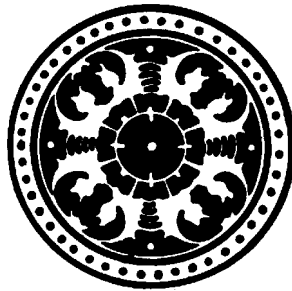


**BUKU AJAR  
EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TUMBUHAN**



OLEH  
IR. NI WAYAN SUNITI, MS.

**JURUSAN AGROEKOTEKNOLOGI FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS UDAYANA  
DENPASAR  
2016**

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| DAFTAR ISI  | i       |
| DAFTAR GAMBAR   | iii     |
| KATA PENGANTAR  | iv      |
| PRAKATA   | v       |
| I. PENDAHULUAN  | 1       |
| 1.1. Batasan Epidemiologi                               | 1       |
| 1.2. Segi tiga tetra hedron penyakit                    | 3       |
| II. POPULASI INANG HUBUNGANNYA DENGAN PATOGEN           | 5       |
| 2.1 Vegetasi dan tanaman                                | 5       |
| 2.2 Pertumbuhan dan perkembangan inang                  | 5       |
| 2.3 Populasi dan atributnya                             | 6       |
| III. PENGARUH IKLIM LINGKUNGAN TERHADAP PATOGEN         | 9       |
| 3.1 Pemupukan   | 9       |
| 3.2 Irigasi   | 9       |
| 3.3 Iklim mikro   | 10      |
| 3.4 Cahaya  | 10      |
| 3.5 Angin   | 11      |
| IV. MEKANISME PENYEBARAN PATOGEN                        | 13      |
| 4.1. Penyebaran Aktif                                   | 13      |
| 4.2. Penyebaran Pasif                                   | 14      |
| V. SIKLUS INFEKSI DAN RANTAI INFEKSI                    | 18      |
| VI. LAJU INFEKSI PENYAKIT                               | 21      |
| VII. PENERAPAN EPIDEMIOLOGI DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT | 26      |
| 7.1. Mengurangi sumber inokulum awal                    | 26      |

|  |    |
|--|----|
| 7.2. Merubah waktu tanam                           | 27 |
| VIII. KETAHANAN TANAMAN TERHADAP INFEKSI PATOGEN   | 30 |
| 8.1. Ketahanan spesifik atau vertikal              | 30 |
| 8.2. Ketahanan non spesifik atau horizontal        | 31 |
| 8.3. Ketahanan tereduksi tanaman terhadap penyakit | 33 |
| IX. TANGGAPAN TANAMAN TERHADAP PATOGEN             | 36 |
| 9.1 Perubahan patologis dalam struktur             | 36 |
| 9.2 Perubahan patologis dalam fungsi               | 41 |
| X. CARA PENGENDALIAN PENYAKIT TUMBUHAN             | 46 |
| 10.1. Eliminasi patogen                            | 46 |
| 10.2. Mencegah inang dari patogen                  | 45 |
| 10.3. Modifikasi lingkungan                        | 46 |
| 10.4. Metoda fisik dan kimiawi                     | 47 |
| XI. PENGENDALIAN PENYAKIT MELALUI PRAKTEK BUDIDAYA | 51 |
| 11.1. Seleksi dan preparasi material tanaman       | 51 |
| 11.2. Seleksi dan pemuliaan tanaman                | 53 |
| XII. PENGENDALIAN HAYATI                           | 55 |
| 12.1. Jamur antagonis                              | 55 |
| 12.2. Bakteri antagonis                            | 56 |
| 12.3. Virus parasit dari patogen tumbuhan          | 57 |
| XIII. PENGENDALIAN PENYAKIT SECARA TERPADU         | 59 |
| 13.1. Pengendalian pada tanaman tahunan            | 59 |
| 13.2. Pengendalian pada tanaman semusim            | 60 |

## DAFTAR GAMBAR

|                        | Halaman |
|------------------------|---------|
| Segi tiga tetra hedron | 3       |

## KATA PENGANTAR

Perkuliahan akan berjalan dengan baik dan efisien, apabila sarana dan prasarana belajar tersedia sesuai dengan kebutuhan. Salah satu kebutuhan tersebut diantaranya adalah Buku Ajar yang sebaiknya telah tersedia untuk setiap mata kuliah.

Penulis sebelumnya telah memikirkan tentang hal tersebut diatas namun karena masih adanya buku pedoman epidemiologi penyakit tumbuhan dan juga terbatasnya biaya serta berbagai hambatan penulis hanya mampu membuat ringkasan kuliah

Mengingat pentingnya sarana tersebut maka penulis berusaha menyusun Buku Ajar agar mahasiswa dapat mempersiapkan diri sebelum perkuliahan dimulai. Penyusunan Buku Ajar ini merupakan penyempurnaan dari ringkasan kuliah Epidemiologi Penyakit Tumbuhan sebelumnya dan telah disesuaikan dengan kurikulum berbasis kompetensi.

Harapan penulis, semoga buku ajar ini dapat membantu mahasiswa memahami dengan mudah mata kuliah Epidemiologi Penyakit Tumbuhan sehingga memberikan manfaat yang berarti dalam meningkatkan kualitas proses belajar mengajar khususnya di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

Denpasar, Januari 2016

Penulis

## I. PENDAHULUAN

### Kompetensi Dasar

Setelah selesai mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat mendefinisikan Epidemiologi Penyakit Tumbuhan dan proses terjadinya suatu Epidemio Penyakit di lapang.

### Sasaran Belajar

Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan batasan Epidemiologi dan mampu membedakan gejala tanaman sakit akibat serangan patogen seperti : jamur, bakteri, virus dan nematoda

Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan hubungan antara keempat faktor dalam disease tetra hedron yang dapat mendukung terjadinya proses epidemio penyakit

#### 1.1 Batasan Epidemiologi

- Epidemiologi adalah : pengetahuan tentang patogen dalam tingkat populasi (Van der Plank, 1963)
- Epidemiologi adalah : ilmu tentang populasi patogen di dalam populasi tanaman inang dan penyakit yang ditimbulkan dibawah pengaruh faktor lingkungan dan campur tangan manusia (Jurgen Kranz, 1974)
- Epidemiologi adalah : studi kuantitatif tentang perkembangan penyakit dalam ruang dan dalam jangka waktu tertentu sebagai akibat adanya interaksi antara populasi inang patogen yang dipengaruhi oleh faktor fisik, biotik dan manusia ( Oka, 1992).
- Epidemiologi biasanya menjangkau masa yang lama yang terdiri dari suatu rangkaian siklus infeksi yang terjadi secara berulang

Kegunaan Epidemiologi adalah : untuk memberikan pengertian tentang sifat-sifat pathogen dalam waktu dan ruang sehingga dapat memberikan pertimbangan untuk mengatur strategi pengendalian penyakit. Proses epidemiologi terjadi dalam suatu lingkungan tertentu. Yang dimaksud dengan lingkungan disini adalah semua komponen yang melingkupi proses epidemiologi tersebut. Lingkungan itu sangat kompleks namun dapat digolongkan dalam komponen ruang, waktu, biologik dan non-biologik Yang dimaksud komponen ruang adalah tempat terjadinya suatu proses epidemiologi, komponen waktu ialah berapa lama proses epidemiologi itu terjadi; komponen biologik ialah semua spesies biologik tersebut juga lingkungan biotik yang mempengaruhi proses epidemiologi itu, sedangkan komponen non-biologik disebut juga lingkungan abiotik ialah semua benda mati yang mempengaruhi proses epidemiologi. Komponen non-biologik terdiri atas factor fisik dan faktor kimia.

Faktor fisik ialah proses yang dapat dibayangkan sebagai sesuatu yang mengalir (flux). Sesuatu yang mengalir ini juga memiliki kepadatan tertentu yang dinyatakan dengan sesuatu dalam jumlah tertentu yang mengalir melalui suatu permukaan per kesatuan waktu. Misalnya aliran energi, radiasi, aliran gas (uap air, CO<sub>2</sub>, sejenis polutan), debu, spora pathogen dan lain-lain. Semua ini dapat diukur dengan metode dan alat tertentu. Proses fisik yang selalu berubah-ubah itu mempengaruhi perkembangan epidemic patogen.

Faktor kimia dari lingkungan ialah lingkungan kimia yang terdapat di luar tanaman dan yang pada tanaman itu sendiri. Misalnya eksudat yang keluar dari bagian tanaman mengandung berbagai zat yang dapat digunakan sebagai medium oleh suatu pathogen. Ekskresidari akar dapat merangsang, menekan atau membunuh nematode. Zat kimia yang terdapat diluar tanaman seperti pupuk kimia, zat perangsang dan fungisida merupakan lingkungan kimia yang melingkupi tanaman. Fungisida tertentu dapat merangsang pertumbuhan tanaman, sejenis karbamat untuk mengenalkan penyakit-penyakit daun dapat meningkatkan hasil bila tidak ada penyakit, sebab umur daun menjadi lebih panjang beberapa hari sehingga lebih banyak asimilat yang dapat mengisi biji. Fungisida yang demikian memiliki pengaruh tonik. Pupuk kimia urea yang berlebihan dapat menyebabkan tanaman menjadi lebih rentan terhadap serangan patogen.

Dari segi ruang proses epidemiologi itu terjadi dalam :

- Lingkungan mikro yaitu : ruang tingkat sel dan organ tempat terjadinya proses epidemiologi. Misalnya phylosphere ialah lingkungan mikro dari daun, termasuk lapisan udara sangat tipis sekelilingnya setebal 1mm .
- Lingkungan meso yaitu : lingkungan yang dibentuk oleh tanaman itu sendiri termasuk lingkungan dekat sekitarnya.
- Lingkungan makro yaitu : udara di atas tanaman itu hingga jauh sampai ke troposphere (16-18 km diatas permukaan laut). Proses epidemiologi yang penting yang dapat terjadi di lingkungan makro ini misalnya disperse jarak jauh spora. Misalnya spora penyakit karat daun kopi oleh *Hemileia vastatrix* datang ke Indonesia dari Sri Lanka melalui udara mengikuti aliran angin yang menghancurkan kopi Arabika pada tahun 1845. Demikian juga penyakit cacar daun teh oleh *Exobasidium vexans* pada tahun 1944/1945 tiba di Sri Lanka dari India dan pada tahun 1949 dari Sri Lanka sampai di Sumatra Utara dan terus ke Jawa. Lingkungan makro mempengaruhi lingkungan meso dan lingkungan mikro. Pohon-pohon peteduh ikut mempengaruhi lingkungan meso tersebut dalam hal kelembaban nisbi dan cahaya matahari. Untuk mengendalikan penyakit cacar daun teh, pohon peteduhnya yaitu: *Albizia* ditebang untuk mengurangi kelembaban dan menambah sinar matahari.

## 1.2 Segi Tiga Tetrahedron Penyakit (Disease Tetrahedron)

Untuk mempermudah pemahaman interaksi antara tanaman inang – patogen – factor lingkungan fisik-manusia, bagan yang dikenal “tetrahedron penyakit” (Zadoks, 1979) dapat membantu (Gambar 1)



Gambar 1. Segitiga tetrahedron

Segi tiga dasar melukiskan interaksi antara pathogen- inang-lingkungan, sedangkan manusia mempengaruhinya dengan berbagai cara yang penting artinya dalam perkembangan epidemi dan pengendaliannya(Zadoks, 1979). Kondisi pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh factor lingkungannya. Tanah yang subur dengan pengolahan yang baik dan pemberian pupuk yang cukup dan berimbang akan menjamin pertumbuhan tanaman yang sehat. Tanaman yang sehat lebih mampu menahan serangan berbagai patogen . Sebaliknya tanaman akan merana dan tidak mampu melawan serangan patogen bila kondisi lingkungannya buruk. Perkembangan pathogen tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi tanaman inangnya, tetapi juga oleh factor lain seperti :

**Lingkungan** : misalnya kelembaban nisbi yang tinggi dan suhu yang cocok merupakan kondisi yang baik bagi perkembangan suatu spesies patogen. Faktor manusia sebagai pengelola tanaman tersebut dapat mempengaruhi ke tiga variabel tadi. Ia dapat memilih jenis tanaman apa yang akan diusahakannya, memilih waktu menanam untuk menghindari terjadinya serangan patogen, mengelola tanaman selama pertumbuhannya, mengusahakan lingkungan pertanaman yang akan mengurangi serangan patogen, mencegah perkembangan penyakit dengan perlakuan pestisida dan lain-lain. Sebaliknya ketiga variabel tersebut akan mempengaruhi tindakan apa yang harus ditempuhnya agar usahanya berhasil.

**Tanaman inang** : kepekaan tanaman inang terhadap serangan patogen dipengaruhi oleh varietas dan umur tanaman itu sendiri

**Patogen** : untuk menimbulkan penyakit pada patogenisitasnya dapat tinggi atau rendah

**Manusia** : dapat mengatur cara bercocok tanam seperti : pola tanam, pengairan, pemupukan, pemuliaan dan penggunaan pestisida



### **Bahan Diskusi Kelompok**

1. Jelaskan pengertian Epidemiologi Penyakit Tumbuhan
2. Jelaskan beberapa faktor yang mendukung suatu proses terjadinya epidemi penyakit tumbuhan

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar mendefinisikan Epidemiologi penyakit tumbuhan dan mendefinisikan tentang : populasi, patogen, patogenisitas, penyakit, tanaman inang dan interaksi antara inang, patogen dan faktor lingkungan

### **Tugas Mandiri/PR**

Mahasiswa membuat rangkuman pemahaman tentang Epidemiologi Penyakit Tumbuhan

### **Datar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp.
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## II. POPULASI INANG HUBUNGANNYA DENGAN PATOGEN

### Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti kuliah ini , mahasiswa dapat menjelaskan tentang populasi inang dalam hubungannya dengan patogen dan epidemiologinya.

### Sasaran Belajar

Seluruh mahasiswa dapat menjelaskan pengaruh campur tangan manusia terhadap perkembangan patogen dan terjadinya suatu epidemi penyakit tumbuhan di lapang

### 2.1. Vegetasi dan Tanaman

Di alam lewat kurun waktu tertentu akibat pengaruh iklim bisa bereaksi membentuk komunitas. Komunitas adalah suatu kesatuan pada tempat dan waktu tertentu yang terdiri dari beberapa spesies tanaman dan binatang (jamur, bakteri, protozoa, dan sebagainya) dengan interaksi fungsional

Vegetasi adalah : kompleks yang terdiri dari spesies berbeda, umur berbeda dan habitat diatur oleh interaksi komunitas dengan habitat dan ketergantungan, walaupun pada suatu saat, satu atau beberapa spesies tanaman dapat dominan dan menentukan aspek vegetasi

Tanaman adalah setiap produk pertanian yang sedang ditanam atau dipanen

Tanaman mempengaruhi lingkungan dan berpengaruh terhadap patogen. Ciri-ciri populasi tanaman adalah : keragaman karakter tanaman naik, keragaman lingkungan naik, keragaman genetik turun, kepadatan tanaman naik dan kondisi pertumbuhan berubah.

