

# **Ilmu Penyakit Tumbuhan**



**oleh  
Dr. Ir. Budi Tjahjono**

# DAFTAR ISI

	Halaman
Pendahuluan.....	3
Peristilahan .....	3
Gejala Morfologi Tanaman Sakit .....	5
Patogen Tanaman	
Bakteri .....	6
Cendawan .....	6
Nematoda .....	7
Virus .....	7
Sebaran dan Ketahanan Hidup Patogen .....	8
Cara Tumbuhan Mempertahankan Diri .....	12
Respon Tumbuhan Yang Terserang Patogen .....	13
Pengaruh Lingkungan Terhadap Perkembangan Penyakit .....	14
Epidemiologi Penyakit Tumbuhan .....	15
Pengendalian Penyakit Tumbuhan .....	18
Fungisida .....	21
Pengendalian Penyakit Secara Terpadu .....	22

## PENDAHULUAN

Gangguan pada tanaman dapat ditimbulkan oleh cuaca yang buruk, defisiensi unsur hara, gulma, hewan (terutama serangga) dan mikroorganisme. Dalam kelompok mikroorganisme terdapat antara lain bakteri, cendawan dan nematoda. Masalah gangguan mikroorganisme terhadap tumbuhan beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya dan cara-cara pengendaliannya dipelajari dalam Ilmu Penyakit Tumbuhan atau Fitopatologi.

Tumbuhan dikatakan sakit bila fungsi fisiologinya tidak berjalan normal. Fungsi fisiologi ini meliputi antara lain pembelahan dan diferensiasi serta perkembangan sel, absorpsi air dan hara dari tanah serta translokasinya, metabolisme, reproduksi dan penyimpanan zat makanan. Perubahan atau penurunan fungsi fisiologi ini sebenarnya adalah akibat adanya serangan patogen (penyebab penyakit).

Masalah penyakit tanaman mendapat perhatian besar ketika terjadi serangan cendawan Phytophthora infestans yang menyebabkan kegagalan panen kentang selama beberapa tahun pada pertengahan abad 19 di Irlandia. Akibat adanya penyakit yang disebut hawar daun (Leaf blight) ini adalah terjadinya kelaparan dan kematian yang meluas. Beribu-ribu keluarga petani Irlandia kemudian beremigrasi ke Amerika Utara.

Penyakit karat yang disebabkan oleh cendawan Hemileia vastatrix menyebabkan hancurnya perkembangan kopi di Srilangka. Belum adanya cara pengendaliannya yang efektif pada waktu itu (akhir abad 19) memaksa pihak yang berwenang mengeradikasi tanaman kopi dan menggantinya dengan tanaman teh. Di Indonesia, penyakit ini memaksa pihak perkebunan kopi mengganti kopi arabika yang enak namun rentan penyakit dengan kopi robusta yang kurang enak rasanya namun lebih tahan terhadap penyakit karat.

Penyakit-penyakit lainnya seperti layu bakteri pada tembakau oleh Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum, cacar daun teh oleh cendawan Exobasidium vexans, CVPD pada jeruk oleh bakteri, penyakit kresak pada padi oleh bakteri Xanthomonas campestris pv. oryzae, dan busuk lunak pada kubis, wortel dan kentang oleh Erwinia carotovora dari tahun ke tahun menyebabkan kerugian yang cukup berarti.

### Peristilahan

Untuk dapat mempelajari suatu ilmu dengan baik maka diperlukan adanya pemahaman terhadap peristilahan yang sering digunakan dalam pembahasan ilmu yang bersangkutan. Berikut ini akan diterangkan secara singkat beberapa istilah yang sering digunakan dalam Fitopatologi.

Penyakit tumbuhan umumnya didefinisikan sebagai suatu rangkaian proses fisiologi yang merugikan, yang disebabkan oleh rangsangan terus

menerus oleh suatu penyebab primer. Hal ini ditunjukkan oleh aktivitas sel sakit dan dinyatakan dalam keadaan morfologi dan histologi yang disebut **gejala**.

Penyakit dapat disebabkan oleh agen abiotik yang non infeksius dan tak dapat ditularkan, misalnya oleh polutan dan keadaan tanah yang buruk. Penyebab penyakit lainnya adalah agen biotik yang infeksius dan dapat ditularkan, misalnya bakteri dan cendawan. Secara umum penyebab penyakit yang menular ini disebut **patogen**.

Kebanyakan patogen merupakan parasit karena ia mendapatkan makanannya dari tumbuhan hidup yang menjadi inang (**host**). Organisme yang mendapatkan makanannya dari bahan organik yang sudah mati di katakan sebagai saprofit. Parasit dikatakan bersifat obligat jika hidup hanya terbatas pada jaringan hidup saja. Sedangkan parasit fakultatif adalah yang dapat memanfaatkan jaringan hidup maupun yang telah mati sebagai sumber makanannya. Patogen yang non parasitik merusak tumbuhan dengan mengeluarkan racun (fitotoksin) sebelum memanfaatkannya.

**Patogenisitas** adalah kemampuan untuk menimbulkan penyakit. Istilah **virulensi** digunakan sebagai ukuran tingkat patogenisitas, dan kini lebih bersifat kualitatif dari pada kuantitatif.

Untuk menggambarkan reaksi tanaman terhadap patogen digunakan istilah **kebal** (immune), **tahan** (resisten), **toleran** (tolerance), dan **rentan** (susceptible). Hal ini merupakan pengukuran sampai seberapa jauh tanaman dapat mencegah masuknya atau pertumbuhan berikutnya dari patogen dalam jaringannya.

Ketahanan dikatakan **horizontal** bila merata (uniform) terhadap banyak ras patogen, sedangkan yang **vertikal** (diferential) hanya efektif terhadap ras patogen tertentu saja. Tanaman yang toleran meskipun terinfeksi oleh patogen gejala yang timbul hanya ringan. Bahkan yang toleransinya ekstrim tidak menunjukkan gejala sakit meskipun telah terinfeksi, dan tanaman yang demikian disebut pembawa yang tidak bergejala (**symptomless carrier**). Ketahanan yang tinggi dapat ditunjukkan dengan adanya **reaksi hipersensitif**, yaitu dengan terjadinya kematian sel-sel di dekat tempat infeksi secara cepat sehingga perkembangan patogen terhenti. Reaksi hipersensitif ini terutama efektif terhadap patogen yang obligat.

Dalam kondisi yang baik pemasukan (**penetrasi**) patogen kedalam tanaman yang rentan diikuti dengan **infeksi**, yang memantapkan hubungan parasitik antara keduanya. Pada tanaman yang ketahanannya tinggi mungkin penetrasi dapat terjadi tetapi tidak diikuti oleh infeksi. Infeksi kemudian diikuti dengan terjadinya **kolonisasi**, yaitu perkembangan dan penyebaran patogen dalam jaringan tanaman. Kolonisasi dapat terbatas seperti dalam hal bercak, atau meliputi daerah yang luas dalam jaringan tertentu yang diserangnya. Bila infeksi bersifat sistemik maka patogennya tersebar luas dalam seluruh tubuh tanaman.

## Gejala Morfologi Tanaman Sakit

Tanaman yang sakit dapat dilihat dari gejala yang timbul. Gejala luar yang dapat dilihat pada bagian tanaman yang sakit disebut **gejala morfologi**. Sedangkan gejala dalam jaringan yang bisa dilihat dengan menggunakan mikroskop disebut **gejala histologi**. Gejala morfologi meliputi nekrosis, hipoplasia dan hiperplasia.

