. Dalam hal ini copper sulfat merupakan satu-satunya bahan aktif dari bubur bordo, sedangkan kapur bersifat sebagai pengaman untuk mencegah terjadinya fitotoksisitas.

b. Senyawa-senyawa sulfur anorganik

Elemen sulfur (belerang) telah lama dikenal sebagai fungisida. Sulfur dalam bentuk tepung, tepung dengan bahan pembasah (WP), pasta atau cairan terutama digunakan untuk mengendalikan penyakit embun tepung, beberapa jenis penyakit karat, hawar daun dan busuk buah. Sulfur dengan bentuk yang berbeda-beda tersedia dengan berbagai macam merek dagang. Sulfur akan bersifat fitotoksisitas terhadap tanaman bila udara di atas 30 °C dan cuaca kering. Bubur California merupakan fungisida yang terbuat dari rebusan campuran belerang dengan kapur.

2) Senyawa-senyawa kimia organik

a. Senyawa-senyawa sulfur organik

Senyawa-senyawa sulfur organik termasuk kedalam fungisida moderen yang banyak digunakan untuk pengendalian jamur. Senyawa-senyawa sulfur organik meliputi thiram, ferbam, nabam, maneb, zineb dan mancozeb yang kesemuanya merupakan derivat dari asam ditiokarbamat.

Ditiokarbamat toksik terhadap jamur karena radikal isothiocynate menonaktifkan grup sulfidril di dalam asam amino dan enzim yang berada di dalam sel patogen sehingga menghambat produksi dan fungsi senyawa tersebut. Thiram banyak digunakan untuk perlakuan biji-biji dan umbi tanaman sayuran dan bunga-bunga serta penyakit-penyakit daun. Thiram dengan berbagai bentuk formulasi banyak dijual dengan berbagai macam nama dagang seperti thiram dan tersan.

Ferbam adalah asam ditiokarbamat yang direaksikan dengan satu atom bepsi, dan banyak digunakan untuk pengendalian penyakit-penyakit daun. Maneb berisi Mangan tetapi ada pula maneb yang dicampur dengan seng dengan nama dagang Manzate D atau maneb yang dicampur dengan ion Zn yang disebut mancozeb dengan nama dagang Manzate 200, Dithane M-45 dan Pencozeb. Zn di sini berfungsi untuk mengurangi fitotoksisitas maneb. Zineb dijual dengan nama dagang Dithane Z-78.

b. Quinon

Quinon yang terjadi secara alami di dalam banyak jenis tumbuhan dapat juga dihasilkan dengan cara mengoksidasi senyawa fenol tumbuhan. Quinon bersifat antimikroba. Senyawa quinon dapat berupa Kloranil dan diklon.

c. Senyawa aromatik

Telah diketahui banyak senyawa dengan cincin aromatic (benzene) bersifat toksik terhadap mikroorganisme, bahkan beberapa diantaranya telah dikembangkan sebagai fungisida komersial seperti Pentachloronitrobenzene yang dijual dengan nama dagang PCNB, Dichloran dengan nama dagang Botran, Klorotalonil.

9.5 Latihan Pertanyaan

1. Apa yang dimaksud dengan pengelolaan penyakit tumbuhan ?
2. Apa tujuan dari pengelolaan penyakit tumbuhan ?
3. Sebutkan prinsip-prinsip utama pengelolaan penyakit tumbuhan !
4. Sebutkan cara-cara pengendalian penyakit tumbuhan !
5. Jelaskan pengaruh pergiliran tanaman terhadap penyakit tumbuhan !

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*. 5th Ed. Elsevier Academic Press, Burlington, MA. 922pp.
- Campbell, C. L., L. V. Madden. 1990. *Introduction to plant disease epidemiology*. John Wiley & Sons Ltd., New York. 532pp.