### 2.2. Pertumbuhan dan Perkembangan Inang

Pertumbuhan adalah: kenaikan ukuran dan berat tanaman atau organ tanaman , secara kuantitas diekspresikan sebagai panjang tunas, luas daun dan berat kering

Perkembangan adalah : kecepatan organisme mencapai sukses secara morfologi fase berbeda-beda yang dipengaruhi oleh lingkungan genetik dan dikendalikan oleh fisiologi dan arah perubahan yang tidak dapat balik

Respon populasi pathogen terhadap pertumbuhan inang ditentukan oleh kerentanan suatu varietas tanaman inang dan patogenisitas pathogen. Perubahan patogenisitas pathogen dapat dibagi 3 antara lain:

1. **Makro evolusi** adalah perubahan patogenisitas pathogen yang terjadi terus-menerus terhadap tanaman.
2. **Mesoevolusi** adalah perubahan patogenisitas yang terjadi sejak mulai adanya pertanian
3. **Mikroevolusi** adalah prses patogenisitas yang diamati dalam waktu 10 tahun

Perubahan patogen secara pelan –pelan mengikuti perubahan inang dan sebaliknya perubahan inang mengikuti perubahan patogen. Dilihat dari segi ekologi penyakit tanaman yang disebabkan oleh jazad renik itu merupakan bagian dari alam. Dia sangat berkepentingan untuk dapat hidup terus dan berkembang biak. Dalam ekosistem alami yang komponen biotiknya sangat beragam itu menyebabkan pathogen –patogen tersebut boleh dikatakan tidak mempunyai kesempatan untuk berkembang biak secara leluasa, sebab komponen-komponen itu satu sama lain saling membatasi dalam perkembangannya. Sebaliknya dalam agroekosistem (buatan manusia) jazad-jazad tersebut mempunyai peluang untuk berkembang biak pada tanaman yang diusahakan sehingga merugikan, karena keragaman biotiknya relatif sangat rendah apalagi bila pada agroekosistem tersebut hanya diusahakan satu varietas tanaman saja.

Tidaklah mungkin untuk memberantas habis patogen itu lagi pula tidak perlu. Manusia terpaksa harus belajar hidup bersama dengan jazad renik patogen tersebut dalam agroekosistem. Namun diusahakan agar jumlah populasinya senantiasa berada dibawah kepadatan yang secara ekonomi tidak merugikan manusia. Inilah merupakan salah satu dasar konsepsi pengendalian hama penyakit terpadu. Epidemiologi memberikan pedoman taktik-taktik pengendalian yang harus digunakan agar efisien, ekonomis dan tepat sesuai dengan PHT. Jadi epidemiologi dapat dikatakan suatu strategi pengendalian.

### 2.3 Populasi dan atributnya.

Epidemiologi mempelajari proses interaksi inang patogen, masing-masing dalam tingkat populasi. Populasi adalah kelompok organisme dari satu spesies atau kelompok organisme yang individunya dapat saling membuahi yang menempati tempat tertentu dan dalam waktu tertentu pula. Populasi suatu spesies memiliki atribut tertentu. Yang penting dalam epidemiologi adalah:

**Atribute temporer** dalam ekologi adalah angka kelahiran, kematian, imigrasi dan emigrasi. Namun dalam epidemiologi penyakit tanaman dipergunakan istilah sporulasi dan diseminasi (pemencaran) suatu jamur patogen

**Atribut spatial** membahas tentang derajat kepadatan, struktur dan penyebaran suatu populasi dalam dimensi ruang. Yang penting dalam epidemiologi adalah:

**Daerah** yaitu suatu tempat tertentu yang diduduki oleh spesies populasi suatu patogen yang biasanya bersama-sama dengan populasi spesies lain.

**Dispersi** adalah bagaimana tersebarnya suatu populasi di suatu daerah. Individu-individunya dapat menyebar merata di suatu daerah, mengelompok atau tidak beraturan.

**Kepadatan** adalah berapa jumlah individu dalam setiap unit daerah atau volume. misalnya berapa banyak bercak penyakit terdapat dalam satu kesatuan ukuran (cm<sup>2</sup>) pada suatu helaian daun.

**Beratnya penyakit** adalah sebagian dari permukaan daun atau sebagian dari populasi tanaman yang sakit dinyatakan dengan persen dari seluruh permukaan daun atau seluruh populasi tanaman.

**Prevalensi penyakit** adalah menyatakan berapa banyaknya jenis tanaman yang sakit dinyatakan dalam persen terhadap semua jenis tanaman dari suatu hamparan.

#### **Bahan Diskusi Kelompok**

Apa yang dimaksud dengan populasi, vegetasi, tanaman, pertumbuhan dan perkembangan inang dan bagaimana respon populasi patogen terhadap pertumbuhan tanaman inang.

#### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa menjelaskan interaksi-inang-patogen dan faktor lingkungan dalam menimbulkan suatu penyakit di lapang dan metoda pengendalian yang tepat sesuai prinsip PHT.

#### **Tugas Mandiri/PR**

Mahasiswa membuat rangkuman mengenai hubungan populasi inang dengan populasi patogen dalam menimbulkan suatu proses epidemi penyakit tumbuhan di lapang

## **Datar Pustaka**

Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.

Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.

Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal

Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.

Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp

Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

### III. PENGARUH IKLIM LINGKUNGAN TERHADAP POPULASI PATOGEN

#### Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat menjelaskan tentang pengaruh iklim lingkungan terhadap populasi patogen

#### Sasaran Belajar

Seluruh mahasiswa dapat menjelaskan dan melaksanakan praktek budidaya sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap perkembangan populasi patogen

#### 3.1. Pemupukan

Pemupukan dapat membantu mengendalikan penyakit dan menimbulkan kepekaan tanaman terhadap penyakit lain. Contoh : kondisi tanaman yang jelek baik karena kekurangan mineral, struktur tanah yang jelek, kurang sinar matahari atau serupa dengan kurang pupuk. Penyakit yang berkembang pada kondisi jelek adalah penyakit bercak coklat pada padi oleh *Drechslera oryzae* sedangkan pada kondisi tanaman baik berkembang penyakit blast oleh *Pyricularia oryzae* .

#### 3.2. Irigasi

Irigasi pada tanaman dapat mendorong peningkatan hasil tetapi di lain pihak berpengaruh terhadap beberapa penyakit. Air tanah adalah aspek lingkungan yang penting dalam tanah tetapi kurang dikenal, yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan daya tahan hidup patogen dalam tanah. Pengetahuan tentang air tanah sehubungan dengan : pertumbuhan jasad renik, antagonis, eksudasi inang, faktor lain yang mempengaruhi perkembangan patogen dalam tanah sangat berguna untuk pencegahan atau pengendalian penyakit tanaman. Energi air tanah lebih dikenal dengan potensial air tanah ditentukan oleh kekuatan yang mengikat tanah. Bila jasad hidup baik patogen maupun yang bersifat antagonis terhadap patogen tidak dapat mengatasi kekuatan yang mengikat air dalam tanah tersebut, maka mereka tidak dapat memperoleh air untuk proses hidupnya. Jasad hidup berbeda kemampuannya dalam mengambil air yang terikat itu, sehingga potensial air yang kritis untuk satu spesies patogen mungkin tidak demikian untuk patogen yang lain. Oleh karena itu pengetahuan hubungan antara potensial air tanah dan pertumbuhan atau perkembangbiakan jasad renik dalam tanah sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh air tanah pada penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen dalam tanah. Irigasi pada tanaman dapat mendorong peningkatan hasil karena irigasi dapat melarutkan mineral-mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh akar tanaman untuk pertumbuhannya dan memudahkan transportasi mineral-mineral dari akar ke bagian atas tanaman.

### **3.3. Iklim Mikro (kelembaban, cahaya, angin)**

Istilah kelembaban sering dihubungkan dengan air yang dikandung oleh udara diantara tanaman , hujan, embun, eksudasi yang menyebabkan air bebas pada tanaman. Kelembaban tanah yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman dapat mengakibatkan pertumbuhan yang kurang baik dan tidak akan memberikan hasil yang memuaskan. Daerah yang kekurangan air dapat meliputi daerah yang luas, di tempat tersebut tanaman akan tumbuh merana dan untuk tanaman yang tidak tahan akan menyebabkan kematian. Seringkali terjadi bahwa kekurangan air ini hanya terbatas pada jenis tanah, topografi dan keadaan struktur tanah tertentu. Dalam keadaan yang demikian maka gejala penyakitnya akan terlihat pada tempat-tempat yang terbatas, sedangkan di tempat yang berdekatan dimana keadaan airnya cukup tersedia maka pertumbuhan tanaman seperti biasa.

Tanaman yang kekurangan air menunjukkan gejala kekerdilan, warnanya hijau pucat sampai kekuning-kuningan, ukuran daun lebih kecil dan tidak segar. Gejala semacam itu terlihat pula pada pembungaan serta buah-buahnya. Jika kekurangan air ini berlangsung lama maka tanaman akan menjadi layu dan mati. Tanaman yang menjadi lemah oleh kekeringan akan lebih peka terhadap berbagai pathogen yang dalam keadaan sehat tidak dapat menyerangnya.

Kekurangan kelembaban udara akan sangat merusak jika terjadi bersama-sama dengan adanya angin yang cukup kencang dan suhu yang tinggi. Dalam keadaan yang demikian maka tanaman akan banyak kehilangan air yang mengakibatkan daun-daun seperti terbakar dan tanaman akan layu, walaupun seringkali dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama

Terlalu banyak air di dalam tanah yang kerap kali disebabkan oleh drainase yang jelek atau terendam air akan mengakibatkan kematian yang lebih cepat. Hal ini disebabkan karena akar-akar tanaman menjadi busuk akibat kekurangan oksigen dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu terdapat pula perubahan keadaan mikroflora dalam tanah. Tanah basah memungkinkan pertumbuhan mikroflora anaerobik yang mengeluarkan zat-zat beracun untuk tanaman. Perakaran yang rusak dapat diperhebat lagi kerusakannya oleh parasit fakultatif yang mungkin lebih baik perkembangannya oleh adanya perubahan lingkungan dalam tanah. Dengan demikian tanaman layu sebagai akibat dari kebanyakan air dalam tanah menyebabkan kematian akar atau sering kali karena disertai oleh pengambilan zat-zat beracun yang berasal dari dalam tanah.

### **3.4. Cahaya atau radiasi**

Radiasi yang diabsorpsi oleh kanopi tanaman berhubungan dengan panas khususnya terhadap energi kimia (hidrokarbon) , bagian lain digunakan dalam evapotranspirasi untuk mengubah cairan menjadi uap air. Kekurangan cahaya dapat menghambat pembentukan khlorofil serta mengakibatkan pertumbuhan yang memanjang sehingga tanaman tersebut mudah rebah. Keadaan yang demikian disebut etiolasi. Pertanaman yang jaraknya terlalu rapat atau dalam keadaan yang agak gelap dapat menimbulkan etiolasi. Kelebihan cahaya

sebenarnya jarang terjadi di alam, yang penting adalah kualitas cahaya yang mencapai permukaan tanaman. Meskipun banyak kerusakan pada tanaman disebabkan oleh cahaya tetapi kemungkinan besar sebagai akibat dari tingginya suhu tanaman oleh adanya intensitas cahaya yang tinggi.

### **3.5. Angin**

Tanaman akan menangkap spora yang diterbangkan oleh angin kemudian diendapkan . Kekuatan hembusan angin, arah angin sangat menentukan jarak tempuh spora-spora atau miselia jamur, demikian pula membantu penyebaran serangga vektor penyakit ketempat yang lebih jauh sehingga lebih cepat menyebarkan penyakit ke daerah yang lebih luas

#### **Bahan Diskusi Kelompok**

1. Jelaskan mengapa pemupukan dapat membantu mengendalikan penyakit dan menimbulkan kepekaan inang terhadap penyakit lain ?
2. Jelaskan mengapa kelembaban udara di dalam tanaman lebih tinggi dari pada di tempat yang kosong ?

#### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar mengamati pengaruh iklim lingkungan terhadap populasi patogen melalui praktek budidaya

#### **Tugas Mandiri**

Mahasiswa membuat rangkuman pemahaman tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap populasi patogen



## Daftar Pustaka

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## IV. MEKANISME PENYEBARAN PATOGEN

### Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat menjelaskan mekanisme penyebaran patogen dari satu tempat ke tempat lainnya

### Sasaran Belajar

1. Mahasiswa dapat menentukan cara-cara pencegahan meluasnya suatu penyakit berdasarkan cara-cara penyebaran patogen tersebut
2. Mahasiswa mengambil tindakan yang tepat untuk menekan perkembangan populasi patogen sehingga dapat mencegah terjadinya proses epidemi penyakit tumbuhan.

Terjadinya suatu epidemi apabila patogen mampu menyebar ke daerah yang cukup luas dan berkesempatan berkembang disana.

Penyebaran patogen dapat terjadi secara aktif dan secara pasif. Penyebaran aktif adalah apabila patogen dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain secara aktif dengan sendirinya misalnya : jamur kayu membentuk hifa yang panjangnya beberapa meter sehingga dapat mencapai inang lainnya

#### 4.1. Penyebaran secara Aktif

Penyebaran secara aktif dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu :

**Mekanisme pistol air** : mekanisme ini umum terdapat pada jamur kelas Ascomycetes. Askusnya akan membengkak menjelang matang dan pecah atau terbuka pada ujungnya yang mengarahkan spora-sporanya ke atas. Tekanan di dalam askus sedemikian tingginya sehingga spora-spora yang ditembaknya dapat mencapai ketinggian 100 meter dengan kecepatan yang cukup tinggi pula.

**Mekanisme Pemotongan** : sel ujung atas dari sporofora sekonyong-konyong terpotong sampai sporanya dapat dilepaskan ke udara. Beberapa spesies dari jamur Phycomycetes memiliki mekanisme seperti ini, demikian juga esiospora dari patogen-patogen karat

**Melepas Basidiospora** : Basidiospora bertempat simetris pada ujung sterigma dan bila spora masak setetes cairan dikeluarkan dari hilumnya dan menyebabkan spora terlepas seketika.

## 4.2. Penyebaran secara Pasif

Penyebaran pasif dapat dilakukan dengan perantara angin, air, binatang, serangga, alat-alat pertanian dan juga manusia. Yang biasanya diangkut dengan perantara media tersebut adalah spora- spora jamur patogen. Memencarnya spora-spora dengan perantara apapun selalu didahului dengan “take off” kemudian terbang selama di perjalanan dan akhirnya mendarat di suatu tempat.

Pemencaran spora secara pasif tersebut dapat terjadi dengan mekanisme sebagai berikut:

**Melepaskan spora** dengan gaya berat dimana spora-spora yang telah kering terkumpul pada bercak untuk dapat terlepas senantiasa karena gaya beratnya tetapi dapat juga dibantu oleh hembusan angin.

**Momentum mekanis** yang berakibat melepas spora-spora yang kering dalam jumlah banyak sekali. Sumber momentum mekanis ini adalah dampak aliran udara dan dampak air hujan. Aliran udara tadi menggoyang-goyangkan tanaman bagian-bagian tanaman yang menyebabkan spora –spora terlepas dari badan buahnya. Demikian juga air hujan dapat memukul bagian tanaman yang menyebabkan spora-spora yang telah matang terlepas dari badan buahnya. Misalnya terjadi pada urediospora pada penyakit karat yang dapat menempel pada pakaian, seperti penyakit karat pada kopi yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix* terbawa dari Afrika ke Brasil dengan perantara jas para peserta konferensi kopi pada tahun 1960 (Toyib Hadiwijaya, 1992).

**Terhembus Angin**, terjadi pada jamur patogen yang menghasilkan spora spora kering. Letak sporopora agak menonjol di atas permukaan hingga arus angin yang turbulen dapat menghembuskan spora-sporanya, misalnya konidiospora *Helminthosporium maydis*.

**Gerakan Higroskopis** dari konidiofora menyebabkan terlepasnya spora-spora. Gerakan tersebut dimungkinkan dengan adanya perubahan kelembaban atmosfer di sekitarnya yang sering terjadi pada pagi hari. Udara yang mengandung kabut menabrak spora-spora tinggi dapat terlepas dari konidioforanya, misalnya spora-spora jamur *Botritis* spp.

**Percikan Air**. Banyak spesies jamur menghasilkan spora dalam keadaan lengket satu sama lain. Bila penyangganya basah terkena air, spora-spora tidak lengket lagi dan menyebar menutupi penyangga tadi merupakan lapisan tipis. Tetesan air hujan yang menimpa lapisan tipis tersebut akan berpercikan kemana-mana dan mengandung banyak spora. Selanjutnya spora-spora tersebut dapat terbawa manusia, insekta atau kendaraan darat, laut dan udara.