**Nekrosis** ditandai oleh adanya regenerasi protoplas dan diikuti dengan kematian sel, jaringan, organ atau seluruh tubuh tanaman. Kerusakan pada klorofil ditimbulkan dengan gejala menguning. Gangguan pada sistem pengangkutan air dapat menyebabkan turgor di dalam sel berkurang sehingga terjadi layu. Untuk menggambarkan jaringan sakit yang menunjukkan gejala kebasah-basahan dan tembus cahaya digunakan istilah hidrosis. Hidrosis ini biasanya mendahului perkembangan gejala seperti busuk, bercak dan hawar (**blight**).

Pembusukan sering terjadi pada organ penyimpanan seperti buah, biji, umbi, akar dan rimpang. Kelayuan yang mendadak dan terkulainya kecambah sebagai akibat nekrosis batang dekat permukaan tanah sering disebut gejala rebah kecambah (**damping-off**).

Bercak (**spot**) adalah gejala pada daun ataupun buah yang berupa nekrosis terbatas, berwarna abu-abu atau kecoklat-coklatan dengan batas yang biasanya gelap. Nekrosis yang terjadi sepanjang batang dan tulang daun disebut jalur (**streak**), sedangkan nekrosis yang terjadi pada jaringan lamina diantara tulang-tulang daun gramineae disebut garis (**stripe**). Nekrosis yang meluas secara cepat meliputi hampir seluruh daun disebut hawar daun (**leaf blight**). Gugur buah disebabkan oleh terjadinya nekrosis yang meluas sehingga buah rontok sebelum waktunya.

Nekrosis tajuk yang meluas dari bagian pucuk disebut mati pucuk (**dieback**). Nekrosis yang terbatas pada jaringan korteks batang atau akar dan biasanya dikelilingi kalus disebut kanker.

**Hipoplasia** merupakan kegagalan organ tanaman untuk berkembang penuh. Contoh yang umum adalah kerdil, bulai dan klorosis. Mosaik adalah gejala belang-belang hijau dan kuning pada daun.

**Hiperplasia** merupakan pertumbuhan luar biasa dalam warna, ukuran atau perkembangan dini organ tubuh. Contohnya adalah gigantisme, kriting dan kudis (**scab**). Pembengkakan lokal yang melibatkan seluruh organ disebut tumefaksi. Contohnya adalah puru (**gall**), bintil (**knot**), dan gada (**club**). Perkembangan organ disekitar titik focus menyebabkan penyakit sapu (**witchesbroom**) dan **hairy-root**.

## PATOGEN TANAMAN

### Bakteri

Bakteri patogen tanaman umumnya berbentuk batang, dengan panjang sekitar 3  $\mu\text{m}$  dan lebar 1  $\mu\text{m}$ . Bila satu sel bakteri ditumbuhkan pada medium yang sesuai maka ia akan membelah diri dan membentuk satu koloni. Ukuran, warna dan bentuk koloni bakteri dapat beragam tergantung antara lain pada spesies dan mediumnya.

Sel bakteri mempunyai dinding sel yang tipis dan agak kaku. Bakteri ada yang mempunyai benang-benang yang halus (flagela) pada ujung tubuhnya (polar) atau pada seluruh permukaan tubuhnya (peritrichous). Letak flagella merupakan salah satu penciri dalam klasifikasi.

Bakteri juga bersifat antigen, sehingga akan menimbulkan antibody dalam darah hewan berdarah panas seperti kelinci dan kuda. Antibody ini bereaksi spesifik terhadap antigennya, dan fenomena ini dapat digunakan sebagai dasar deteksi dan identifikasi bakteri dengan uji serologi.

Dengan pewarnaan Gram, bakteri dapat dibedakan antara yang Gram (+) dan Gram (-). Misalnya Pseudomonas, Erwinia, Xanthomonas, dan Agrobacterium bersifat Gram (-), sedangkan yang bersifat gram (+) adalah Corynebacterium.

Bakteri patogen tanaman dapat masuk kedalam jaringan tanaman hanya melalui luka atau lubang alami seperti stomata, lentisel dan hidatoda.

### Cendawan

Kebanyakan penyakit tanaman disebabkan oleh cendawan. Cendawan adalah mikroorganisme yang mempunyai inti sel (nucleus), berspora, tidak berklorofil dan umumnya bereproduksi secara seksual. Tubuhnya yang berbentuk seperti pita dan bercabang-cabang biasanya dibungkus oleh dinding sel yang mengandung selulosa atau khitin atau keduanya.

Pada umumnya, semua bagian cendawan berpotensi untuk tumbuh. Bagian reproduksi terpisah dari bagian somatik dan menunjukkan bentuk yang berlainan yang dapat digunakan untuk klasifikasi. Tiap pita cendawan disebut hifa. Massa hifa membentuk tubuh cendawan disebut miselium. Miselium cendawan ada yang membentuk benang-benang tebal yang disebut rhizomorfa. Miselia cendawan yang hidup sebagai parasit tumbuh di atas atau dalam inangnya.

Pembiakan secara aseksual dapat terjadi secara berulang-ulang selama makanan masih ada, sedangkan yang seksual hanya terjadi dalam semusim. Pembiakan secara aseksual meliputi fragmentasi, pembelahan, pemucukan dan pembentukan konidiospora. Perkembangan secara seksual meliputi tiga tahap yaitu plasmogami, kariogami dan meiosis.

## **Nematoda**

Nematoda yang berbentuk seperti belut mempunyai spesies-spesies yang dapat memarasit tanaman. Panjangnya sekitar 4 mm, sedangkan lebarnya beragam dari 50 sampai 200  $\mu\text{m}$ .

Nematoda parasit tanaman dapat dibedakan dengan yang hidup bebas di tanah berdasarkan adanya stilet atau alat penusuk dan penghisap yang ada pada rongga mulutnya.

Umumnya nematoda berumah dua atau biseksual. Pada parasit tanaman jumlah jantannya lebih sedikit daripada yang betina. Langkanya jenis jantan menunjukkan kecenderungan hermaphroditisme atau parthenogenesis. Nematoda parasit tanaman bila merupakan endoparasit, pada umumnya akan meletakkan telurnya didalam jaringan tanaman.

Telur menetas menjadi larva yang berbentuk mirip dengan nematoda dewasa namun belum ada sifat seksual sekundernya. Sebelum dewasa, larva nematoda ganti kulit empat kali.

## **Virus**

Virus adalah suatu nucleoprotein yang sangat kecil dan tembus cahaya sehingga sulit dilihat dengan mikroskop cahaya. Virus hanya berbiak didalam sel hidup dan mempunyai kemampuan untuk menimbulkan penyakit. Virus tanaman dapat menimbulkan gejala mosaik dan kerdil. Satu jenis virus mungkin dapat menyerang beberapa spesies tanaman, dan satu spesies tanaman dapat diserang oleh banyak jenis virus.

Virus terdiri dari asam nukleat (RNA atau DNA) yang dibungkus oleh suatu protein, umumnya berbentuk batang atau polyhedral. Sebagai contoh, virus tanaman yang terkenal yaitu TMV (Tobacco Mosaic Virus) berbentuk batang dengan ukuran sekitar 15 x 300  $\mu\text{m}$ . Untuk perkembangbiakannya, virus tidak membelah diri ataupun membentuk spora, namun dengan cara menginduksi sel inangnya agar membentuk virus-virus baru.

Deteksi virus antara lain dilakukan dengan menggunakan mikroskop electron, penularan dari tanaman sakit ke tanaman sehat dengan cara pengolesan cairan perasan, menggunakan vector dan cara serologi.

Virus tanaman ditularkan dari satu tanaman ke tanaman lain melalui bahan vegetatif, benih, tepungsari, vector (serangga, tungau, nematoda atau taliputri), atau secara mekanik dengan cairan tanaman sakit. Tersedianya inokulum pada tanaman sakit di lapangan dan adanya vector dapat menyebabkan terjadinya infeksi dini dan penyebaran yang cepat. Vector virus tanaman yang terpenting adalah serangga dari ordo Homoptera yang meliputi afid (kutu daun) dan wereng.

Akibat terinfeksi virus, tanaman dapat menghasilkan protein baru yang mungkin dapat mengganggu metabolisme normal. Penurunan fotosintesis dapat terjadi karena penurunan jumlah dan efisiensi klorofil serta berkurangnya luasan daun.

## SEBARAN DAN KETAHANAN HIDUP PATOGEN

Usaha pengendalian penyakit tanaman memerlukan pengetahuan tentang sebaran geografik dan ketahanan hidup patogen, produksi dan penyebaran inokula, masuknya patogen kedalam tanaman dan proses infeksi.

### Sebaran Geografik Patogen Tanaman

Struktur patogen yang erat kaitannya dengan inangnya dan dapat menjadi inokulum antara lain partikel virus, sel-sel bakteri, miselia cendawan dan larva nematoda. Inokula tersebut terbawa dalam atau pada bagian tanaman yang masih hidup seperti benih, umbi, kecambah, dan setek. Struktur patogen yang dapat bertahan tanpa asosiasi yang vital dengan inangnya misalnya klamidospora, sklerotia, miselia dan beberapa konidia ascomycetes, uredospora cendawan karat, dan sklerotia basidiomycetes. Struktur yang tahan ini biasanya terdapat pada jaringan yang mati atau dalam tanah. Inokulum yang terdapat dalam jaringan tanaman misalnya benih dapat tersebar luas melalui kegiatan transportasi manusia.

Angin dan aliran air merupakan agen penyebar yang penting. Spora cendawan karat dapat bertahan lama di udara sehingga dapat terbawa angin sampai jarak yang jauh. Adanya deretan pegunungan dan hamparan samudra dapat membatasi penyebaran patogen. Namun hal ini tidak efektif bila manusia telah berusaha membawa bahan tanaman yang mengandung inokulum melintas hambatan alami. Oleh karena itu, hambatan lain yang berupa karantina dan perundang-undangan perlu dibuat untuk mencegah penyebaran penyakit ke suatu wilayah yang baru.

### Ketahanan Hidup Patogen

Adanya patogen tertentu dalam waktu yang lama di suatu wilayah dengan berbagai musim dan kondisi pertanaman menunjukkan bahwa patogen mempunyai suatu ketahanan hidup. Struktur patogen yang tahan misalnya konidia dan peritesia cendawan. Konidia cendawan Alternaria solani penyebab bercak daun tomat dan kentang dapat bertahan hidup selama 18 bulan pada daun sakit yang sudah kering. Klamidospora Fusarium yang berdinding tebal dan uredospora cendawan karat juga penting sebagai struktur untuk mempertahankan diri dalam kondisi yang kurang baik. Nematoda bertahan hidup dalam bentuk telur, sista dan larva.

Kemampuan hidup sebagai saprofit memberi kemungkinan bagi patogen-patogen tertentu untuk bertahan hidup dalam tanah atau dalam sisa-sisa bahan



organik tanpa adanya inang. Keseimbangan mikrobiologi dalam tanah dapat berpengaruh terhadap ketahanan hidup patogen yang bersifat saprofitik. Dalam tanah terhadap mikroorganisme yang bersifat antagonis ataupun parasit terhadap patogen.

Beberapa patogen dapat bertahan dalam biji misalnya, Colletotrichum lindemutianum penyebab antraknosa pada buah, bakteri Xanthomonas malvacearum penyebab bercak daun bersudut pada kapas, dan bean mosaic virus.

Patogen ada pula yang dapat bertahan hidup dalam tubuh serangga, misalnya bakteri layu ketimun pada tubuh sejenis kumbang.

### **Produksi dan Penyebaran Inokula**

Inokula adalah tiap bagian patogen yang dapat mengadakan infeksi. Inokula yang penting antara lain adalah partikel virus, sel bakteri, spora dan miselia cendawan. Inokula untuk siklus primer patogen tidak selalu berasal dari struktur sewaktu tidak ada tanaman, tetapi sering diproduksi oleh skundernya oleh struktur bertahan. Phytophthora infestans pada kentang biasanya bertahan hidup sebagai miselium dalam umbi. Pada musim semi miselium mulai aktif dalam tunas-tunas dan menghasilkan sponcaria yang dapat berfungsi sebagai inokulum.

Agen penyebaran inokula yang penting adalah serangga, angin dan air, disamping manusia dan hewan. Angin dapat menyebarkan spora cendawan secara lokal maupun jarak jauh, contohnya adalah spora cendawan Venturia inequalis penyebab kudis apel, P. infestans penyebab hawar daun kentang, dan Puccinia graminis penyebab karat gandum.

Air permukaan seperti aliran irigasi penting untuk disposisi nematoda dan cendawan tanah di tempat-tempat infeksi. Air hujan dapat berfungsi sebagai agen inokulasi dan penyebar inokula.

Manusia dapat menjadi agen inokula yang efektif, antara lain melalui alat-alat pertanian, pemindahan bibit yang sakit, dan kegiatan bercocok tanam.

Serangga merupakan agen penyebar dan penginokulasi ratusan patogen tanaman, terutama virus. Patogen yang dapat ditularkan oleh serangga antara lain bakteri Erwinia carotovora penyebab busuk lunak pada sayur-sayuran dan kentang, bakteri Ralstonia solanacearum penyebab layu pada solanaceae, dan beberapa virus pada padi.

### **Infeksi dan Penyakit Tanaman**

Spora cendawan yang jatuh pada permukaan tanaman akan berkecambah bila kondisi lingkungan mendukung. Faktor-faktor lingkungan yang penting adalah adanya lapisan air dan/atau kelembaban tinggi dan suhu (umumnya antara 15/30<sup>0</sup> celcius). Faktor lainnya adalah pH, oksigen dan karbondioksida, unsur hara dan rangsangan khusus.

Patogen dapat masuk ke dalam tanaman melalui luka, lubang alami atau menembus langsung permukaan yang utuh. Bakteri dan virus tanaman masuk melalui luka, beberapa cendawan dan bakteri melalui lubang alami dan banyak cendawan dapat menembus permukaan yang utuh.

Luka terjadi secara mekanik, misalnya karena gesekan antara tanaman waktu ada angin, luka oleh peralatan petani, memar pada produk tanaman waktu pemanenan dan pengangkutan. Luka bekas tusukan atau gigitan serangga banyak menjadi jalan masuk bagi bakteri. Suatu patogen dapat pula masuk melalui luka yang telah dibuat oleh patogen lain. Misalnya luka oleh nematoda pada perakaran dapat menjadi jalan masuk bagi bakteri penyebab layu. Nematoda bintil akar bersama-sama dengan cendawan P. nicotianae menyebabkan meningkatnya serangan lanas pada tembakau, walaupun cendawan sendiri dapat menembus tanaman tanpa adanya nematoda.

Lubang alami merupakan jalan masuk bagi banyak patogen seperti bakteri penyebab bercak daun. Bakteri Xanthomonas campestris, penyebab busuk hitam pada kubis, masuk ke dalam daun melalui hidatoda. Bakteri penyebab kudis pada kentang masuk lewat lentisel.