Penyakit-penyakit Virus Tumbuhan juga berpencar secara pasif dengan berbagai cara sebagai berikut:

**Penularan secara Mekanik** : cairan perasan tanaman sakit yang mengandung virus dioleskan pada permukaan daun tanaman sehat yang sebelumnya ditaburi bubuk peluka

berupa selite atau karborundum untuk memudahkan masuknya virus ke dalam tanaman melalui luka tersebut.

**Penularan melalui Cantuman :** Cantuman adalah teknik tertua untuk memindahkan bagian tanaman ke tanaman lainnya secara buatan seperti : cantuman pasak, cantuman mata tunas, cantuman ganda dan penempelan mata kuncup ganda dan sebagainya. Penularan virus melalui cantuman tersebut dimungkinkan sebab serangan bersifat sistemik.

**Penularan dengan Taliputri (*Cuscuta sp.*) :** *Cuscuta sp.* adalah tanaman parasit yang tidak memiliki khlorofil yang batangnya langsing dan tumbuh membelit tanaman inangnya, menghasilkan haustoria yang langsung masuk ke dalam berkas pembuluh inangnya. Dengan demikian parasit tersebut membentuk jembatan antara tanaman yang sakit dengan yang sehat. Melalui jembatan ini virus tertular dari tanaman yang sakit ke tanaman yang sehat.

**Penularan melalui bagian-bagian vegetative :** Biasanya infeksi virus tumbuhan bersifat sistemik. Dengan demikian semua bagian tumbuhan dapat dimasuki virus tersebut seperti : umbi lapis, umbi sisik, akar, kayu berkuncup dan tunas okulasi. Memperbanyak dan menyebarkan tumbuhan yang terkena infeksi virus dengan menggunakan bagian-bagian tersebut dapat menularkan dan menyebarkan virus itu . Misalnya setek tebu dapat menularkan mosaic virus (Semangun, 1988).

**Penularan melalui biji dan serbuk sari :** Berbagai jenis virus dapat ditularkan melalui biji seperti tomato mosaic virus, bean common mosaic virus, cucumber mosaic virus dan lettuce mosaic virus (Sujadi et al., 1985). Kebanyakan penularan melalui biji adalah lewat lembaga. Beberapa jenis virus dapat ditularkan melalui serbuk sari seperti alfalfa mosaic virus dan bean common mosaic virus. Misalnya tanaman cabai besar, cabai rawit yang terserang kompleks virus, yang terpenting adalah cucumber mosaic virus sangat merugikan, hasil buah berkurang sampai 50% (Semangun, 1988).

**Penularan melalui serangga dan tungau :** Berbagai spesies serangga dan tungau diketahui menjadi vector yang sangat penting dalam menularkan virus-virus tumbuhan. Dari bangsa Homoptera yang terkenal antara lain : *Bemisia tabaci*, *Aphis craccivora*, *Myzus persicae*, *Nephotettix cincticeps*, *Sogatodes oryzicola* dan *Planococcus* spp. Dari bangsa Acarina diantaranya : *Abacarus hystrix* dan *Brevipalpus obovarus*. Struktur mulut dan cara mengambil pakan sangat menentukan efisiensi, kemampuan dan cara penularan virus-virus tersebut. Spesies vektor yang mempunyai mulut penusuk dan pengisap mungkin lebih efisien dalam menularkan virus dibandingkan dengan spesies yang struktur mulutnya untuk menggigit.

**Penularan non persisten :** Perolehan dan inokulasi virus terjadi dalam periode makan yang sangat pendek, dari beberapa detik sampai beberapa menit. Vektor itu segera menjadi infeksiif setelah ia mengisap cairan tanaman sakit atau malah selama periode penjajagan. Tidak ada periode laten dalam vektor itu. Retensi dalam vektor menjadi sangat singkat. Penularan yang demikian disebut non-persisten. Virus tersebut terbatas pada stilet vektor. Daya tular dapat bertahan lama sampai 40 jam, bila vektor belum menjumpai tanaman yang baru. Tetapi

setelah vektor itu melepaskan eksoskeletonnya (termasuk bagian mulut), daya tularnya hilang. Contoh : wereng hijau , *Nephotettix virescens* sebagai vektor virus tungro pada tanaman padi.

**Penularan persisten :** Pengambilan virus oleh vektor terjadi sesudah waktu pengisapan yang cukup lama, kira-kira 15 menit, sebab stiletnya harus mencapai floem. Virus demikian biasanya tidak mungkin ditularkan dengan cara mekanik atau cairan perasan. Terdapat hubungan biologi yang akrab antara virus dengan vektornya, sebab virus yang ikut terhisap terus masuk melalui saluran pencernaan, menembus dinding usus, sirkulasi dalam haemolymph dan mengkontaminasi ludah. Virus mengalami periode laten cukup lama di dalam tubuh vector. Setelah itu vektor tetap infeksi. Daya tular tidak hilang setelah pergantian kulit. Lama daya tular vektor tergantung dari jumlah virus yang terhisap. Contoh : wereng coklat , *Nilaparvata lugens*, sebagai vektor virus kerdil rumput, grassy stunt virus dan kerdil hampa pada tanaman padi. Belum diketahui apakah ada perbedaan efisiensi penularan kedua virus tersebut oleh biotipe-biotipe wereng coklat.

**Penularan semi persisten :** Pengambilan virus oleh vektor adalah dari floem, dengan waktu penetrasi yang panjang, akan tetapi tidak ada periode laten dan virus hanya dapat bertahan untuk beberapa hari. Daya tular virus hilang setelah pergantian kulit. Hubungan biologi antara virus dengan vektor kurang akrab. Bersama makanan yang dihisap virus diabsorpsi ke dalam lapisan tenggorok, selanjutnya dielakkan perlahan-lahan dari sana yang ketika pergantian kulit, juga ikut terlepas. Contoh dengan mikroskop electron, *Anthriscus yellows virus* diamati di lapisan tenggorok Aphid wortel *Caveriella aegopodii*.

**Penularan oleh organisme penghuni tanah :** Berbagai virus yang berasal dari sisa-sisa tanaman mampu bertahan di dalam tanah, misalnya partikel virus mosaik tembakau dan tomat dan *Cucumber green mottle virus* sangat stabil di dalam tanah hingga ia dapat mempertahankan daya tularnya. Beberapa spesies nematoda seperti : *Longidorus* spp. dan *Xyphinema* spp. menularkan nepovirus polyhedral, *Trichodorus* spp. dan *Paratrichodorus* spp. menularkan tobnavirus *Pea early browning* dan *tobacco rattle virus*. Beberapa spesies jamur seperti *Olpidium* spp. menularkan *Tobacco virus*, *Cucumber necrosis virus* dan *Red clover necrotic virus*.

### **Bahan Diskusi Kelompok**

Apakah yang dimaksud dengan penyebaran , berikan contoh beberapa vektor penyebar patogen dari satu tanaman ke tanaman lain.

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa menjelaskan cara-cara penyebaran patogen di lapang dan teknik pengendaliannya

### **Tugas Mandiri/PR.**

Mahasiswa membuat rangkuman mengenai mekanisme penyebaran patogen dan cara pengendaliannya serta menambahkan dari hasil-hasil penelitian.

### **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## V. SIKLUS INFEKSI DAN RANTAI INFEKSI

### Kompetensi dasar

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat menjelaskan proses terjadinya epidemi suatu penyakit di suatu daerah.

### Sasaran Belajar

1. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan proses terjadinya sporulasi sampai timbulnya infeksi atau siklus infeksi, proses monosiklik dan tipe siklus infeksi.
2. Mahasiswa mampu mengatur cara-cara untuk memutuskan siklus infeksi patogen untuk mengurangi sumber inokulum

Sporulasi adalah mulai dari pembentukan kantong spora, pembentukan spora dan pemasakan spora. Sporulasi terjadi hanya pada sel-sel tanaman inangnya dan bila spora yang dihasilkannya telah masak akan siap dipencarkan baik secara aktif maupun pasif sampai menemukan inangnya. Letak tanaman inang tersebut dapat hanya di sekitarnya atau jauh sekali sampai ratusan km. Apabila spora-spora tersebut masih hidup dan ia kebetulan jatuh pada tanaman inang yang cocok bersamaan dengan kondisi iklim yang cocok pula akan terjadi infeksi. Spora tersebut disebut juga unit disperse, mulai tumbuh disebut unit infeksi dengan tabung kecambah, apresorium dan hifa untuk penetrasi ke dalam jaringan tanaman, misalnya daun, melalui stomata atau langsung menembus epidermis daun tersebut. Secara morfologi setiap bagian unit infeksi tersebut dapat dibedakan. Proses biokimia terjadi sejak spora itu mulai berkecambah. Unit-unit infeksi tersebut menimbulkan gejala penyakit di sekitar terjadinya infeksi yang terlihat seperti bintik atau bercak dengan berbagai ukuran. Gejala penyakit yang ditimbulkannya itu khas bagi setiap spesies patogen. Tergantung dari spesies patogen yang menyerang, gejala penyakit tersebut dapat terbatas hanya lokal di sekitar tempat infeksi, tetapi juga dapat sistemik yaitu meliputi seluruh bagian tanaman. Dalam mempelajari perkembangan epidemiologi, bila gejala tersebut hanya lokal saja perubahan ukuran setiap bercak dapat diukur atau bertambahnya jumlah bercak dapat dihitung pada saat-saat tertentu. Jadi di sini setiap bercak dianggap sebagai satu unit. Tetapi apabila gejala infeksi bersifat sistemik seluruh tanaman itu dianggap sebagai satu unit. Dari bercak-bercak tersebut akan tumbuh konidiofor yang pada ujungnya menghasilkan konidia lagi. Bila konidia sudah matang akan lepas dan terbawa medium ke tempat lain untuk tiba kepada inang yang lain. Dari proses terbentuknya konidia yang terdahulu sampai dengan tumbuhnya konidia yang belakangan ini disebut satu siklus infeksi. Siklus infeksi tidak hanya berjalan satu kali saja, tetapi berkali-kali sehingga patogen tersebut menyebar dan berkembang sampai meliputi areal pertanaman yang makin luas. Siklus infeksi yang berulang-ulang disebut rantai infeksi yang tidak habis-habisnya : dispersi-infeksi-kolonisasi-

sporulasi-dispersi dan seterusnya. Jadi suatu epidemi berkembang sistematis, siklus demi siklus, suatu proses polisiklus. Rantai infeksi dapat dibedakan menjadi dua yaitu: rantai infeksi “**homogenus**” yaitu bila siklus infeksinya identik satu sama lain, misalnya hanya terdiri dari konidia sebagai unit dispersi seperti pada penyakit bulai yang disebabkan oleh *Peronosclerospora maydis* yang sampai sekarang diketahui bahwa unit dispersinya hanya konidia.

Rantai infeksi dapat juga bersifat “**heterogenus**” , yaitu bila dalam siklus infeksi berbagai bentuk spora yang berperanan yang berhubungan satu dengan yang lain. Misalnya penyakit kudis, *Venturia inaequalis* pada tanaman apel di daerah sub-tropika.

Askospora yang keluar dari daun-daun apel yang telah jatuh di tanah menginfeksi daun-daun muda setelah musim dingin. Kemudian selama tanaman tersebut dalam pertumbuhan di musim semi dan panas, infeksi terjadi berkali-kali oleh konidiospora. Pada daun-daun yang jatuh pada musim gugur tumbuh dan berkembang peritesia untuk membuahkan askospora lagi dan seterusnya. Jadi dalam satu tahun rantai infeksinya terdiri dari satu kali infeksi seksual dengan askospora setelah musim dingin dan beberapa kali infeksi aseksual dengan konidiospora pada musim semi dan musim panas.

#### **Bahan Diskusi Kelompok**

1. Jelaskan proses terjadinya infeksi jamur patogen pada suatu tanaman !
2. Jelaskan kapan suatu patogen dapat menginfeksi tanaman inangnya!

#### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa menjelaskan tahapan terjadinya infeksi pada tanaman mulai dari perkecambahan spora, penetrasi, kolonisasi, infeksi, sporulasi dan dispersi penyakit.

#### **Tugas Mandiri**

Mahasiswa membuat rangkuman pemahaman tentang siklus infeksi dan rantai infeksi patogen



## Daftar Pustaka

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## VI. LAJU INFEKSI PENYAKIT

### Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa mampu menjelaskan dan meramalkan perkembangan suatu penyakit

### Sasaran Belajar

1. Mahasiswa mampu membedakan laju infeksi bunga majemuk dengan laju infeksi bunga sederhana
2. Mahasiswa dapat membedakan sifat-sifat penyakit bunga majemuk dengan sifat –sifat penyakit bunga sederhana sehingga memudahkan dalam hal melakukan tindakan pengendalian

Laju infeksi ( $r$ ) = infection rate adalah suatu angka yang menunjukkan seberapa cepat populasi patogen berkembang. Atau suatu angka yang menunjukkan perkembangan populasi patogen per unit per-kesatuan waktu. Misalnya laju infeksi populasi penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada varietas jagung metro dan iklim yang cocok dengan rata-rata  $r = 0,45/\text{unit}/\text{hari}$ , artinya setiap hari untuk setiap 100 tanaman, 45 tanaman yang terserang penyakit. Jadi perkembangannya sangat cepat. Dengan mengetahui besaran laju infeksi tersebut dapat diduga bahwa patogen itu sangat agresif, tanaman inangnya sangat rentan dan iklim sangat mendukung. Sebaliknya pada varietas jagung arjuna misalnya  $r$  nya mungkin hanya  $0,10 /\text{unit}/\text{hari}$ , dalam lingkungan iklim yang sama. Mungkin saja ini disebabkan varietas tersebut lebih tahan terhadap serangan patogen itu yang menghambat laju infeksi. Dari besaran  $r$  tadi juga dapat diduga tentang sifat patogen itu, apakah ia berkembang secara logaritmik (eksponensial) atau tidak. Pengukuran laju infeksi ( $r$ ) dilaksanakan beberapa kali berturut-turut selang waktu tertentu misalnya : setiap hari, setiap minggu, setiap bulan atau setiap tahun sekali tergantung dari sifat patogen. Pada spesies patogen yang menyerang tanaman umur pendek dan perkembangannya relatif cepat pengukuran  $r$  dilakukan setiap hari atau minggu misal: penyakit hawar daun oleh *Phytophthora infestans* pada tanaman kentang, penyakit bulai oleh *Peronosclerospora maydis* yang menyerang daun tanaman jagug yang masih sangat muda, *Helminthosporium maydis*, *Puccinia maydis* keduanya menyerang daun jagung pada tanaman yang sudah lebih tua dan *Ustilago maydis* yang menyerang buah jagung. Demikian juga penyakit-penyakit yang disebabkan oleh virus, mikoplasma, bakteri layu *Xanthomonas solanacearum* , *Pythium* spp., *Sclerotium roflsii* , *Fusarium* spp. yang menyerang tanaman kedelai, kacang tanah dan lain-lain. Tetapi untuk penyakit akar seperti *Armillaria mellea* yang menyerang tanaman karet atau teh, menghitung laju infeksi  $r$  nya mungkin sebulan sekali sudah cukup.

$X$ = proporsi (bagian) tanaman yang terserang patogen ini dapat merupakan bagian daun, cabang ranting dan lain-lain, bila sifat serangan patogen itu lokal saja, jadi tidak

sistemik. Bagian daun yang terserang yang berupa bercak-bercak dapat diestimasi berapa luas bercak-bercaknya dibandingkan dengan luas daun keseluruhan. Untuk pengukuran dapat diambil sejumlah daun yang terserang sebagai contoh. Atau serangan yang berupa bintik-bintik dapat dihitung berapa banyaknya bintik-bintik tersebut pada waktu-waktu tertentu.