Bagian-bagian tanaman yang tidak terspesialisasi seperti batang kecambah, bunga dan ujung akar, mudah sekali ditembus oleh patogen tertentu. Plasmodiophora brassicae, penyebab akar gada, menembus akar rambut cruciferae. Cendawan umumnya menembus permukaan tanaman dengan membentuk pasak menembus dari tabung kecambah maupun dengan bantuan zat-zat kimia.

### **Perkembangan Patogen Dalam Jaringan**

Stadia infeksi dalam patogenesis adalah asosiasi antara patogen dengan jaringan inangnya. Proses penyakit mulai bila telah terjadi respon yang merusak pada bagian tumbuhan yang diserang. Waktu antara jatuhnya inokulum pada tempat infeksi sampai awal terjadinya penyakit merupakan periode inkubasi. Secara praktis periode inkubasi adalah waktu antara inokulasi sampai timbulnya gejala.

Dalam serangannya terhadap tumbuhan, patogen mempunyai senjata kimia berupa enzim, racun dan zat pengatur tumbuh. Enzim pektolitik antara lain dihasilkan oleh bakteri penyebab busuk lunak, juga oleh cendawan verticillium dan fusarium penyebab layu. Patogen yang menghasilkan racun untuk mematikan jaringan inang misalnya cendawan Sclerotinia, Botrytis, Fusarium dan bakteri Pseudomonas tabaci.

Patogen dapat memproduksi zat pengatur pertumbuhan yang sama maupun berbeda dengan yang dihasilkan oleh tumbuhan. Akibatnya adalah terjadinya ketidakseimbangan sistem hormonal dalam tumbuhan. Hal ini ditunjukkan oleh respon tumbuhan yang abnormal seperti kerdil, pengguguran daun, rosetting, percabangan akar yang luar biasa, malformasi batang dll.

Zat pengatur pertumbuhan yang penting antara lain auksin yang secara alami berada dalam tumbuhan dalam bentuk IAA, gibberellin, sitokinin, dan etilen. IAA diperlukan untuk pertumbuhan memanjang dan diferensiasi. Gibberellin dapat mempercepat pertumbuhan, merangsang pembungaan, pemanjangan akar dan batang, dan pertumbuhan buah. Auksin dan gibberellin dapat bekerja sinergistik. Sitokinin juga diperlukan untuk pertumbuhan dan diferensiasi, selain dapat menghambat pemecahan protein dan asam nukleat. Zat-zat ini secara normal jumlahnya sangat rendah dalam tumbuhan. Namun dengan adanya patogen tertentu jumlah zat pengatur tumbuh dapat berlipat ganda. Sebagai contoh IAA pada tanaman yang terserang bakteri Ralstonia solanacearum kadarnya meningkat sampai 100 kali.

Etilen secara alami diproduksi oleh tumbuhan dan berperan antara lain dalam absisi daun dan pematangan buah. Bakteri patogen tumbuhan seperti pseudomonas, erwinia dan xantomonas juga dapat menghasilkan etilen sehingga dapat mengakibatkan penguningan buah dan pengguguran daun sebelum waktunya.

Agar penyerangan berhasil, patogen harus mampu menjadi parasit yang menetap serta mengadakan hubungan makan yang mantap dengan inangnya.

### **Pengaruh Patogen Terhadap Fungsi Fisiologi Tumbuhan**

Tiap gangguan patogen pada fotosintesis dapat menghasilkan kondisi sakit dalam tumbuhan, misalnya klorosis, bercak-bercak nekrotik pada daun, berkurang jumlah buah dll. Adanya bercak-bercak pada daun berarti mengurangi luas permukaan yang berfotosintesis.

Gangguan patogen pada jaringan floem/xilem dapat mengurangi translokasi zat hara dan air keatas, atau bahan organik hasil fotosintesis kebawah. Kerusakan pada akar dapat mengurangi penyerapan air dan hara. Hal ini mengakibatkan sakitnya bagian tumbuhan yang seharusnya mendapatkan bahan-bahan tersebut dalam jumlah yang cukup.

Infeksi patogen biasanya meningkatkan respirasi tumbuhan terutama selama jumlah patogen bertambah dan mengadakan sporulasi.

### **Cara Tumbuhan Mempertahankan Diri**

#### **1. Pertahanan Struktural**

Berbagai struktur pertahanan tumbuhan meliputi jumlah dan mutu lilin serta kutikula yang melapisi sel-sel struktur dinding epidermis, ukuran, lokasi dan bentuk stomata serta sel-sel lenti. Lilin pada permukaan buah dan daun dapat mencegah terjadinya lapisan air yang dapat menjadi tempat cendawan patogen berkecambah dan bakteri berkembang biak. Demikian pula lapisan bulu yang rapat pada permukaan juga dapat menolak air sehingga mengurangi peluang terjadinya infeksi.

Dinding sel epidermis yang tebal dan keras sukar ditembus patogen. Demikian pula ketebalan dan kekerasan dinding sel jaringan akan mempersulit patogen untuk berkembang.

Struktur pertahanan tumbuhan ada yang dibentuk setelah adanya infeksi. Contohnya adalah pembentukan lapisan gabus, lapisan absisi, tilosis, dan pembentukan gom. Secara seluler ada pula usaha pembungkusan hifa yang menembus dinding sel dengan bahan yang bersal dari pelebaran dinding sel. Terhadap patogen yang obligat tak jarang tumbuhan bereaksi hipersensitif, yaitu dengan matinya secara cepat sel-sel di sekitar tempat yang terinfeksi sehingga patogen terkurung dalam jaringan yang mati, dan dengan demikian tidak mendapat makanan. Makin cepat sel inang mati sesudah invasi, akan makin tahan tumbuhan tersebut terhadap infeksi.

## 2. Pertahanan Biokimia

Untuk ketahanan terhadap infeksi patogen, mekanisme pertahanan kimia lebih berperan daripada yang struktural. Hal ini dibuktikan antara lain tidak berkembangnya suatu patogen dalam sel tumbuhan yang tidak mempunyai struktur penghambat. Zat kimia yang menghambat patogen ada yang dikeluarkan tumbuhan sebelum ada serangan, ada pula yang dikeluarkan setelah ada induksi oleh patogen yang menyerang.

Contoh hal yang pertama antara lain : (a) Zat fungitoksik yang terdapat pada permukaan bawang yang berkulit merah, (b) Asam klorogenat, suatu senyawa fenol yang beracun bagi banyak mikroorganisme, terdapat lebih banyak dalam ubi kentang yang tahan dibanding yang rentan terhadap penyakit kudis yang disebabkan oleh *Streptomyces scabies*. Demikian pula, akar kentang jenis tahan terhadap *Verticillium* mengandung lebih banyak asam klorogenat dari pada akar varietas yang rentan.

Contoh hal yang kedua antara lain : (a) Produksi zat fungitoksik di sekitar jaringan yang rusak, atau pembentukan lapisan pelindung seperti kalus dan gabus ; kebanyakan senyawa penghambat ini adalah senyawa fenol, demikian juga fitoaleksin. **Fitoaleksin** ini tidak terdapat pada tumbuhan yang sehat tetapi diproduksi sesudah terjadi rangsangan oleh patogen, luka mekanik atau kimiawi. (b) Perubahan sintesis protein di dalam tumbuhan yang dapat menyebabkan ketahanan local atau lapisan tebal di sekeliling tempat infeksi. (c) Munculnya senyawa yang tidak mudah diuraikan oleh enzim patogen yang akan menyeringnya. (d) Senyawa fenolat yang menghambat enzim patogen.

## RESPON TUMBUHAN YANG TERSERANG PATOGEN

Tumbuhan yang terinfeksi patogen dapat menunjukkan respon yang berupa gejala seperti nekrotik, hipoplastik atau hiperplastik. Respon patologik tumbuhan ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor sbb :

## 1. Adanya patogen lain

Bila suatu tumbuhan terserang oleh dua patogen maka responnya : (a) tidak berbeda dengan bila terserang masing-masing patogen; (b) anergistik; atau (c) sinergistik. Dalam tanaman kentang yang diserang oleh dua jenis virus dan sinergistik terdapat kenaikan konsentrasi virus yang lemah, sedangkan yang ganas tidak banyak berbeda dengan konsentrasi yang terdapat bila virus tersebut menyerang sendiri-sendiri. Respon tumbuhan terhadap infeksi dua patogen ditentukan juga oleh hubungan taksonomi patogen yang terlibat.

Reaksi sinergistik dalam infeksi ganda menunjukkan bahwa kedua pathogen yang terlibat tidak mempunyai hubungan taksonomi yang dekat. Infeksi ganda oleh dua strain dalam satu spesies patogen jarang menimbulkan reaksi sinergistik ataupun anergistik.

## 2. Lingkungan

Faktor lingkungan dapat meningkatkan kerentanan tumbuhan atau mempredisiposikan tumbuhan terhadap penyakit. Sebagai contoh, penyakit layu Fusarium pada tomat akan meningkat pada tanah kering, intensitas cahaya rendah dan tanah masam. Penggunaan nitrogen yang berlebihan juga dapat mempredisiposikan tumbuhan kepada penyakit yang disebabkan oleh parasit obligat. Pembasahan daun yang terjadi selama hujan lebat dapat memudahkan perkembangan penyakit tertentu.

### **Pengaruh Lingkungan Terhadap Perkembangan Penyakit**

Perkembangan penyakit umumnya terjadi pada musim yang panas, waktu hari-hari basah, dan pada tanaman yang dipupuk N secara berlebihan. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan, termasuk suhu, kelembaban, cahaya, zat hara dan pH tanah berpengaruh terhadap perkembangan penyakit.

Untuk perkembangan penyakit setidaknya diperlukan adanya tiga faktor, yaitu tumbuhan yang rentan, patogen yang infeksiif dan lingkungan yang sesuai bagi perkembangan patogen. Perubahan pada faktor lingkungan dapat berpengaruh terhadap patogen atau tumbuhan atau keduanya.

### 1. Pengaruh Suhu

Tumbuhan maupun patogen memerlukan suhu tertentu untuk tumbuh dan melakukan aktifitasnya. Patogen mempunyai pilihan yang berbeda untuk suhu tinggi dan rendah. Sebagai contoh penyakit hawar daun kentang oleh Phytophthora infestans lebih berkembang di daerah yang dingin. Sedangkan penyakit layu yang disebabkan oleh Fusarium dan Ralstonia solanacearum pada tanaman solanaceae lebih banyak berkembang di daerah panas. Pada suhu optimum untuk patogen, tetapi jauh dibawah atau diatas suhu optimum untuk inang, maka penyakit akan berkembang dengan cepat.

## 2. Pengaruh Kelembaban

Kelembaban berpengaruh terhadap perkecambahan spora cendawan, penembusan tabung kecambah kedalam inang, mengaktifkan bakteri dan nematoda yang dapat menginfeksi tumbuhan. Kelembaban juga meningkatkan sukulensi tumbuhan sehingga meningkatkan kerentanan tumbuhan terhadap beberapa patogen.

Contoh penyakit yang meningkat pada musim hujan antara lain hawar daun kentang, kudis apel dan embun bulu anggur. Sebaliknya, penyakit embun tepung berkembang bila kelembaban nisbinya agak rendah, yaitu sekitar 50-70%.

Banyaknya patogen dalam tanah seperti cendawan *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium* dan bakteri *Erwinia* serta *Pseudomonas* berkembang pesat dalam keadaan lembab sampai basah ; sedangkan *Streptomyces scabies*, penyebab kudis kentang banyak menimbulkan masalah pada tanah yang agak kering.

## 3. Pengaruh Angin

Angin dapat menyebarkan patogen dan mempercepat pengeringan permukaan tumbuhan yang basah. Angin lebih berperan dalam penyebaran patogen bila menyertai hujan. Hujan yang tertiuip angin membantu melepaskan spora cendawan dan sel-sel bakteri dari jaringan terinfeksi, kemudian mengangkutnya melalui udara dan menempelkannya di permukaan tumbuhan yang basah. Angin juga menimbulkan luka pada bagian tumbuhan, dan ini menjadi jalan masuk bagi virus dan bakteri.

## 4. Pengaruh pH Tanah

Penyakit akar gada pada kubis yang disebabkan oleh cendawan *Plasmodiophora brassicae* lebih hebat pada pH tanah dibawah 5,7 daripada pH yang lebih tinggi. Sebaliknya penyakit kudis kentang umumnya lebih berkembang pada pH tanah diatas 5,2 dari pada dibawahnya. Selain mempengaruhi patogen, kemasaman tanah juga berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara bagi tumbuhan.

## 5. Pengaruh Unsur Hara

Ketersediaan unsur hara dapat mempengaruhi pertumbuhan dan ketahanan tumbuhan. Kelebihan unsur N (Nitrogen) akan menyebabkan pertumbuhan yang sukulen, memperpanjang masa vegetatif, dan meningkatkan kerentanan tumbuhan terhadap patogen tertentu, misalnya *Erwinia* dan *Puccinia*. Sebaliknya kekurangan N akan membuat pertumbuhan lambat, tumbuhan lemah, dan menjadi rentan terhadap patogen seperti *Sclerotium*, *Fusarium*, dan *Pythium*. Pada umumnya tanaman yang mendapat unsur hara yang seimbang dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan akan lebih kuat terhadap serangan patogen.

# EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TUMBUHAN

Suatu penyakit dikatakan mencapai keadaan epidemik bila patogen menyebar dan menyerang populasi tumbuhan dalam areal yang luas dan dalam waktu relatif cepat. Unsur-unsur yang menyebabkan suatu epidemik adalah tumbuhan yang rentan, patogen yang virulen dan kondisi lingkungan yang cocok berlangsung dalam waktu yang lama. Sering terjadinya epidemik dapat dipacu, dicegah atau dihentikan oleh campur tangan manusia.

Beberapa faktor yang menyangkut inang dalam hubungannya dengan epidemik adalah : (1) Tingkat ketahanan atau kerentanan; (2) Tingkat keseragaman genetik (3) Macam pertanaman (semusim atau tahunan); (4) Umur tanaman.

Faktor patogen tanaman yang berpengaruh terhadap epidemik meliputi : (1) Tingkat virulensi; (2) Jumlah inokulum di dekat inang; (3) Tipe reproduksi patogen; (4) Biologi patogen; dan (5) Cara penyebaran patogen.

Lingkungan dapat berpengaruh terhadap ketersediaan, stadia perkembangan dan kerentanan genetik inang. Selain juga dapat berpengaruh terhadap ketahanan hidup, tingkat perkembangbiakan, tingkat sporulasi, kemudahan, arah dan jarak penyebaran patogen serta tingkat perkecambahan spora dan penetrasinya. Faktor lingkungan yang berperan penting adalah kelembaban, suhu dan kegiatan manusia seperti praktek bercocok tanam dan tindakan perlindungan tanaman.