Tetapi bila serangannya sistemik, maka tanaman yang terserang itu sendiri dianggap sebagai  $x$ . Misalnya mikoplasma, Sapu atau penyakit layu, *Xanthomonas solanacearum* yang menyerang tanaman kacang tanah, kedua patogen tersebut serangannya bersifat sistemik, oleh karena itu setiap tanaman yang terserang dianggap satu  $x$ . Jadi bila pada suatu petak terdapat 100 tanaman contoh dan setelah pengamatan hari ke satu terdapat 10 tanaman yang terserang, maka proporsi  $X_1 = 0,10$  (10 %). Yang masih sehat tinggal 90 % ini dapat dinyatakan dengan  $1 - X = 0,90$ . Pada pengamatan berikutnya jumlah tanaman yang terserang bertambah 5, jadi jumlah tanaman yang terserang menjadi 15, maka  $X_2 = 0,15$ . Jumlah tanaman yang masih sehat  $1 - X_2 = 1 - 0,15 = 0,85$  dan seterusnya.

### Laju infeksi bunga majemuk

Perkembangan penyakit bunga majemuk disebut penyakit yang berkembang secara logaritmik dengan rumus :

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \log_e \frac{X_2}{X_1} \text{ dengan dasar log 10, maka}$$

$$r = \frac{2,3}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{X_2}{X_1}$$

Rumus ini digunakan apabila  $X$  (proporsi) tanaman yang terinfeksi sangat kecil sehingga  $1 - X$  (proporsi) yang masih sehat dapat diabaikan. Tetapi bila  $X$  relatif besar dan terus bertambah maka proporsi  $(1 - X)$  harus diperhitungkan sebagai faktor koreksi dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{2,3}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{X_2(1 - X_1)}{X_1(1 - X_2)} \text{ atau}$$

$$r = \frac{2,3}{t_2 - t_1} (\log_{10} \frac{X_2}{1 - X_2} - \log_{10} \frac{X_1}{1 - X_1})$$

Catatan.

Bahwa infeksi tidak konstan setiap saat tetapi dapat lambat atau cepat tergantung pada : pengaruh cuaca, derajat kerentanan inang, keagresifan patogen, oleh karena itu  $r$  untuk setiap saat berubah-ubah. Maka untuk mengukur laju infeksi  $r$  selama proses epidemi dalam jangka waktu  $t$ , diambil nilai rata-rata dari  $r_1, r_2, r_3, r_4$  dan seterusnya.

Semua penyakit dapat meluas dan menular dari suatu daerah ke daerah lain namun kecepatan meluasnya penyakit-penyakit tersebut tidak sama. Ada yang lambat dan ada pula yang relatif cepat, meskipun keadaan lingkungan cukup baik. Dalam epidemiologi dibedakan antara penyakit yang berkembang relatif cepat, yaitu penyakit-penyakit yang digolongkan

kedalam penyakit “**berbunga ganda kontinyu**” dan penyakit-penyakit yang berkembang lambat, digolongkan kedalam penyakit yang “**berbunga sederhana**”

Ciri-ciri Penyakit yang tergolong “**berbunga majemuk kontinyu**”

1. Inokulumnya bertambah dengan cepat
2. Perkembangannya bersifat logaritmik (eksponensial)
3. Bagian tanaman yang mula-mula terkena infeksi akan menjadi sumber infeksi bagi tanaman sekitarnya
4. Nilai  $r$  nya mula-mula mungkin kecil saja, tetapi dengan cepat akan naik

Rumus yang dipergunakan :  $\log X/1-X$

Beberapa contoh penyakit yang dapat dimasukkan dalam golongan ini misalnya penyakit hawar daun, *Pyricularia oryzae* yang menyerang padi; penyakit lainnya yang juga menyerang padi *Drechslera oryzae* dan *Cercospora oryzae* ; penyakit bulai *Peronosclerospora maydis* yang menyerang tanaman jagung yang masih sangat muda; penyakit bercak daun *Helminthosporium maydis* dan *Puccinia maydis* yang menyerang daun jagung pada tanaman yang sudah agak besar; *Cercospora arachidicola* dan *Cercospora personata* keduanya menyerang daun tanaman kacang tanah; *Phytophthora infestans* yang menyerang tanaman kentang; *Oidium* menyerang daun-daun karet; penyakit cacar daun teh *Exobasidium vexans* yang menyerang daun-daun muda tanaman teh; penyakit karat, *Phacopsora pachyrhizi* yang menyerang daun-daun kedelai dan lain-lain.

Semua penyakit tersebut diatas memperbanyak diri secara aseksual dengan konidia yang terutama disebarluaskan dengan perantaraan medium angin

Ciri-ciri Penyakit yang “**berbunga sederhana**”

1. Jumlah inokulumnya relatif tidak bertambah (tetap saja)
2. Perkembangan (meluasnya) penyakit tersebut relatif lamban, tidak eksponensial
3. Tanaman yang mula-mula terkena infeksi tidak menjadi sumber infeksi tanaman berikutnya
4. Nilai  $r$  nya relatif rendah

Rumus yang dipergunakan :  $\log 1/1- X$

Beberapa contoh penyakit yang dimasukkan ke dalam golongan ini misalnya penyakit jamur tanah seperti : *Pythium spp.*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* , penyakit yang disebabkan oleh nematoda, yang menyerang pangkal batang tanaman karet, teh yaitu: *Armillaria mellea* dan lain-lain

Bertambahnya jumlah tanaman yang terkena infeksi tidak disebabkan oleh bertambahnya jumlah inokulum tersebut di dalam tanah, tetapi lebih disebabkan karena inokulum sudah tersebar kurang lebih merata di dalam tanah. Jumlah inokulum tersebut tidak selalu konstan, ada yang mati atau ada yang menjadi saprofit, bila tidak ada tanaman inangnya.

### **Bahan Diskusi Kelompok**

Jelaskan tentang laju infeksi suatu penyakit dan berikan contoh penyakit dan siklus hidup patogennya.

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar menghitung laju infeksi suatu penyakit agar dapat menentukan strategi pengendalian yang tepat

### **Tugas Mandiri/PR.**

Masing-masing mahasiswa mencari dan menentukan jenis tanaman dan patogennya di lapang dan menghitung laju infeksi masing-masing penyakit

## Daftar Pustaka

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## VII. PENERAPAN EPIDEMIOLOGI DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT

### Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat menerapkan teori epidemiologi dalam pengendalian penyakit untuk mencegah terjadinya suatu epidemi

### Sasaran Belajar

Mahasiswa dapat menentukan faktor-faktor yang dapat dimanipulasi untuk mencegah terjadinya suatu epidemi penyakit

Dari segi epidemiologi perkembangan suatu penyakit ditentukan oleh berapa jumlah inokulum permulaan  $X_0$  dan seberapa besar angka infeksi ( $r$ ) dalam waktu tertentu ( $t$ ). Untuk penyakit-penyakit yang tergolong berbunga majemuk kontinyu, meskipun  $X_0$  kecil, tetapi  $r$  yang tinggi menyebabkan penyakit akan berkembang dengan cepat. Sebaliknya pada penyakit yang tergolong berbunga sederhana, meskipun  $X_0$  nya tidak kecil, tetapi  $r$  yang kecil akan menyebabkan perkembangan penyakit itu lamban. Untuk mencegah terjadinya suatu epidemi penyakit dapat dilakukan dengan mengusahakan pengurangan dari variable-variabel seperti :  $X_0$  (sumber inokulum permulaan),  $r$  (laju infeksi) dan merubah  $t$  (waktu)

### 7.1 Mengurangi sumber inokulum pemulaan ( $X_0$ )

Mengurangi sumber inokulum permulaan dapat dilakukan dengan sanitasi, menanam benih sehat, pergiliran tanaman, tanaman tahan vertikal dan penggunaan pestisida.

**Sanitasi:** adalah langkah untuk mengurangi atau menghilangkan sama sekali inokulum permulaan sebagai sumber terjadinya epidemi suatu penyakit. Sanitasi merupakan salah satu taktik pengendalian yang umum dilakukan, baik pada tanaman setahun maupun pada tanaman tahunan. Sanitasi dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain:

**Kultur teknis :** Sanitasi dapat dilakukan dengan membersihkan pertanaman dari gulma yang merupakan inang alternatif untuk penyakit, mencabut dan membinasakan tanaman-tanaman yang terinfeksi dan menyulamnya dengan tanaman yang masih sehat. Pada tanaman tahunan dengan memotong dahan dan cabang yang terserang patogen. Mengurangi pohon –pohon naungan dapat menurunkan kelembaban dan memungkinkan lebih banyak sinar matahari yang mencapai tanaman induk. Dengan demikian inokulum akan berkurang. Misalnya pertanaman teh yang terserang cendawan cacar daun teh *Exobasidium vexans* dengan mengurangi pohon naungannya penyakit berhasil dikurangi. Membalik-balik tanah dan membiarkannya dapat terkena sinar matahari adalah satu teknik sanitasi. Sinar matahari dapat membinasakan inokulum penyakit yang hidup dalam tanah. Pergiliran tanaman juga merupakan usaha sanitasi sebab jumlah penyakit akan berkurang apabila daerah tersebut ditanami dengan bukan tanaman inangnya.

**Varietas Berketahanan Vertikal :** Varietas berketahanan vertikal juga dapat digunakan untuk mengurangi Xo. Reaksinya yang hipersensitif yaitu sel-sel tanaman yang terkena infeksi segera menjadi nekrotik (mati) sehingga sebagian besar penyakit tidak berkesempatan untuk berkembang. Dengan demikian Xo dapat diturunkan.

**Benih sehat dan perlakuan benih :** Menggunakan benih yang bebas penyakit atau memperlakukan benih dengan fungisida termasuk usaha sanitasi. Perlakuan tersebut dapat membunuh inokulum yang melekat pada benih atau, bila menggunakan fungisida yang sistemik dapat mematikan patogen yang berada di dalam benih

**Perlakuan dengan fungisida atau desinfektan :** Melakukan penyemprotan pada tanaman dengan fungisida juga merupakan sanitasi, sebab teknik ini dapat membunuh inokulum permukaan. Perlakuan dengan fungisida atau fumigasi pada tanah yang terinfeksi termasuk teknik sanitasi. Mendesinfeksi dengan senyawa desinfektan atau membakar juga usaha sanitasi, misalnya di Eropa sisa-sisa tanaman kentang (umbi dan bagian vegetatif) setelah panen dikumpulkan untuk didesinfeksi atau dibakar untuk membinasakan *Pytophthora investans*. Jadi mengurangi Xo untuk tanaman di musim yang akan datang. Pada pertanaman jagung tanaman muda yang terserang penyakit bulai *Peronoslerosora maydis* dicabut dan dibakar untuk mengurangi Xo. Untuk penyakit berbunga sederhana mengurangi Xo dengan sanitasi cukup efisien dan besar kemungkinan akan berhasil, sebab laju infeksinya sangat lamban dan jumlah inokulum relatif tidak bertambah. Laju infeksi terutama disebabkan oleh inokulum yang sudah ada di daerah tersebut. Misalnya penyakit yang disebabkan oleh nematode *Meloidogyne* spp. yang bila tanpa sanitasi penyakit akan berkembang menjadi 50 %

## **7.2. Merubah waktu tanam (t)**

Waktu (t) artinya berapa lama atau kapan tanaman itu dimungkinkan terkena infeksi. Untuk ini tanaman dibagi menjadi dua golongan yaitu tanaman setahun, biasanya berumur kurang dari satu tahun (misalnya padi, jagung, kedelai, kacang tanah, ubi kayu, ubi jalar dan lain-lainnya) dan tanaman tahunan atau tanaman keras yaitu tanaman yang berumur lebih dari satu tahun dari beberapa tahun sampai puluhan tahun (karet, kakao, teh, kelapa, kopi dan lain-lainnya). Dalam hubungannya dengan epideiologi tanaman setahun itu kemungkinan terkena infeksi jauh lebih pendek dibandingkan dengan tanaman tahunan

Makin pendek umur suatu varietas tanaman (t makin dikurangi) , makin pendek pula waktu bagi tanaman itu kemungkinan terkena infeksi. t(waktu) itu dapat juga digeser ke muka atau ke belakang artinya waktu menanam dapat diajukan atau dapat diundurkan. Maksudnya ialah untuk menghindari atau mengurangi serangan patogen. Misalnya di beberapa daerah di Jawa-Tengah (Pasuruan, Mojokerto, Madiun), bila palawija (jagung, kedelai) mulai ditanam bulan April, mengikuti pola tanam, besar kemungkinan tanaman akan selamat dari serangan berat hama penyakit. Tetapi bila menanam lambat, tanaman akan terserang berat. Untuk menghindari serangan hama penggerek padi putih disarankan untuk menunda menanam padi sekitar tiga minggu sampai satu bulan untuk menghindari puncak penerbangan ngengat hama tersebut.



Sebaliknya untuk tanaman tahunan t (waktu) tidak mungkin dirubah sebab tanaman tersebut tetap berada di lapangan selama bertahun-tahun. Jadi dengan memperpendek t (menanam varietas berumur pendek dan atau menggeser t (tanam dini atau lambat) adalah usaha menghindari serangan.

### **Bahan Diskusi Kelompok**

Apa yang dimaksud dengan pengendalian dan jelaskan beberapa teknik pengendalian agar tidak terjadi epidemi suatu penyakit di suatu daerah

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar merencanakan teknik pengendalian suatu penyakit berdasarkan perkembangan suatu penyakit apakah termasuk penyakit bunga majemuk atau bunga sederhana

### **Tugas Mandiri**

Mahasiswa membuat rangkuman mulai dari tersedianya sumber inokulum permulaan, perkembangan penyakit, faktor yang mempengaruhi penyakit dan cara-cara pengendaliannya.

## **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## VIII.KETAHANAN TANAMAN INANG TERHADAP INFEKSI PATOGEN

### **Kompetensi Dasar**

Setelah selesai mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat menjelaskan bahwa ketahanan suatu varietas dikelola oleh gen-gen yang terdapat padanya

### **Sasaran Belajar**

Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan ketahanan tanaman terhadap suatu patogen yang menyerangnya

### **8.1. Ketahanan Spesifik atau Vertikal.**

Ketahanan ini dikontrol oleh gen tunggal atau gen majemuk suatu kultivar yang bertanggung jawab terhadap ketahanan, seringkali hal ini efektif hanya untuk ras-ras patogen tertentu dan tidak memberikan ketahanan terhadap ras lain. Tipe ketahanan ini disebut ketahanan spesifik atau ketahanan vertikal.

Penggabungan gen spesifik ke dalam inang untuk memberikan ketahanan hanya memberikan perlindungan pada tumbuhan dalam jangka pendek. Tanaman yang mempunyai ketahanan seperti ini mudah patah, dalam waktu relatif pendek, setelah digunakan secara komersial. Patahnya ketahanan ini adalah akibat perkembangan dan seleksi ras-ras patogen yang mampu menyerang kultivar yang sebelumnya bersifat tahan. Genotip kultivar tidak berubah, masih tetap tahan terhadap strain patogen yang ada pada saat pelepasannya. Jadi ketahanan inang bekerja untuk strain-strain tertentu ini merupakan ketahanan spesifik

Identifikasi berbagai ras patogen dilakukan dengan jalan inokulasi kultivar terpilih untuk membedakan ras patogenik berdasarkan reaksi yang timbul. Penggunaan kultivar berbeda untuk mengidentifikasi ras patogen ini, harus dilakukan dalam kondisi terkontrol karena perubahan faktor lingkungan seperti suhu dan cahaya, dapat mempengaruhi gejala yang terjadi pada inang

### **Hipotesa gen dengan gen**

Hubungan genetik tumbuhan dengan patogennya belum diketahui dengan jelas. Tetapi beberapa peneliti menyimpulkan bahwa untuk setiap lokus genetik ada yang mengatur ketahanan atau kepekaan inang dan ada lokus yang mengatur virulen atau tidaknya suatu patogen. Hubungan ini disebut hipotesis gen dengan gen, yakni menyatakan bahwa setiap gen dalam inang ada yang mampu bermutasi untuk memberikan ketahanan dan ada gen dalam patogen yang mampu bermutasi untuk berhadapan dengan ketahanan tersebut. Hipotesis ini

memberikan pula contoh yang menjelaskan tentang terjadinya pematangan ketahanan kultivar pada kondisi lapang.