Kelembaban yang tinggi dalam waktu yang lama dan berulang merupakan faktor penting dalam mendukung epidemik penyakit oleh kebanyakan cendawan dan bakteri. Epidemik yang disebabkan oleh virus atau fitoplasma secara tidak langsung dipengaruhi oleh kelembaban, terutama melalui vektornya waktu kelembaban (hujan) tinggi. Waktu banyak hujan, aktivitas serangga-serangga yang dapat menjadi vektor virus atau fitoplasma umumnya menurun.

Epidemik dapat meningkat pada waktu suhu tidak menguntungkan bagi inang tetapi cukup baik bagi patogen. Pada suhu yang optimum, siklus penyakit dapat lebih cepat terjadi sehingga jumlah inokulum lebih banyak tersedia dalam satu musim. Namun suhu yang dingin dapat mengurangi serangga vektor.

Tindakan manusia yang dapat berpengaruh terhadap terjadinya suatu epidemik antara lain : (a) Pemilihan lokasi tanaman; (b) Pemilihan benih/bibit; (c) Cara bercocok tanam; (d) Cara-cara perlindungan tanaman; dan (e) Lalulintas wisata dan perdagangan benih/bibit.

### Struktur Epidemik

Seperti telah dikemukakan diatas, epidemik terjadi sebagai akibat interaksi antara patogen dengan inangnya, yang dipengaruhi oleh lingkungan dan campur tangan manusia. Inang dapat berupa tanaman semusim maupun tahunan, dan melewati berbagai stadia pertumbuhannya. Inang tersebut dapat

diperbanyak dengan biji atau vegetatif, dapat tahan atau rentan terhadap penyakit, dan bereaksi dengan menghasilkan gejala seperti bercak atau layu.

Berkenaan dengan patogen dapat meliputi patogenesitas, virulensi, sporulasi, penyebaran dan ketahanan hidup. Dalam proses terjadinya penyakit antara lain meliputi infeksi dan siklusnya.

### Pola Epidemi

Pola epidemi dinyatakan dalam jumlah lesion, banyaknya jaringan sakit atau jumlah tanaman sakit, digambarkan dalam kurva perkembangan penyakit. Kurva perkembangan penyakit agak beragam menurut lokasi dan waktu karena dipengaruhi oleh cuaca, varietas dll. Kurva ini dapat dimanfaatkan untuk peramalan penyakit dalam waktu tertentu.

### Perkembangan Epidemi

Epidemi yang hebat terjadi apabila : (1) Terdapat pertanaman yang seragam secara genetik dalam areal yang luas ; (2) Adanya patogen yang virulen pada beberapa tempat diantara atau dekat dengan tanaman inang yang di budidayakan ; (3) Terdapat kombinasi yang tepat antara faktor-faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, angin dan vektor, bersama dengan stadia rentan tanaman dan dengan tersedianya inokulum yang banyak.

### Model Epidemi

Untuk meningkatkan pemahaman dan peramalan epidemi, para ahli berusaha membuat model epidemi yang potensial tentang penyakit penting yang umum. Analisis model matematik epidemi penyakit memerlukan banyak informasi mengenai: jumlah dan efikasi inokulum awal, ketahanan inang terhadap penyakit, lamanya waktu interaksi antara inang dan patogen dan keefektifan berbagai strategi pengelolaan penyakit.

### Peramalan Epidemi

Peramalan penyakit memberi peluang untuk menduga terjadinya ledakan atau penurunan intensitas penyakit. Untuk ini diperlukan pengetahuan yang cukup tentang berbagai komponen dan faktor yang menimbulkan epidemi. Metode yang digunakan umumnya didasarkan pada : (1) Kondisi cuaca pada waktu antar tanam; (2) Kondisi cuaca selama masa tanam; (3) Jumlah inokulum pada pertanaman muda; (4) jumlah inokulum di udara, tanah dan bahan-bahan tanaman.

Kondisi cuaca waktu antar tanam yang dapat mengurangi masa istirahat patogen atau vektornya akan dapat menekan sumber-sumber inokula pada masa tanam berikutnya. Faktor cuaca selama masa pertanaman yang dijadikan dasar peramalan biasanya adalah suhu dan kelembaban.

Huysmans (1952) di Deli menggunakan angka rata-rata kelembaban nisbi harian selama 5 hari untuk meramalkan epidemi penyakit cacar daun teh



sedangkan Homburg (1955) di Jabar mendasarkan peramalannya pada lamanya penyinaran matahari di waktu pagi hari, dan Vanderknep (1955) menambahkan cara skoring untuk lama penyinaran waktu pagi maupun sore hari.

Untuk peramalan epidemi penyakit hawar daun kentang di Inggris Barat Daya dan Belanda digunakan patokan-patokan sebagai berikut : (1) Harus ada embun selama paling sedikit 4 jam sewaktu malam hari; (2) Suhu minimum 10<sup>0</sup> celcius atau lebih; (3) Penutupan awan untuk hari berikutnya harus 0,8 atau lebih; (4) Curah hujan yang dapat dihitung selama 24 jam berikutnya harus 0,1 mm atau lebih. Patokan ini kemudian disederhanakan bila selama 8 jam secara berturut-turut kelembaban nisbinya mencapai 75% atau lebih dan suhunya paling tidak 16<sup>0</sup> celcius, maka dua atau tiga minggu kemudian epidemi dapat terjadi. Contoh-contoh ini akan lebih cocok jika dilengkapi dengan data antara lain tentang virulensi patogen dan kerentanan varietas yang ditanam.

Jumlah inokulum yang banyak pada tanaman muda mungkin sangat berperan bagi perkembangan patogen selanjutnya, bila cuaca sangat baik bagi patogen pada waktu perkembangan tanaman selanjutnya. Demikian pula jumlah inokulum di udara, tanah dan bahan tanaman dapat berperan dalam penyebaran dan intensitas penyakit pada suatu pertamanan.

Cara-cara peramalan yang baik juga harus disertai sistem peringatan yang efektif, misal melalui radio atau sarana komunikasi cepat lainnya, sehingga petani cukup punya waktu untuk melakukan pengendalian. Cara-cara ini dapat ekonomis bila dilakukan terhadap penyakit berbahaya pada tanaman bernilai tinggi, dapat diramalkan secara dini, dan cara pengendaliannya relatif mudah serta murah.

## PENGENDALIAN PENYAKIT TUMBUHAN

Berdasarkan pengetahuan yang telah disampaikan diatas antara lain tentang gejala, penyebab dan mekanisme penyakit, maka dapat dikembangkan metode pengendalian penyakit. Dalam pengendalian penyakit tumbuhan ada 4 dasar atau prinsip yaitu :

1. Eksklusi patogen
2. Eradikasi (pemusnahan) patogen
3. Proteksi (perlindungan) inang yang rentan
4. Resistensi inang

Untuk menjabarkan prinsip-prinsip diatas terhadap beberapa cara pengendalian, yang menurut macam agen yang digunakan dapat diklasifikasikan dalam cara-cara : undang-undang atau peraturan, budidaya, fisik, kimia dan hayati.

Peraturan dibuat untuk memisahkan patogen dari inangnya atau wilayah tertentu. Cara budidaya umumnya untuk membantu tanaman meniadakan kontak dengan patogen, dan memusnahkan atau mengurangi patogen didalam tanaman, pertamanan, atau suatu wilayah. Cara hayati dan sebagian cara

budidaya bertujuan memperbaiki kondisi tanaman, dan memberi keadaan yang menguntungkan bagi mikroorganisme yang antagonis terhadap patogen. Cara fisik dan kimia bertujuan melindungi tanaman terhadap patogen yang mungkin datang dan mengobati infeksi yang sedang berlangsung.

Kecuali untuk pohon atau individu tanaman yang bernilai tinggi, kerusakan pada beberapa batang tanaman dianggap kurang berarti, maka pengendalian penyakit lebih ditujukan pada populasi tanaman.

## **1. Eksklusi Patogen**

Tujuan eksklusi adalah mencegah masuknya patogen ke daerah kita yang masih bebas patogen yang bersangkutan. Selama patogen dan inangnya terpisah maka tidak akan terjadi penyakit. Prinsip ini berhasil digunakan terhadap patogen yang penyebarannya melalui bahan tanaman, tetapi sulit untuk patogen yang disebarkan oleh angin. Jadi pengetahuan tentang cara penyebaran suatu patogen sangat penting dalam eksklusi. Beberapa cara pengendalian yang mengandung prinsip eksklusi adalah :

### **a. Karantina dan Pemeriksaan**

Karantina adalah suatu pelarangan secara resmi pengangkutan bahan tanaman tertentu terhadap kemungkinan terbawanya patogen yang berpotensi merusak tanaman di daerah baru. Jadi tujuannya adalah melindungi tanaman di suatu wilayah tertentu terhadap serangan patogen baru.

Aktivitas karantina antara lain meliputi : (1) Embargo total terhadap tanaman tertentu dan produk-produknya; (2) Pemeriksaan dan sertifikasi bahan tanaman dari negara asal; (3) Pemeriksaan dan perlakuan terhadap bahan tanaman di pintu masuk negara pengimpor; (4) Perlakuan ini bisa berupa penghancuran segera, perlakuan dengan pestisida, atau penelitian pertumbuhan pasca masuk; (5) Pemasukan bahan dan hasil tanaman yang terawasi dan (6) Fasilitas karantina di negara ketiga (di luar negeri asal dan tujuan).

### **b. Penghindaran patogen**

Usaha menghindari patogen untuk produksi bibit bebas patogen dapat dilakukan misal dengan menanam di areal yang bebas atau terisolasi dari patogen, daerah yang kondisi lingkungannya tidak sesuai bagi patogen atau vektornya. Penggunaan bibit bebas patogen dan pemilihan waktu tanaman dapat memperbesar peluang bagi tanaman untuk terhindar dari serangan patogen. Disini jelas pentingnya program sertifikasi benih/bibit yang baik.

## **2. Eradikasi**

Prinsip ini bertujuan untuk memusnahkan atau mengurangi banyaknya patogen yang berada di daerah atau bagian tanaman tertentu. Tujuan ini dapat dicapai dengan berbagai cara yang sifatnya : (a) Kultural, seperti pemusnahan inang, pergiliran tanaman, sanitasi, memperbaiki kondisi tumbuh tanaman

membuat keadaan tidak sesuai bagi perkembangan patogen, mulsa dengan polietilen, irigasi, dll. (b) Fisik, seperti sterilisasi tanah, penggunaan panas untuk organ tanaman, pendinginan dan radiasi; (c) kimiawi, seperti fumigasi tanah dan perlakuan benih dengan pestisida; (d) Hayati, seperti penggunaan tanaman perangkap dan penambahan bahan-bahan yang menguntungkan bagi mikroflora yang antagonis terhadap patogen.

Bila suatu pathogen baru yang berbahaya diketahui telah menyerang tanaman penting disuatu wilayah, maka untuk mencegah terjadinya epidemi perlu dilakukan pemusnahan tanaman yang telah terinfeksi. Hal ini pernah dilakukan di Florida, AS dengan memusnahkan lebih dari 3 juta pohon jeruk untuk menanggulangi kanker bakteri.

Pergiliran tanaman dapat efektif digunakan dalam pengendalian penyakit bila patogen mempunyai jenis inang yang sedikit, tidak bertahan lama dalam keadaan tidak ada inang, dan secara agronomis serta ekonomis layak dilakukan.

Sanitasi adalah tindakan yang bertujuan untuk menyingkirkan atau mengurangi banyaknya inokulum yang terdapat di tanah, pertanaman, tempat penyimpanan dan mencegah penyebaran patogen ke tanaman atau produknya yang sehat. Hal ini dapat dilakukan dengan misalnya memangkas bagian tanaman yang terinfeksi dan menyingkirkannya atau membakarnya secara aman. Pencucian alat-alat pertanian sebelum digunakan ditempat lain mungkin dapat mengurangi kemungkinan penyebaran suatu patogen.

Cara-cara seperti aerasi di gudang, pengaturan jarak tanam, pengapuran, pengaturan drainase, dan penggenangan, merupakan usaha untuk membuat keadaan lingkungan tidak cocok bagi patogen. Misalnya drainase yang baik akan mengurangi jumlah dan aktivitas cendawan Pythium dan nematoda.

Tanah-tanah tertentu ada yang mengandung berbagai mikro organisme yang antagonistik terhadap patogen sehingga penyakit tidak berkembang. Tanah yang demikian disebut **tanah supresif**. Sedangkan tanah-tanah yang mendukung perkembangan penyakit disebut **tanah kondusif**. Antagonisme dapat terjadi antara lain karena produksi zat antibiotik, melalui persaingan makanan, atau secara langsung memarasit patogen.

Sterilisasi tanah dengan suhu tinggi biasa dilakukan di rumah kaca dan persemaian dengan mengalirkan uap panas. Perlakuan air panas dilakukan terhadap benih/bibit yang mungkin mengandung patogen. Tinggi suhu dan lama sterilisasi tergantung pada kondisi inang patogen. Buah-buahan dan sayuran yang mudah rusak biasanya disimpan dalam suhu rendah.

### 3. Proteksi Tanaman Rentan

Proteksi atau perlindungan tanaman yang rentan terhadap penyakit dapat dilakukan dengan aplikasi fungisida protektif dan dengan cara budidaya. Kebanyakan fungisida protektif adalah senyawa tembaga, belerang, senyawa organik yang mengandung belerang (karbamat) atau klor dan keton.

Fungisida pertama yang terkenal adalah campuran bordo, yang terdiri dari sulfat tembaga, kapur tohor, dan air. Kemudian muncul fungisida organik yang protektif, misalnya kaptan, zineb dan maneb.

Efikasi fungisida protektif dipengaruhi oleh kemantapan toksisitas, kemampuan menembus spora cendawan, daya lekat, kemampuan menyebar dan melapisi pada permukaan tanaman. Untuk melindungi tanaman yang sedang tumbuh, penyemprotan fungisida perlu diulang beberapa kali untuk menjamin agar bagian-bagian yang baru tumbuh dapat terlapisi.

Pengaturan jarak tanam yang lebih jauh dan penjarangan tanaman peteduh dapat mengurangi kelembaban di kebun dan hal ini dapat mencegah perkembangan umumnya cendawan patogen. Perlakuan yang dapat merangsang pertumbuhan dini dan pematangan jaringan batang yang dini dapat melindungi tanaman muda dari penyakit rebah kecambah.

#### **4. Resistensi Tanaman**

Resistensi tanaman atau ketahanan tanaman dapat dilakukan melalui program pemuliaan dan seleksi varietas tahan. Ketahanan ini bisa merupakan ketahanan morfologi, fungsional, maupun protoplasmik. Ketahanan morfologi terdapat karena adanya struktur dalam tanaman yang dapat mencegah patogen masuk, misal berupa kulit buah dan umbi yang tebal.

Ketahanan fungsional misalnya ditunjukkan oleh varietas gandum yang stomatanya membuka agak lambat di pagi hari dan cepat menutup di siang hari. Varietas yang demikian tahan terhadap penyakit karat, karena tabung kecambah patogennya sulit masuk lewat stomata.