Hipotesis gen dengan gen ini dapat menjelaskan hubungan inang dengan patogen pada sejumlah “patogen biotropis” seperti : rust, smut, powdery mildew, *Phytophthora infestans* dan *Venturia inaequalis*. Bukti-bukti menunjukkan bahwa hipotesis tersebut dapat diperluas untuk sejumlah kombinasi inang-patogen jamur dan mungkin juga untuk kelompok parasit yang lain termasuk serangga.

Pada umumnya resistensi inang terhadap patogen jamur, adalah bersifat dominan, sebaliknya virulensi patogen biasanya bersifat resesif dan dapat diturunkan secara bebas.

Hipotesis gen dengan gen memberikan contoh untuk mempelajari system inang parasit pada situasi dimana hubungan genetik belum seluruhnya diketahui.

Ciri-ciri Ketahanan Spesifik atau Vertikal :

1. Mekanisme ketahanan vertikal biasanya diturunkan sebagai gen tunggal atau gen mejemuk. Sehingga hal ini relatif mudah untuk dimanipulasi dalam program pemuliaan tanaman
2. Ketahanan vertikal biasanya disetarakan dengan hipotesis gen dengan gen
3. Ketahanan vertikal biasanya memberikan derajat ketahanan tinggi tetapi mudah hilang, kalau ada strain patogen yang virulen. Sekali ketahanan vertikal ini hilang maka selanjutnya akan patah secara sempurna, dan tumbuhan akan peka seluruhnya terhadap strain patogen yang mampu menyerangnya.
4. Ketahanan vertikal bekerja hampir seluruhnya setelah patogen menembus tumbuhan dan seringkali dikatakan sebagai reaksi hipersensitif pada inang
5. Ketahanan vertikal seringkali menyebabkan kelambatan awal suatu epidemi.

## **8.2. Reaksi Non Spesifik atau Horizontal**

Beberapa ahli menegaskan bahwa ada bentuk ketahanan lain yang disebut ketahanan horizontal. Istilah ini umumnya digunakan untuk menyatakan ketahanan yang bekerja sejumlah besar ras patogen, walaupun tidak seratus persen efektif. Ketahanan horizontal sifatnya lebih luas dan tidak akan memacu meningkatnya ras-ras tertentu secara selektif dari suatu patogen, seperti yang terjadi dengan ketahanan vertikal. Dalam keadaan yang demikian maka komposisi populasi patogen akan stabil dan jumlah penyakit yang diakibatkannya secara keseluruhan menjadi berkurang atau menurun. Penentuan dan penggunaan ketahanan horizontal dalam suatu program pemuliaan tanaman dapat mengatasi masalah.

Ketahanan horizontal adalah ketahanan kuantitatif, dengan demikian data kuantitatif yang dibutuhkan untuk mengukurnya. Data kuantitatif ini diperoleh melalui prosedur epidemiologi baik terhadap populasi yang relatif besar di lapangan ataupun terhadap populasi terbatas dibawah kondisi yang diawasi

Mekanisme-mekanisme yang memberikan ketahanan horizontal tumbuhan belum diteliti selengkapnyanya. Pada pemilihan ketahanan untuk penyakit yang begitu intensif dilakukan, varietas seringkali menunjukkan reaksi penyakit yang lebih mantap dan jarang menderita serangan berat, oleh adanya strain patogen yang baru. Seleksi varietas dengan ketahanan horizontal kebanyakan didasarkan pada infeksi alami di lapang. Banyak varietas lama memiliki ketahanan horizontal karena telah diseleksi secara tidak sengaja selama periode yang berlangsung lama dan mencapai keseimbangan dengan populasi patogen di lapang.

Ketahanan horizontal itu (1) diatur oleh sejumlah gen, (2) tidak menunjukkan reaksi diferensial terhadap ras-ras yang berbeda dari patogen, (3) varietas yang bersangkutan rentan terhadap penyakit, akan tetapi perkembangan epideminya dihambat.

Umumnya dikatakan bahwa varietas yang menunjukkan ketahanan horizontal adalah “slow disease former” akibat mekanisme : mereduksi jumlah luka (lesions) yang dihasilkan per unit inokulum, menambah panjangnya waktu generasi patogen dan mempendek umur reproduksi luka

Ketahanan horizontal dapat diukur dengan berbagai cara epidemiologi yang dapat digolongkan ke dalam tiga macam pengukuran yaitu : pengukuran pengaruh-pengaruh penyakit; pengukuran perkembangan epidemi dan pengukuran komponen-komponen ketahanan

#### Ciri-ciri Ketahanan Non Spesifik atau Horizontal

Menurut definisi, ketahanan horizontal bekerja terhadap semua strain suatu patogen sehingga tidak mudah patah.

Ciri-ciri lainnya sebagai berikut :

1. Biasanya memberikan tingkat ketahanan lebih rendah daripada ketahanan vertikal, jarang memberikan imunitas atau ketahanan tinggi
2. Biasanya diturunkan secara poligenik dengan beberapa gen yang ikut serta. Akibat pemuliaan tanaman untuk mendapatkan jenis ketahanan sulit dan biasanya diabadikan oleh para pemulia tanaman
3. Mekanisme ketahanan horizontal bekerja sebelum dan sesudah patogen menduduki inang. Tidak ada hubungannya dengan reaksi hipersensitif
4. Karena ketahanan horizontal menyebabkan penurunan produksi spora, pengaruhnya ditunjukkan oleh penurunan tingkat perkembangan epidemi.

5. Hampir semua kultivar mempunyai resistensi horizontal terhadap infeksi. Banyak peneliti menyatakan bahwa ketahanan vertikal saja tidak dapat melindungi tanaman terhadap penyakit pada skala waktu geologi. Misalnya ketahanan dua kultivar kentang terhadap 16 ras *Phytophthora infestans*. Kedua kultivar tersebut menunjukkan ketahanan vertikal terhadap ras patogen (resistensi penuh terhadap penyakit)

### 8.3. Ketahanan Terinduksi Tanaman terhadap Penyakit

Spesies, strain yang berbeda dari mikroorganisme seringkali saling bekerja sehingga meningkatkan atau menurunkan kerentanan tumbuhan inang terhadap infeksi. Kerentanan tumbuhan terhadap patogen dapat ditingkatkan dengan infeksi pendahuluan oleh patogen lain ataupun strain berbeda dari patogen yang sama. Patogen yang tidak kompatibel dapat menjadi kompatibel pada tumbuhan yang terlebih dahulu diinfeksi dengan patogen tertentu. Dapat pula terjadi bahwa tumbuhan yang dalam keadaan normal tahan terhadap strain tertentu dari satu jenis patogen lalu berubah menjadi rentan terhadap strain tersebut, apabila secara serentak diinokulasikan bersama dengan suatu strain kompatibel dari jamur yang sama.

Kecuali menginduksi kerentanan terhadap penyakit, patogen dapat pula saling bekerja dan menginduksi ketahanan dalam inang. Kejadian ini dikenal dengan berbagai sebutan atau istilah yaitu : proteksi, proteksi silang, dan ketahanan terinduksi, imunisasi terinduksi. Untuk selanjutnya istilah ketahanan terinduksi yang digunakan dengan maksud agar mudah serta konsisten dalam penulisan.

Peristiwa ketahanan terinduksi dapat dijumpai pada penyakit tumbuhan oleh bakteri jamur ataupun virus. Beberapa ahli telah mendapatkan bahwa tumbuhan dapat diimunisasi terhadap penyakit karena jamur, juga dapat dilakukan imunisasi tumbuhan terhadap penyakit virus pada tanaman tembakau, buncis dan cowpea dengan menggunakan virus sebagai agensia penginduksi, terdapatnya bercak yang berkembang dari jamur karat *Uromyces appendiculatus* pada buncis (*Phaseolus vulgaris*) akan melindungi daun terhadap infeksi berikutnya oleh jamur yang sama, dan inokulasi kepada daun bunga matahari (*Helianthus macrophylla*) dengan jamur karat dari buncis sebelum atau bersama-sama dengan *Puccinia helianthi* akan melindungi tumbuhan dari serangan berikutnya oleh karat bunga matahari

Dari penelitian yang berkembang telah banyak aspek yang dapat diungkap dalam hubungannya dengan peristiwa ketahanan terinduksi tumbuhan terhadap penyakit. Ketahanan terinduksi ternyata berasosiasi dengan proses lignifikasi pada tumbuhan, yang mengakibatkan perkembangan jamur dapat dibatasi. Meningkatnya aktifitas peroksidase secara sistemik terbukti berasosiasi dengan ketahanan terinduksi. Pengaruh patogen yang tidak menghasilkan bercak nekrotik pada daun yang rentan dapat dimungkinkan pula untuk mengadakan perlindungan tumbuhan secara sistemik.

Dapat dikatakan bahwa imunisasi tumbuhan terhadap penyakit mempunyai berbagai sifat positif, beberapa diantaranya memberikan keuntungan terhadap cara-cara penetapan

pengendalian penyakit dengan menggunakan pestisida atau pemuliaan. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Imunisasi efektif terhadap penyakit-penyakit karena virus, bakteri dan jamur
2. Diduga bahwa imunisasi tergantung kepada aktifitas beberapa mekanisme yang berbeda, karenanya maka ia bersifat stabil. Fungisida-fungisida sistemik dengan pengaruh metabolik tunggal umumnya tidak stabil dengan akibat ras-ras baru dari patogen berkembang dengan cepat. Imunisasi dapat memantapkan tumbuhan dan menyokong kelestarian hidupnya tumbuhan selama evolusinya.
3. Imunisasi bersifat sistemik.
4. Imunisasi adalah pesisten; pada beberapa peristiwa telah diteliti ternyata bahwa imunisasi dapat bekerja selama hidupnya tumbuhan
5. Karena imunisasi menggunakan mekanisme-mekanisme ketahanan yang ada pada tumbuhan, maka imunisasi dapat dikatakan bersifat alami dan tumbuhan yang tahan penyakit ini aman, baik bagi manusia maupun lingkungannya.
6. Imunisasi ternyata dapat ditularkan dengan cara penyambungan antara batang bawah dengan batang atas. Hal demikian adalah penting karena banyak tumbuhan dapat dikembangkan dengan penyambungan
7. Imunisasi secara sistemik mengakibatkan tumbuhan memiliki respon peka atau sensitif. Akan tetapi penggunaan tenaga utama dan ekspresi mekanisme untuk ketahanan terbatas pada tempat tertentu dari tumbuhan dan hanya terjadi kalau patogen datang menyerang padanya
8. Dimungkinkannya imunisasi tumbuhan-tumbuhan rentan memperkuat dugaan bahwa potensial genetik untuk ketahanan berada pada semua tumbuhan. Informasi yang demikian kemungkinan dapat dipergunakan secara khusus untuk ahli pemulia tanaman
9. Hasil terakhir dari penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan dapat diimunisasi dengan bahan –bahan kimia yang diekstraksi dari tumbuhan yang mendapatkan imunisasi. Hal yang demikian mendorong dimungkinkannya imunisasi dengan penyemprotan di lapang atau perlakuan biji.

### **Bahan Diskusi Kelompok**

Jelaskan apa yang dimaksud dengan ketahanan tanaman inang terhadap patogen

Dari ke tiga jenis ketahanan tanaman mana yang paling cocok diterapkan dalam bidang pertanian, jelaskan alasannya

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa dapat membedakan antara ketahanan vertikal, ketahanan horizontal dan ketahanan terinduksi dari suatu tanaman

### **Tugas Mandiri/PR**

Mahasiswa dapat merangkum hasil kuliah dan menjelaskan mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen

### **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.



## IX. TANGGAPAN TUMBUHAN TERHADAP PATOGEN

### Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa mampu menjelaskan respon tumbuhan terhadap patogen

### Sasaran Belajar

1. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan perubahan-perubahan dalam jaringan hidup yang terinfeksi oleh patogen
2. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan perubahan patologis dalam struktur dan perubahan patologis dalam fungsi sel tanaman.

Perubahan-perubahan struktur, fungsi dan metabolisme yang terjadi selama patogenesis, saling berkaitan serta tak dapat dipisahkan satu dengan yang lainnya dalam tanaman sakit. Perubahan yang satu dapat menyebabkan atau disebabkan oleh satu atau dua perubahan yang lainnya. Suatu perubahan yang lebih penting dari perubahan-perubahan itu sendiri adalah urutan peristiwa yang terjadi pada masing-masing perubahan yang dimaksud. Adapun perubahan-perubahan tersebut adalah: perubahan dalam struktur dan perubahan patologis dalam fungsi.

### 9.1. Perubahan Patologis dalam Struktur

#### Urutan perubahan dalam jaringan hidup yang terinfeksi.

Respon sel-sel hidup terhadap infeksi telah diamati pada tanaman kentang yang terserang oleh *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun. Kultivar kentang yang memiliki gene R adalah tahan hipersensitif jika diinokulasi dengan ras-ras yang kompatibel. Jika permukaan potongan tangkai daun atau umbi diinokulasi dengan zoospore, penetrasi akan berlangsung dalam waktu 15 menit dan struktur yang mengandung infeksi akan menjalar ke dalam sel-sel inang 20 menit berikutnya. Peristiwa-peristiwa ini terjadi dengan cara yang serupa dalam kombinasi peka dan tahan dan pada permukaan yang diinokulasi segera setelah pemotongan dan yang telah disimpan sebelumnya selama 5 jam atau lebih di dalam ruangan yang lembab. Akan tetapi, jika jaringan – jaringan yang telah mengalami penyimpanan lalu diinokulasi dengan ras inkompatibel, sel-sel akan terbunuh dengan sangat cepat : 30% mati dalam 20 menit dan 80% dalam 40 menit setelah penetrasi. Sebaliknya jika permukaan potongan yang masih baru kemudian diinokulasi dengan ras yang inkompatibel, kematian selnya sangat diperlambat, hanya kira-kira separuh dari sel-sel yang dipenetrasi mati 8 jam setelah inokulasi. Untuk penetrasi oleh ras yang kompatibel, baik pada jaringan

yang disimpan dahulu maupun yang segar, sel-sel ini tetap hidup untuk paling tidak selama 2 hari sedangkan jamurnya mengadakan percabangan dalam jaringan.

Kematian sel yang terjadi secara cepat pada inokulasi jaringan yang telah mengalami penyimpanan meliputi urutan peristiwa-peristiwa tertentu. Pada tahap awal penetrasi, terjadi penambahan yang menyolok dalam jumlah benang sitoplasmik, inti sel bergerak ke arah tempat terjadi penetrasi. Peristiwa ini diikuti oleh nampaknya butiran-butiran sitoplasmik dalam gerak Brown yang sangat cepat. Pada saat ini sel boleh dikatakan masih hidup, karena menyerap netral-red (zat warna) dan mengalami plasmolisis. Kematian sel ditandai oleh suatu granulasi sitoplasmik dan munculnya partikel atau butiran yang lebih banyak dalam gerak Brown. Sedangkan isi sel menjadi kuning dan akhirnya setelah gerak Brown berhenti warna berubah menjadi coklat. Untuk beberapa jam setelah terjadinya kematian sel, hifa jamur tumbuh dengan cepat baik pada jaringan yang hipersensitif maupun yang peka pada sel-sel yang tidak dimatikan.

Kematian sel setelah penetrasi oleh ras-ras *P. infestans* yang inkompatibel dapat pula sangat diperlambat dengan perlakuan penghambat metabolic seperti sodium acide kepada jaringan-jaringan. Tomiyama (1971) berpendapat bahwa paralisis metabolik yang serupa yang disebabkan oleh pemotongan dapat memperlambat kematian sel yang diamati apabila inokulasi dilakukan pada jaringan yang masih segar (baru dipotong). Pada hipotesis ini, reaksi hipersensitif diperani oleh tingkat aktifitas metabolisme inang.