Tanaman yang mempunyai ketahanan protoplasmik meskipun dapat dimasuki oleh patogen, protoplasmanya akan melawan aktivitas patogen. Meskipun hakikat biokimiawi ketahanan protoplasmik ini belum diketahui, namun diketahui bahwa sifat ketahanan ini diwariskan.

## **FUNGISIDA**

Fungisida biasanya diartikan sebagai bahan kimia yang dapat mematikan cendawan, namun kini pengertiannya lebih luas mencakup semua bahan yang mampu mencegah kerusakan tanaman yang disebabkan oleh cendawan.

Fungisida dapat diklasifikasikan menurut macam zat kimianya, cara kerjanya terhadap cendawan, dan cara penggunaannya. Fungisida yang digunakan sebelum terjadi infeksi disebut protektan (pelindung), sedangkan yang dapat memberantas cendawan setelah infeksi disebut tarapetan (penyembuh). Fungisida yang bekerjanya di dalam tubuh tanaman digolongkan sebagai yang sistemik.

Formulasi fungisida komersial umumnya adalah WP (Wettable Powder) atau bubuk yang dapat dibasahi, debu ( dust ), suspensi atau Lumpur (slurries), dan Ec (Emulsifiable concentrate) atau larutan pekat yang dapat diemulsikan.

Bentuk WP banyak digunakan untuk campuran semprotan. Formulasi debu biasanya mengandung 4% sampai 10% bahan aktif. Fungisida yang bentuknya kering kemudian dicampur air sehingga seperti lumpur biasanya digunakan untuk melapisi benih.

Cara penggunaan fungisida antara lain perlakuan benih, perlakuan tanah, penyemprotan, dan penghembusan. Dalam perlakuan tanah, beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain : Tanah harus cukup remah dan lembab sehingga mudah ditembus oleh bahan kimia dan benih dapat berkecambah; penambahan pupuk dan bahan lain harus dilakukan sebelum perlakuan fungisida. Bila menggunakan bahan seperti metil bromida (jika penggunaannya belum dilarang), maka semua alat digunakan harus sudah bersih, dan perlu waktu 2-4 minggu sebelum dapat ditanami.

Cara penyemprotan merupakan cara yang banyak dilakukan, baik pada daun, buah dan batang. Berdasarkan alat dan volume air untuk campuran fumisida, ada 3 tipe penyemprotan yaitu volume tinggi (600-1000 l air/ha, butir semprot berukuran 250-400 mikron), dan volume rendah (15-250 l/ha, butir semprot berukuran 20-100 mikron), dan volume ultra rendah (1-2 l/ha, butir semprot 0,1-50 mikron).

Sebagai alternatif penyemprotan misal bila kurang tersedia air, adalah penghembusan yang dilakukan waktu cuaca tenang. Pelapisan yang baik bisa diperoleh bila tanamannya masih basah oleh air embun atau hujan.

Berdasarkan komposisi bahan aktifnya maka fungisida dapat dikelompokkan menjadi: golongan tembaga (misal campuran bordo, oksiklorida tembaga), senyawa air raksa organik (misal thiram, zineb, maneb, mankozeb), senyawa nitrogen heterosiklik (misal gliodin, kaptan), kuinon, senyawa aromatic (misal dinoskap, PCNB), senyawa organik non-aromatik (misal metil bromida).

Fungisida sistemik, yaitu yang bekerja dalam tubuh tanaman, karena dapat diserap akar atau daun dan di translokasikan ke bagian-bagian lain secara internal melalui pembuluh. Meskipun sifatnya protektif dan eradikatif, sayangnya cenderung memunculkan strain-starin baru yang tahan. Contoh fungisida yang sistemik adalah metalaxil, benomil, karbendazim, thio bendazol, oxathiin, morfolin, dan senyawa fosfat organik seperti fosetil-Al.

## **PENGENDALIAN PENYAKIT SECARA TERPADU**

Pengendalian penyakit tanaman merupakan bagian integral dari usaha pertanian. Jadi usaha pengendalian penyakit haruslah dilakukan secara terpadu dengan usaha-usaha lainnya, seperti pemupukan, pengairan, pemanenan, penyimpanan, untuk menghasilkan produk tanaman yang baik dan dapat

dipasarkan dengan nilai yang memadai. Pengendalian penyakit merupakan bagian dari suatu sistem yang disebut pengendalian hama terpadu (PHT).

Pengendalian hama terpadu (PHT) pada mulanya digunakan untuk usaha yang menggabungkan cara hayati dan cara kimia dalam mengendalikan serangga hama. Kemudian berkembang untuk mengindikasikan penggunaan semua cara yang sesuai, baik cara hayati, budidaya, kimia dll. Dalam pengendalian serangga, patogen, gulma atau organisme pengganggu tanaman (OPT) lainnya yang dapat menurunkan produksi. Memang PHT ini telah didefinisikan dengan berbagai cara tergantung sudut pandang masing-masing. Salah satu definisi PHT adalah seleksi, kombinasi dan penggunaan cara-cara pengendalian berdasarkan konsekuensi ekonomi dan sosial dari masalah penyakit dan menggunakan berbagai cara dari disiplin ilmu produksi dan proteksi tanaman.

Dua komponen penting PHT adalah : (1) Sistem pengumpulan informasi untuk pemantauan populasi hama, patogen dan gulma, dan (2) Perencanaan dan implementasi program pengelolaan tanaman yang sistematis. PHT memperhitungkan populasi hama atau patogen pada tingkat yang tidak merugikan petani secara ekonomi. Tujuan utamanya adalah produktivitas dan keuntungan yang optimum tanpa mencemarkan lingkungan.

Berikut ini adalah beberapa prinsip penting dalam PHT :

- Penyakit dan / atau hama tanaman tidak mungkin dapat dimusnahkan, hanya bisa dikelola sampai pada tingkat yang dapat diterima secara ekonomi.
- PHT memerlukan pengetahuan mengenai organisme pengganggu, lingkungan dan pertanian.
- Sediakan kondisi tumbuh yang optimal bagi tanaman
- PHT yang berkelanjutan adalah dasar produksi yang efisien.
- Epidemiologi adalah dasar pengembangan strategi PHT
- Setiap tindakan pengendalian harus menguntungkan.
- Tujuan strategi yang utama adalah : mengurangi inokulum awal, dan mengurangi kecepatan peningkatan dan penyebaran patogen.
- Gunakan taktik yang tepat. Kembangkan dan gunakan cara pengendalian yang tersedia. Cara-cara ini meliputi varietas tahan, perlakuan benih, rotasi, waktu tanam yang tepat, jumlah benih dan jarak tanam yang tepat, pemanenan dan penyimpanan yang baik.
- Hati-hati dalam menggunakan bahan kimia! Cegah terjadinya keracunan dan pencemaran lingkungan.

Berikut ini adalah contoh umum suatu program pengendalian penyakit sejak dari awal sampai akhir proses produksi tanaman

- Pilih benih unggul yang bebas hama dan penyakit serta gulma.
- Gunakan kultivar yang tahan terhadap OPT utama.

- Periksa adanya hama dan patogen berbahaya pada tanah, bila perlu lakukan fumigasi.
- Gunakan jarak antara barisan dan jumlah benih yang tepat.
- Gunakan pestisida bila diperlukan, dengan dosis dan cara yang tepat.
- Panen hasil tanaman dengan efisien dan simpan dengan baik.
- Hancurkan sisa-sisa tanaman.
- Lakukan pergiliran tanaman
- Ikuti perkembangan kemajuan ilmu mutakhir.