Infeksi pada akar-akar rambut dari rumput-rumputan oleh zoospora *Phytium aphanidermatum* juga menyebabkan kematian sel yang sangat cepat. Segera setelah tabung kecambah dari zoospora mengadakan kontak dengan akar rambut, appressorium terbentuk dan dalam waktu 20 menit terbentuk jarum penetrasi (petration peg). Begitu penetrasi terjadi, cyclosis dalam akar rambut lambat kemudian berhenti pada kira-kira 35 menit setelah penetrasi. Lima menit kemudian, sitoplasma mengalami granulasi dan 20 menit kemudian berlangsung plasmolisis yang berat.

Respon patologis sel-sel hidup telah dipelajari pula dengan mikroskop interferensi yang dikombinasi dengan cara-cara histokimia. Pada bawang merah yang diinokulasi dengan *Botrytis allii*, sel-sel yang berdekatan dengan hifa jamur menunjukkan penurunan luasan inti sebesar 28% dan berat kering inti sebesar 40%. Sel-sel yang jaraknya 2cm memperlihatkan sedikit kenaikan dalam dua sifat tersebut. Hasil-hasil inokulasi bawang merah dengan *Aspergillus niger* menunjukkan hal serupa, hanya penambahan dalam luasan daun dan berat kering inti pada sel-sel yang berjarak 2cm dari hifa ternyata lebih besar hasil yang diperoleh pada parasit lemah ini berbeda dari yang diperoleh pada pengamatan gandum yang terserang karat (rust). Inti pada sel-sel yang terserang karat ukurannya bertambah dan ada hubungannya dengan penambahan menjadi dua kali lipat dalam RNA. Dalam semua studi kasus yang dilakukan kematian sel ada hubungannya dengan kehancuran inti dan hilangnya sebagian besar DNA.

## Perubahan Patologis dalam Ultrastruktur

Walaupun melalui pengamatan mikroskop elektron dapat diamati struktur secara lengkap (detail) yang walaupun dengan mikroskop cahaya tak mungkin dapat diamati, interpretasi electron mikrograf menimbulkan problem. Mikrograf electron menggambarkan sel dalam keadaan mati, terlapisi diiris dan diwarnai dengan logam berat secara visual harus diinterpretasi dengan hati-hati. Karena observasi yang terus menerus dan berurutan pada sel yang sama itu tidak mungkin dilakukan, urutan perubahan-perubahan yang terjadi selama infeksi harus dideduksi dari pengamatan yang tidak langsung. Sampel-sampel umumnya diambil dari berbagai saat inokulasi, akan tetapi perubahan-perubahan jarang menggambarkan secara sinkron untuk dapat menemukan atau menentukan urutan kejadian dengan cara tersendiri. Pendekatan yang lain didasarkan pada pemikiran bahwa jika suatu perubahan (X) seringkali dapat diamati dalam keadaan tidak adanya perubahan yang kedua (Y) tetapi Y tidak pernah dapat diamati pada keadaan tidak adanya X, maka X mendahului Y.

### Perubahan-perubahan yang berasosiasi dengan dinding sel tanaman:

#### 1. Perubahan papillae

Respon morfologis yang paling awal dan hampir selalu konsisten terhadap patogen yang menembus secara langsung adalah terbentuknya papillae. Papillae umumnya terbatas pada daerah sel yang dituju oleh penetration peg, tetapi juga dibentuk dekat sel-sel terserang apabila penetrasi pada atau dekat dengan hubungan-hubungan sel. Papillae berupa deposit-deposit yang ukurannya bervariasi dari yang kecil, amorf dan padat dan sampai bentuk-bentuk yang kompleks yang mengandung inklusi-inklusi yang mempunyai selaput. Papillae yang besar dapat diamati dengan mikroskop cahaya, telah diteliti dengan pengujian-pengujian histokimia. Hasil hasil pengujian ternyata sangat beragam. Beberapa diantaranya menunjukkan adanya callose sebagai komponen utamanya, sedangkan lignin, suberin, atau bahan – bahan yang lain jumlahnya lebih banyak. Hasil yang konsisten adalah uji positif terhadap polisakarida.

Saat dimana terbentuk papillae baik sebelum, selama maupun setelah dinding ditembus, telah banyak diteliti. Kasus yang paling jelas nampaknya terdapat pada akar rambut kubis yang diinfeksi oleh *Plasmodiophora brassicae* yang mana proses ini diikuti dengan mikroskopi cahaya pada jaringan- jaringan hidup. Di sini papillae terbentuk sangat cepat dalam waktu dua menit setelah penembusan dinding sel. Di lain pihak, struktur –struktur menyerupai papillae terbentuk pada dinding- dinding epidermal sel dari *Kinkgo biloba* dalam responnya terhadap jamur yang tak mampu menembus kutikula. Hasil pengamatan pada electron mikrograf menunjukkan bahwa papillae ada sebelum dinding sel ditembus secara sempurna tetapi tidak ada sebelum infection peg dibentuk.

Sayatan appressorium dan struktur infeksi lain yang kehilangan sebagian kecil luasan penetrasi dapat memberikan impresi yang salah bahwa papillae dibentuk karena pembentukan infection peg. Sebagai contoh, jika sayatan kehilangan ujung dari infection peg, suatu papillae yang masih nampak dibentuk karena penetrasi.

Sederetan pengamatan memberi sugesti bahwa kekuatan mekanis yang digunakan patogen selama penetrasi dapat dipakai selama stimulus terbentuknya papilla. Yang pertama, papillae terbatas pada daerah- daerah dibawah atau berdekatan dengan tempat berlangsungnya penetrasi. Kedua, struktur- struktur menyerupai papilla dapat diinduksi

dengan tusukan – tusukan jarum secara lemah. Ketiga, jika kita terdapat bukti tentang tenaga mekanis selama penetrasi, papilla tak akan terbentuk. Yang terakhir, struktur-struktur menyerupai papilla tak akan terbentuk responnya terhadap perlakuan victorin yang mengalami perubahan khusus lainnya.

Papilla mungkin menghambat atau mencegah penetrasi oleh beberapa patogen, tetapi hal ini belum dapat disimpulkan berdasarkan pengamatan. Kenyataan bahwa hifa infeksi sangat tidak membesar sampai papilla itu ditembus menunjukkan bahwa struktur-struktur ini memberi perlindungan terhadap perluasan dari patogen. Pada beberapa kasus penetration peg menghasilkan percabangan-percabangan setelah pemanjangannya telah jelas terhenti dalam papilla. Padahal yang lainnya, infection peg seringkali menembus papillae dan ada serta ukuran struktur ini nampaknya tidak berkorelasi dengan ketahanan terhadap penyakit. Dalam beberapa kasus barrier terhadap penetrasi nampaknya menyebabkan tertundanya proses infeksi pada tanaman-tanaman yang tahan. Ini telah dilukiskan dengan baik dalam suatu perbedaan struktur-struktur infeksi yang dihasilkan oleh *Colletotrichum graminicola* pada daun-daun oat yang sangat tahan dengan yang dibentuk pada jagung yang tidak tahan (peka). Perbedaan yang paling jelas adalah waktu yang diperlukan untuk penetrasi yaitu kurang dari 9 jam pada jagung yang peka dan lebih dari 48 jam pada oat yang tahan. Perbedaan yang kedua adalah ketebalan dan konformasi dari elektronlucent pada dinding sebelah dalam. Pada oat ternyata lebih tebal dibanding pada jagung serta memperlihatkan penonjolan ke dalam, ini memberi sugesti bahwa lebih banyak tenaga mekanis yang telah dipakai appressorium untuk menembus sel oat. Perbedaan yang ketiga pada jagung dinding sebelah dalam berkembang membentuk suatu sheath mengelilingi hifa infeksi, sedangkan pada oat ekstensi demikian tidak terjadi atau kalau hal ini terjadi, amat begitu tipisnya sehingga tidak mudah untuk dideteksi. Yang terakhir penetration peg yang bercabang tak pernah ada pada infeksi-infeksi jagung yang peka.

Sifat dan peran dinding sel yang berbeda dalam elektronlucent yang mengelilingi hifa infeksi pada sel-sel peka telah diuraikan oleh Politis dan Wheeler (1973). Perubahan dinding sel yang demikian ini membantu dalam menghalangi kontak fisik yang langsung antara protoplasma tanaman dan patogen

## 2. Modifikasi Dinding Sel

Pada tanaman –tanaman yang diserang oleh jamur, virus atau nematoda, dinding sel seringkali menggelembung mengalami distorsi atau modifikasi. Modifikasi – modifikasi berkisar dari bercak-bercak kecil menyerupai blister atau pembengkakan yang muncul di bawah permukaan dinding sel sebelah dalam sampai kepada struktur-struktur yang sangat besar yang membungkus haustoria. Berdasar pertimbangan bahwa ada variasi yang besar dalam ukuran dan morfologi maka banyak istilah yang berbeda telah dipakai untuk struktur ini. Struktur-struktur yang tidak secara langsung berasosiasi dengan haustoria disebut wall-lesions, blister, lomasomes atau lomasom like (paramural-bodies atau pembentukan lapisan batas. Yang mengelilingi haustoria diistilahkan sebagai sheath, encapsulation atau encasement. Karena sifat dan fungsi struktur-struktur ini belum diketahui. Istilah ini memberi sugesti bahwa struktur dibentuk karena sekresi bahan-bahan sitoplasmik dan dalam banyak hal tidak ada bukti – bukti tentang diproduksinya bahan ini. Penonjolan atau modifikasi dinding sel sering kali berasosiasi dengan tahap-tahap awal dari penetrasi oleh jamur patogen. Sebaliknya papillae tidak terbatas pada daerah penetrasi dan pembentukannya tidak tergantung pada tenaga-tenaga mekanik karena ditemukan pada jaringan-jaringan yang diperlakukan dengan pathotoxin atau diinfeksi oleh virus

Modifikasi-modifikasi dinding sel yang serupa dengan modifikasi yang dijumpai dalam tanaman-tanaman sakit dapat diinduksi pada akar-akar yang dipengaruhi victorin. Dalam kedua kasus, sel-sel yang mengalami modifikasi berat tetapi nampak sehat seringkali dijumpai diselaputi oleh sel-sel yang nekrotik atau rusak berat dengan sedikit atau tidak ada modifikasi dinding sel.

### 3. Perubahan Patologis dalam Membran dan Organel sel.

Naiknya aktifitas sekresi nampaknya secara konsisten ada kaitannya dengan berbagai tipe modifikasi dinding sel yang dapat diamati pada tanaman yang sakit. Dalam banyak hal butiran sekresi ternyata diproduksi oleh aparatus Golgi. Produksi sekresi Golgi adalah komponen utama lendir ekstraseluler yang diekskresi akar dan dapat memegang peran yang penting dalam sintesis dinding sel.

Produksi sekresi Golgi menyokong terbentuknya penonjolan dan distorsi dinding sel yang ditemukan dalam tanaman-tanaman sakit. Pada akar-akar oat yang diperlakukan dengan victorin, lesio dinding sel terjadi sebelum meningkatnya aktifitas Golgi itu dapat diamati tetapi ekskresi Golgi jelas memegang peran dalam perkembangan lesio ini menjadi modifikasi-modifikasi dinding sel

Menurunnya permeabilitas sel yang merupakan awal dari perubahan pada jaringan sakit memberikan sugesti bahwa perubahan struktur membran khususnya pada plasmalemma dapat terjadi selama stadia awal dari pathogenesis. Dalam beberapa kasus putusnya plasmalemma telah diamati dalam sel-sel selama tahap-tahap awal dari infeksi, tetapi dalam hampir semua kasus, ketidak kontinyunya plasmalemma serta kenampakan lain berupa pecah atau robek yang meluas ditemukan hanya pada sel-sel yang rusak berat dan pada tahap lanjut dari degenerasi. Pengaruh awal dari akar-akar rambut oat yang diperlakukan dengan victorin adalah suatu perubahan yang menyebabkan struktur secara keseluruhan dari membran lebih mudah untuk melarut. Hal ini memberi petunjuk bahwa kehilangan elektrolit-elektrolit secara cepat akibat victorin disebabkan baik oleh perubahan-perubahan yang tak diketahui pada struktur membran atau dari pengaruh-pengaruh pengisapan atau sifat-sifat lain dari sel yang tidak ada hubungannya dengan permukaan membran. Pada jaringan yang diserang, apalagi yang sakit, sel-sel seringkali mengalami plasmolisa dengan tiba-tiba. Fase plasmolysis adalah fenomena jika sel-sel berada pada larutan hypotonik atau juga pada air destilasi. Suatu contoh fase plasmolisis sebagai tahap akhir dari kematian pada sel-sel yang diserang oleh zoospora *Pythium*. Secara umum fase plasmolisis terjadi pada bentuk yang sangat eratik atau tak dapat diperkirakan. Akan tetapi bila akar-akar oat yang peka diperlakukan dengan victorin, secara beraturan akan terjadi fase plasmolisis pada semua sel-sel epidermal dan sel-sel luar dari tudung akar. Hasil studi dengan mikroskop cahaya dan mikroskop electron pada akar oat yang diperlakukan dengan viktirin menunjukkan bahwa semua membran sel-sel yang telah mengalami plasmolisis adalah lebih atau kurang mengalami kerusakan. Plasmalemma nampaknya kurang terpengaruh. Peneliti-peneliti berpendapat, bahwa kerusakan pada tonoplas dan tercampurnya isi vacuola dengan sitoplasma akan menyebabkan kehilangan secara cepat sifat-sifat osmotik dan kematian sel. Pengkerutan protoplas akan menyebabkan kekuatan penarikan yang lemah yang menyebabkan membran bersatu setelah sel pecah.

## 9.2. Perubahan Patologis dalam Fungsi

Perubahan patologis dalam fungsi terdiri dari : perubahan-perubahan dalam permeabilitas sel ; gangguan dalam hubungan air dan tidak berfungsinya stomata.

Dengan tidak mempedulikan apakah tipe penyakit ataukah sifat agensia patogeniknya, perubahan-perubahan permeabilitas telah ditemukan pada pengamatan terhadap jaringan-jaringan tanaman sakit. Perubahan dalam permeabilitas telah ditemukan atau dideteksi sebelum gejala yang lain nampak. Peristiwa awal dari pathogenesis ini dapat pula terjadi karena berbagai sebab yang bersifat biokimia, kimia ataupun agensia-agensia fisik.

Perubahan dalam permeabilitas dapat diikuti dengan cara pengukuran substansi-substansi yang diloloskan oleh jaringan-jaringan baik air destilasi ataupun larutan-larutan lainnya. Jumlah bahan-bahan yang dibebaskan atau diloloskan dapat diketahui dengan analisis kimia dari contoh-contoh larutan yang didapat atau kalau berupa elektrolit dengan pengukuran konduktifitas elektrik dari larutan dengan suatu perantara konduktifitas. Cara ini telah terkenal karena kesederhanaannya, tetapi hasilnya harus diinterpretasi dengan hati-hati karena bahan yang mengalami chelation dapat menunjukkan elektrolit yang semu.

Perubahan dalam potensial elektrokimia yang diukur dengan menyusupkan ujung mikroelektrode ke dalam suatu sel dengan suatu hubungan electrode dengan suatu larutan telah dipakai untuk menemukan perubahan-perubahan permeabilitas yang disebabkan oleh pathotoxins. Dengan cara ini perubahan potensial yang biasanya disebut potensial membrane, dapat dideteksi dalam waktu beberapa detik karena ujung electrode internal umumnya disusupkan ke dalam vacuole, yang terukur harus melalui tonoplas, suatu lapisan plasma, plasmalemma dan dinding sel.

Perubahan permeabilitas dalam tanaman sakit terjadi sebagai respon awal terhadap berbagai agensia patogenik. Pada tahap permulaan penyerangan sel-sel menjadi atau mengalami kebocoran. Sel-sel kehilangan sebagian besar elektrolit dan substansi lainnya dan pada saat yang bersamaan akan kehilangan kemampuan untuk mengakumulasi garam-garam mineral. Hilangnya air dari sel-sel mungkin ada hubungannya dengan kondisi kebasah-basahan yang sering nampak sebagai gejala pertama dari suatu penyakit. Kondisi kebocoran tetap berlangsung setelah kecepatan respirasi meningkat dengan tajam. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan normal antara respirasi dengan pengambilan bahan-bahan oleh sel telah dirusak.

Perubahan dalam permeabilitas yang diinduksi oleh enzim-enzim pektat seperti : pektik lyase dan hidrolase mampu menyebabkan kehancuran sel dan kematian sel. Dalam penelitian-penelitian yang dilakukan kematian dan hancurnya sel-sel sangat berkorelasi akan tetapi keduanya melalui cara perubahan-perubahan dalam permeabilitas. Potongan-potongan kentang yang diperlakukan dengan suatu endopoly galacturonase trans-eliminase yang dihasilkan oleh *Erwinia carotovora* dipakai sebagai contoh tipikal (yang mencirikan) pada hubungan ini. Kematian dan kehancuran sel tak dapat diketahui setelah diperlakukan dengan enzim selama 30 menit akan tetapi keduanya akan diketemukan setelah 60 menit.

Perubahan permeabilitas yang diinduksi oleh toksin dalam pathogenesis telah banyak dibicarakan dalam beberapa tulisan. Berdasarkan definisi, toksin adalah substansi yang menyebabkan rusak serta matinya sel-sel, disini tidak ada pernyataan tentang kemampuannya

untuk mengganggu permeabilitas. Penemuan secara lengkap pengaruh yang menyolok dari victorin pada permeabilitas dapat ditemukan pada referensi yang secara singkatnya, victorin menyebabkan perubahan-perubahan dalam permeabilitas yang pada umumnya serupa dengan karakteristik jaringan-jaringan tanaman sakit. Jaringan peka yang dikenai victorin pada konsentrasi rendah menjadi bocor dan kehilangan kemampuan untuk mengakumulasi garam-garam dan bahan-bahan lainnya.

### **Gangguan Dalam Hubungan Air**

Hubungan air yang tidak seimbang nampak sebagai hasil perubahan-perubahan permeabilitas sel sebagai ciri umum tanaman yang sakit. Gejala pertama yang nampak sering berupa bagian yang kebasahan yang terdapat secara lokal, dan pada tahap berikutnya jaringan-jaringan yang sakit sering mengering secara cepat dan melayu terus pada penyakit-penyakit yang tidak termasuk sebagai kelayuan. Akan tetapi hampir semua penelitian pada hubungan air ini telah dilakukan pada penyakit di mana kelayuan adalah gejala yang utama. Setidaknya ada tiga penyebab utama kelayuan patologis : ketidakmampuan untuk menyerap air, gangguan dalam transport air dan tidak berfungsinya stomata.

Gangguan penyerapan air pada *Capsicum frutescens* yang terserang oleh virus *Tobacco etch* (TEV) berakibat berkembangnya gejala daun yang umum tetapi diikuti mendadak dalam beberapa hari berikutnya dan segera mati. Studi histologis tanaman Tobacco pepper yang terserang oleh TEV pada permulaan gejala layu menghasilkan lingkaran sel-sel phloem dan kambium yang mengalami nekrosis yang mengelilingi xylem dari akar-akarnya. Nekrosis yang demikian tak dijumpai dalam batang, petiole atau daun dan tak ada penyumbatan pembuluh xylem ditemukan pada bagian-bagian tanaman. Halangan pergerakan air dalam xylem sebagai faktor penting pada kelayuan yang diinduksi TEV diatur oleh kenyataan bahwa tanaman yang layu memperoleh kembali turgornya bila ujung-ujung akarnya dimasukkan ke dalam air. Peneliti-peneliti ini juga menemukan bahwa meningkatnya kehilangan elektrolit, khususnya kalium, terjadi 24 – 48 jam sebelum kelayuan dan nekrose phloem dapat diketahui. Mereka menduga bahwa perubahan-perubahan permeabilitas ini dapat mengawali reaksi-reaksi lebih lanjut yang menutupi suatu lingkaran sel-sel yang mengalami nekrosis dan mencegah masuknya air kedalam xylem.

Gangguan dalam transport air, seperti jamur dan bakteri yang menyebabkan kelayuan pembuluh menyerang dan menetap dalam pembuluh-pembuluh xylem yang mengangkut air pada tanaman. Pada umumnya, patogen penyebab layu akibat jamur tetap berada dalam xylem sampai tanaman itu mati, sedangkan bakteri seringkali berpindah dan mengisi ruang-ruang jaringan yang berdekatan. Di dalam xylem, sel-sel bakteri atau propagul jamur terbawa arus transpirasi kepada petiole dan daun-daun dimana mereka akan tumbuh dan menghasilkan infeksi-infeksi baru. Transpor demikian akan membantu penyebaran secara cepat dari patogen dan perkembangan infeksi-infeksi sistemik termasuk juga tanaman – tanaman yang tinggi. Ketahanan tanaman pisang terhadap layu *Fusarium* ada asosiasinya dengan terbentuknya secara cepat gel dan tylosis oleh tanaman yang akan mencegah migrasi patogen.

Mekanisme yang ada kaitannya dengan gejala-gejala penyakit layu jaringan merupakan masalah yang terus-menerus diperdebatkan. Dua mekanisme yang umum telah

diusulkan yaitu : kegagalan system pembuluh untuk mengangkut dan mencukupi kebutuhan air, dan gangguan permeabilitas sel daun oleh toksin. Mereka yang mendukung pendapat bahwa tidak berfungsinya jaringan pembuluh sebagai penyebab utama kelayuan menyitir kenyataan bahwa penghambatan terhadap pengaliran air pada tanaman -tanaman sakit adalah sangat meningkat. Pada segmen-segmen batang yang diinfeksi oleh berbagai patogen penyebab layu, hambatan terhadap pengaliran air umumnya meningkat 4-60 kali dan pada tanaman tomat yang terserang oleh *Fusarium*, kecepatan pengaliran air dapat menurun menjadi 1 %

Dua macam faktor yang diperkirakan membantu dalam meningkatnya hambatan pengaliran dalam penyakit-penyakit layu jaringan adalah: patogen itu sendiri atau bersama-sama tylosis atau gel-gel pada pembuluh, dapat menyebabkan penyumbatan sebagian atau sama sekali pembuluh-pembuluh besar dalam batang. Akan tetapi karena hambatan pada batang itu rendah, faktor-faktor ini sendiri tidak akan pernah mengurangi pengaliran yang cukup untuk menyebabkan kelayuan. Faktor-faktor tambahan adalah polisakarida dengan berat molekul yang tinggi yang dihasilkan patogen atau pecahnya dinding sel oleh enzim-enzim hidrolitik

Hipotesis bahwa metabolit-metabolit yang diproduksi patogen yang diistilahkan sebagai wilt toxins memegang peran utama dalam penyakit-penyakit layu pembuluh. Hipotesis ini didukung oleh Gaumann dan kawan-kawannya. Mereka telah mengisolasi dan mendapatkan sifat-sifat sejumlah senyawa beracun yang mampu merubah atau merusak permeabilitas sel daun dari biakan-biakan *Fusaria* dan patogen-patogen penyebab kelayuan lainnya.

### **Tidak Berfungsinya Stomata**

Perubahan dalam transpirasi yang seringkali diikuti oleh dehidrasi, adalah sifat yang umum dari penyakit-penyakit yang disebabkan oleh patogen-patogen yang umumnya tidak berkelompok atau mengumpul dalam elemen-elemen pembuluh. Sejumlah metabolit beracun yang dihasilkan oleh patogen-patogen ini akan menyebabkan kelayuan yang cepat dan permanen jika mengalami transpirasi. Perubahan-perubahan dalam stomata yang bersama-sama dengan perubahan transpirasi akibat induksi oleh victorin dapat ditunjukkan sebagai berikut. Tiga jam setelah perlakuan dengan victorin, jika transpirasi mencapai minimum, stomata menutup rapat tetapi kenampakannya secara normal terdapat butir-butir pati pada sel-sel penutup tetapi tidak pada sel lainnya. Sepuluh jam setelah perlakuan stomata secara normal membuka lebar dengan sel-sel penutup tanpa berisi pati. Pada saat ini sejumlah besar pati terdapat pada chloroplast sel-sel mesophyl yang umumnya tidak mengandung pati. Pemeriksaan secara langsung terhadap daun -daun utuh yang layu karena toksin menunjukkan bahwa 30-40 % stomata memiliki sel-sel penutup yang besar dan membuka 2-4 kali lebih lebar daripada daun-daun control terhadap penyinaran.

Mekanisme-mekanisme yang bertanggung jawab terhadap kelakuan stomata daun yang diperlakukan dengan victorin belum diteliti. Karena victorin menyebabkan kehilangan dalam jumlah besar kalium dari jaringan daun, hal ini mungkin bahwa sebab penutupan stomata adalah hasil hilangnya kalium dari sel-sel penutup. Penutupan dengan segera mungkin disebabkan oleh kehilangan turgor pada sel-sel pengganti yang lainnya yang



mengelilingi stomata atau perubahan pati menjadi bahan-bahan osmotik aktif dalam sel-sel penutup dan kenampakan yang membengkak menunjukkan bahwa mekanisme selanjutnya memegang peran dalam menjaga stomata membuka setelah kelayuan terjadi. Pembentukan pati dalam sel-sel mesophyl pada saat yang bersamaan dimana pati tidak terbentuk dalam sel-sel penutup menimbulkan hal yang berlawanan. Akan tetapi pati sering terkumpul di sekeliling lesio, dihasilkan oleh patogen daun dengan demikian pengaruh ini merupakan contoh lain yang serupa akibat induksi victorin dan suatu keragaman agensia patogenik yang lain.

Perubahan transpirasi akibat induksi victorin sangat serupa dengan pada daun-daun buncis yang terinfeksi oleh jamur karat. Kenaikan skunder dalam transpirasi pada buncis yang berkarat disebabkan meningkatnya transpirasi kutikular akibat peledakan sporulasi patogen. Karena meningkatnya transpirasi terjadi satu atau dua hari sebelum sporulasi, ia akan sangat membantu untuk menentukan kapan terjadi pembukaan stomata kembali dengan meningkatnya transpirasi.

### **Bahan Diskusi Kelompok**

1. Jelaskan perubahan-perubahan yang terjadi pada jaringan hidup yang terinfeksi oleh patogen
2. Jelaskan perubahan patologis dalam organ tanaman yang terinfeksi oleh patogen

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar membedakan tanaman sehat dengan tanaman yang terserang patogen dalam hubungannya dengan pengendalian penyakit

### **Tugas Mandiri/PR**

Mahasiswa merangkum hasil kuliah dan mencari hasil-hasil penelitian yang berhubungan dengan perubahan –perubahan yang terjadi pada tanaman yang terinfeksi oleh patogen.

## Daftar Pustaka

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## X. CARA PENGENDALIAN PENYAKIT TUMBUHAN

### Kopetensi Dasar

Setelah selesai mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat melakukan tindakan pengendalian penyakit dengan paket teknologi yang tepat agar dapat mengurangi kehilangan hasil.

### Sasaran Belajar

1. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan hubungan antara faktor inang, patogen dan faktor lingkungan dalam menimbulkan suatu penyakit.
2. Seluruh mahasiswa mampu membedakan jenis patogen, gejala penyakitnya, faktor yang mendukung perkembangan penyakit supaya dapat melakukan tindakan pengendalian dengan tepat

Pengendalian penyakit tumbuhan pada prinsipnya memperhatikan segitiga penyakit yaitu semua penyakit patogenik dihasilkan dari interaksi di antara inang, patogen dan faktor lingkungan. Apabila salah satu faktor tersebut tidak mendukung maka penyakit tidak akan terjadi. Pengendalian dapat dicapai melalui :

#### 10.1. Eleminasi atau Meniadakan Patogen

Kalau patogen tidak ada dalam suatu areal, usaha untuk mencegah awal dapat dilakukan dengan karantina tumbuhan dan sertifikasi benih dapat membantu dalam hal ini. Perawatan dapat juga mencegah awal masuknya patogen ke dalam area melalui peralatan, mesin, bagian tanaman yang terkontaminasi. Kalau patogen sudah ada dalam suatu areal dapat dilakukan usaha untuk eleminasi atau menurunkan jumlah inokulum yang ada. Mungkin eleminasi tepat dilakukan dengan bahan kimia, fisika dan biologi. Praktek budidaya dapat dilakukan seperti: rotasi tanaman, sanitasi dan sebagainya dapat digunakan untuk menurunkan populasi patogen dan menurunkan intensitas penyakit

#### 10.2. Mencegah inang dari patogen

Bahan kimia pelindung pada permukaan tanaman dapat digunakan untuk menurunkan kejadian penyakit. Sama halnya dengan menggunakan bahan kimia yang bersifat sistemik dapat digunakan untuk melindungi tanaman dari penyakit. Tetapi barangkali yang lebih baik untuk melindungi inang dari patogen dengan menanam kultivar resisten.

#### 10.3. Memodifikasi lingkungan

Pada beberapa tempat kemungkinan cara memodifikasi lingkungan cocok untuk perkembangan patogen. Tetapi secara normal sukar untuk mengendalikan penyakit dengan cara ini. Tetapi dalam beberapa hal bisa berhasil. Contoh pengendalian *Phytophthora collar rot* pada jeruk yang diakibatkan oleh *Phytophthora citrophthora* dapat berhasil melalui

perbaiki drainase tanah. Ada variasi strategi yang cocok untuk mengendalikan penyakit tumbuhan. Tetapi dapat direkomendasikan yang paling tepat khususnya pada situasi tertentu dengan harus mempertimbangkan beberapa hal seperti : pengendalian secara ekonomis harus menguntungkan, cocok untuk diterapkan, pilihan yang tepat dan tidak bermasalah untuk masa depan.

#### 10.4 Pengendalian Penyakit dengan cara Fisik dan Kimia

##### 1. Metode Fisik

Pengendalian patogen dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan dengan perlakuan panas (sterilisasi dan pasturisasi), pendinginan, pengasapan, penangkapan spora (spore trap) dan sebagainya. Contoh : pengendalian penyakit bercak daun pada kubis yang disebabkan oleh jamur *Alternaria brassicae* dan *A. brassicicola* dapat dikendalikan dengan merendam biji ke dalam air panas pada suhu 50C selama 18 menit

##### 2. Metode kimia

Pengendalian patogen tumbuhan dengan menggunakan bahan kimia dapat berupa fungisida untuk mengendalikan jamur, bakterisida untuk mengendalikan bakteri, nematisida untuk mengendalikan nematoda.

Contoh : Fungisida

Fungisida adalah bahan kimia yang mampu membunuh jamur tertentu dan senyawa ini sering menghambat pertumbuhan jamur atau menekan perkecambahan spora dan berfungsi sebagai agen fungistatik. Fungisida dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

**Protective** yakni mampu melindungi tanaman atau bagian tanaman terhadap infeksi akibat patogen pada bagian tanaman yang diaplikasikan.

**Eradikan** yakni diaplikasikan setelah patogen ada atau mengendalikan penyakit setelah infeksi terjadi.

**Systemik** yakni senyawa yang diaplikasikan aktif setelah diabsorpsi dan ditranslokasikan dalam tanaman.

Adapun senyawa fungisida yang ideal untuk dipasarkan harus memenuhi syarat seperti berikut :

1. Senyawa kimianya harus efektif pada konsentrasi yang tidak berbahaya untuk struktur tanaman atau stadium pertumbuhannya.
2. Tidak berbahaya bagi manusia dan binatang dan tidak akan memacu reaksi alergi.
3. Berdampak minimal untuk jangka panjang pada mikroflora tanaman dan tanah.
4. Senyawanya stabil dan relatif persisten terhadap bahan panen dan hasil tanaman.

5. Sedikit mengubah patogen kearah resisten kimia.
6. Mengandung senyawa yang akurat dan efektif diaplikasikan pada tanaman.
7. Secara fisik dan kimia cocok dengan formulasi biosida yang lain.
8. Mampu disimpan dalam jangka waktu yang lama dibawah kondisi iklim normal tanpa kehilangan potensinya.
9. Harga awal dan biaya aplikasi harus lebih rendah dari pada hasil yang diselamatkan.

Fungisida ada yang mengandung senyawa anorganik dan organik. Fungisida anorganik biasanya mengandung senyawa utama seperti: copper, mercury, zinc, cadmium dan sulphur. Sedangkan fungisida organik umumnya mengandung senyawa seperti : senyawa organo-metalik, senyawa organo-sulphur (termasuk carbamates), senyawa heterocyclic nitrogen, senyawa guanidine dan senyawa organic lainnya.

**Cara kerja fungisida terhadap jamur adalah sebagai berikut :**

**1. Mempengaruhi sintesis dinding sel dan pembelahan sel.**

Beberapa fungisida dapat menghambat atau mencegah proses pertumbuhan jamur didalam pembentukan dinding sel yang baru yang diperlukan untuk perpanjangan ujung hifa, percabangan dan pembentukan spora.

**2. Mempengaruhi permeabilitas membrane**

Fungisida dengan aktifitas permukaan tinggi (surfactant) telah menunjukkan perubahan proporsi membran sel jamur. Keabnormalan permeabilitas membran dapat dihasilkan baik dari masuknya substansi sampai mencapai level fungitoksik maupun akibat kekurangan nutrisi sel yang esensial. Modifikasi proporsi membran dapat juga menghambat produksi atau sekresi enzim ekstraseluler oleh jamur patogen. Hal ini akan membatasi kemampuan membentuk koloni pada jaringan tanaman inang. Kondia beberapa jamur seperti Erysiphales (penyebab penyakit powdery mildew) adalah hydrophobic. Bahan fungisida mengandung proporsi lipophilic (contoh senyawa phenolic, dinocap dsb.) adalah lebih mampu melintasi dinding dan membran konidia jamur ini dari pada substansi yang lain.

**3. Mempengaruhi enzim**

Enzim dicirikan oleh adanya bagian yang reaktif seperti grup asam amino (-NH<sub>2</sub>), grup imono (-NH), grup carboxyl (-COOH), grup hydroxyl (-OH) dan grup sulphhydryl (-SH) pada molekulnya. Beberapa fungisida bereaksi dengan grup ini dan menginaktifkan khususnya system enzim. Hasil ini sering membloking lintas biokimia esensial dari jamur. Beberapa fungisida seperti captan dapat menghambat enzim non-spesifik. Sedangkan fungisida lain seperti : maneb, thiram, sulphur dan ziram cenderung menginaktifkan enzim spesifik dalam siklus kreb. Fungisida sistemik seperti carboxin terlihat spesifik menghambat enzim succinic dehidrogenase. Fungisida Copper dapat menstimulasi

berlebihan aktifitas beberapa enzim yang dihasilkan didalam metabolisme jamur yang abnormal.

#### 4. **Mempengaruhi Chelation dan precipitation**

Variasi bahan sel termasuk asam amino, asam organik dan enzim dapat beraksi sebagai chelating agent atau bentuk stabil kompleks organik dengan ion metal. Walaupun reaksi ini dapat menurunkan aktivitas beberapa fungisida metalik mereka juga dapat membuat beberapa metabolit jamur esensial yang tidak cocok untuk proses fisiologi. Fungisida yang mengandung senyawa sulfur dapat mempengaruhi ion metal esensial sebagai insoluble sulfide.

#### 5. **Substitusi kompetitif dari metabolit jamur**

Beberapa fungisida yang mengandung senyawa kimia biasanya mempengaruhi metabolit sel jamur. Ketika substansi ini diganti untuk proses metabolisme yang lain akan mempengaruhi urutan fisiologi sehingga dapat membunuh jamur.

#### 6. **Efek yang lain dari fungisida**

Beberapa fungisida tampak mempengaruhi sintesis protein, yang lain termasuk fungisida sistemik benzimidazol dapat menghambat sintesis asam nukleat

#### **Bahan Diskusi Kelompok**

1. Jelaskan beberapa faktor yang dapat mendukung perkembangan suatu penyakit di lapang.
2. Jelaskan cara-cara pengendalian penyakit di lapang agar tidak menimbulkan suatu epidemi dan mengurangi kehilangan hasil.

#### **Latihan terstruktur**

Mahasiswa menjelaskan pengendalian secara kimia dan cara kerja fungisida terhadap jamur patogen untuk mengurangi sumber inokulum di lapang

#### **Tugas Mandiri**

Mahasiswa merangkum hasil kuliah dan menambahkan hasil-hasil penelitian tentang teknik pengendalian penyakit tumbuhan.

## **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## **XI. PENGENDALIAN PENYAKIT MELALUI PRAKTEK BUDIDAYA**

### **Kompetensi Dasar**

Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa mampu menjelaskan cara pengendalian penyakit melalui praktek budidaya

### **Sasaran Belajar**

1. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan teknik budidaya tanaman secara tepat untuk meniadakan sumber inokulum awal di lapang.
2. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan jenis kisaran inang patogen agar tumbuhan tersebut tidak terdapat di sekitar areal pertanaman

Beberapa faktor yang memberikan kontribusi terhadap peledakan hama dan penyakit tanaman dapat berhubungan dengan adanya praktek monokultur yang secara genetik tanaman sama. Tanaman yang ditumbuhkan sering hasil dari proses seleksi yang memberikan karakter hasil lebih baik ketimbang ketahanan terhadap hama dan penyakit. Manipulasi lingkungan tanaman melalui input teknologi dapat juga menaikkan hasil melalui kepadatan tanaman atau perubahan habitat pertumbuhan. Akibatnya terjadi perubahan mikroklimat yang mungkin kondusif untuk perkembangan berbagai penyakit tanaman. Oleh karena itu untuk mencegah atau mengendalikan peledakan penyakit, petani dapat menggunakan strategi seperti : menurunkan level awal inokulum patogen dan hama demikian pula menurunkan laju penyebaran penyakit. Pengendalian penyakit melalui praktek budidaya dapat dilakukan dengan berbagai cara :

### **11.1 Pengendalian dengan seleksi dan preparasi material tanaman**

Usaha harus selalu dibuat melalui seleksi material bebas patogen dan hama untuk produksi tanaman. Material harus disertifikasi seperti bebas hama dan penyakit yang sangat berguna bagi petani. Walaupun sudah bebas hama dan penyakit tetapi selama proses penanaman dapat juga terjadi infeksi seperti bibit tembakau dapat terinfeksi selama proses penanaman oleh TMV melalui tangan petani.

Produksi tanaman dapat dicapai melalui seleksi kultivar yang tahan terhadap hama dan penyakit sangat diperlukan. Penanaman kultivar tahan sangat membantu dalam pengendalian hama dan penyakit. Oleh karena itu usaha pemuliaan tanaman secara kontinyu sangat diperlukan.



## 1. Memusnahkan sisa tanaman

Usaha menghilangkan atau membakar sisa tanaman pasca panen, juga melalui desinfektan peralatan yang digunakan adalah penting untuk pengendalian hama penyakit melalui praktek budidaya. Praktek juga termasuk sanitasi tanaman atau kesehatan tanaman. Pengaruh pemusnahan sisa tanaman khususnya terhadap hama dan penyakit tanaman tergantung pada : jenis tanaman (tanaman setahun atau tahunan, produknya dipanen), perluasan areal pertanaman, mekanisme survival dan kisaran inang patogen target

Residu tanaman bisa merupakan substrat yang cocok untuk jamur dan bakteri. Kalau residu ini berhubungan dengan tanah beberapa patogen potensial dapat dibunuh atau dihambat perkembangannya. Residu tanaman pada permukaan tanah sangat ideal untuk hama tanaman. Sering residu tanaman mengandung residu hama serangga pada saat tanaman dipanen.

Pembakaran adalah usaha secara total memusnahkan sumber inokulum , usaha ini sudah diterapkan secara meluas dalam usaha eradikasi. Contoh adalah pembakaran pohon jeruk yang diinfeksi oleh *Xanthomonas citri* di beberapa negara. Pembakaran residu tanaman juga menaikkan efisiensi penggunaan herbisida biocide. Oleh karena itu dapat mempengaruhi pengendalian penyakit secara tidak langsung.

## 2. Eliminasi gulma

Tanaman inang ada pada lahan atau di sekitar areal pertanaman kalau kondisi iklim cocok selama periode interkroping. Tanaman terinfeksi juga berlaku sebagai sumber inokulum terhadap tanaman utama. Oleh karena itu perlu usaha menghilangkan melalui penyiangan atau dengan herbisida.

Beberapa spesies gulma adalah inang alternatif bagi patogen khususnya diantara musim tanam. Contoh rumput *Hordeum leponnum* sebagai inang *Gaeumennomyces graminis*, beberapa gulma berkeping dua mengandung *Meloidogyne spp.* dan nematode yang lain serta tanaman leguminose hijau inang utama patogen halo blight, *Pseudomonas phaseolocola*. Gulma disamping sebagai sumber inokulum juga sebagai inang perantara dari beberapa jamur karat. Tetapi pengaruh inang perantara terhadap penyakit karat sangat bervariasi dan keberhasilan usaha eradikasi terhadap gulma ini tidak dapat diramalkan.

## 3. Rotasi Tanaman

Rotasi tanaman adalah praktek budidaya yang paling tua dan meluas dalam upaya konservasi kesuburan tanah dan pengendalian patogen tular tanah. Penanaman secara monokultur dengan varietas rentan diketahui periode hidup patogen akan lebih panjang. Tetapi variasi hidup patogen tanaman tergantung atas bentuk keberadaannya di dalam tanah. Patogen yang hidup untuk jangka waktu lama tanpa mempengaruhi kehidupan inang sering disebut dengan **soil inhabitant**. Organisme ini relative

sebagai parasit primitif dan hidup sebagai saprofit tanah atau sebagai propagul tahan. Grup ini termasuk damping off dan jamur busuk akar (root rot) (contoh: *Pythium*, *Aphanomyces* spp.) , beberapa jamur *Fusarium* spp. termasuk patogen layu vascular seperti *Sclerotinia* spp. *Macrophomina phaseolina* dan *Plasmodiophora brassicae*. **Soil invader** umumnya adalah parasit sangat khusus yang hanya hidup kalau ada inang khusus (residunya) dan sebagai propagul tahan. Patogen dalam grup ini *Gaeumannomyces graminis*, berbagai *Colletotrichum* dan *Phoma* spp. juga beberapa bakteri patogenik . Pemusnahan patogen ini dalam tanah ditentukan oleh pemusnahan tanaman inang. Tetapi patogen jamur seperti *Armillaria* spp. dapat menyebar food basenya melalui pembentukan rhizomorf. Rotasi tanaman efektif untuk mengendalikan kalau secara ekonomi menguntungkan dan dapat menekan pengaruh sekecil mungkin serangan patogen dengan membatasi kisaran inangnya dengan jalan : pemberian mulsa, pengaturan irigasi, pemupukan dan nutrisi tanaman

## 11.2 Pengendalian melalui seleksi dan pemuliaan tanaman

Pengendalian dengan cara ini yakni memilih varietas tanaman yang tahan disamping mempunyai sifat atau kemampuan produksinya yang tinggi atau unggul. Untuk mengendalikan penyakit tanaman melalui pemuliaan tanaman dapat dipakai : menggunakan kultivar non spesifik atau tipe ketahanan kuantitatif; menggunakan kultivar yang toleran terhadap penyakit dan menggunakan kultivar yang lolos dari penyakit (escape disease).

### **Bahan Diskusi Kelompok**

Jelaskan beberapa teknik budidaya dalam hubungannya dengan pengendalian penyakit tanaman di lapang

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa mencari dan memodifikasi teknik budidaya tanaman yang secara tidak langsung dapat mengendalikan penyakit tanaman di lapang.

### **Tugas Mandiri/PR.**

Mahasiswa merangkum hasil kuliah dan menambahkan hasil-hasil penelitian yang berhubungan dengan teknik pengendalian penyakit.

## **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

## XII. PENGENDALIAN HAYATI

### Kompetensi Dasar

Setelah selesai mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat menggunakan beberapa mikroba antagonis sebagai bahan pengendalian hayati terhadap berbagai jenis patogen penyebab penyakit tanaman.

### Sasaran Belajar

1. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan beberapa jenis mikroba antagonis yang berfungsi sebagai agens hayati dalam pengendalian penyakit tanaman.
2. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan cara kerja mikroba antagonis terhadap patogen tumbuhan

Praktek pengendalian hayati bertujuan untuk melindungi tumbuhan secara langsung dari patogen meliputi penyebaran mikroorganisme antagonis pada tempat infeksi sebelum atau setelah infeksi terjadi. Beberapa mikroba antagonis antara lain :

### 12.1 Jamur Antagonis

**Biokontrol *Fomes annosum* dengan *Peniophora gigantea*.** *Fomes annosum* penyebab busuk akar dan tunggul conifer, menginfeksi tunggul cemara yang baru dipotong dan kemudian menyebar ke akar. Melalui kontak akar, jamur kemudian menyebar ke akar pohon yang masih hidup dan dapat membunuh pohon tersebut. Jika kita menginokulasi permukaan tunggul dengan Oidium jamur *Peniophora gigantea* segera setelah pohon tersebut ditebang, maka jamur *Peniophora* menutupi permukaan yang dipotong dan menyebar melalui tunggul masuk ke akar lateral. Di tempat ini, jamur tersebut berhasil dengan baik berkompetisi dan menyingkirkan *Fomes annosum* patogenik di dalam tunggul, dengan demikian melindungi pohon yang didekatnya. Oidium yang digunakan ke permukaan pohon yang dipotong dapat berupa suspensi air atau dalam bentuk bubuk, atau ditambahkan ke dalam minyak yang dioleskan ke rantai gergaji, yang selanjutnya akan tertinggal pada permukaan yang dipotong sewaktu pemotongan.

**Biokontrol Chestnut Blight dengan Hipovirulen patogen tersebut.** Blight pada Chestnut yang disebabkan oleh jamur *Endothia parasitica* dikendalikan secara alami di Italia dan secara buatan di Prancis dengan menginokulasi kanker yang disebabkan oleh strain patogenik jamur tersebut dengan strain hipovirulen jamur yang sama. Strain hipovirulen membawa RNA rantai ganda atau ds RNA seperti- virus yang nampaknya dapat membatasi virulensinya. RNA-RNAs pindah dari strain hipovirulen ke strain virulen melalui anastomosis miselium, sehingga strain virulen berubah menjadi hipovirulen dan akhirnya perkembangan kanker menjadi lambat atau terhenti

**Biokontrol Layu Fusarium dengan strain non patogenik.** Layu *Fusarium* pada ubi jalar yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. batatas berhasil dikendalikan dengan menginokulasi stek ubi jalar dengan strain nonpatogenik jamur yang sama. Strain nonpatogenik tersebut diisolasi dari jaringan vaskular tumbuhan ubi jalar yang tetap sehat di antara tumbuhan lain yang telah mati oleh strain yang menyebabkan layu pada ubi jalar tersebut

**Biokontrol terhadap penyakit bagian tanaman di atas tanah.** Telah ditemukan banyak jenis jamur dan ragi yang berfilamen bersifat antagonis yang efektif terhadap jamur yang menginfeksi bagian tumbuhan di atas tanah. Sebagai contoh inokulasi bunga tomat setelah mekar, yang mati dengan konidia *Cladosporium herbarum* atau *Penicillium* sp. hampir dengan sempurna dapat menekan kelanjutan infeksi oleh *Botrytis cineria* dari buah yang sedang berkembang. Penyemprotan dengan *Trichoderma* di lapang juga menurunkan busuk *Botrytis* pada strawberry dan buah anggur pada waktu panen dan di penyimpanan.

**Biokontrol patogen akar dengan Mikoriza.** Banyak akar tumbuhan membentuk hubungan simbiosis dengan jenis tertentu dari jamur Zigomycetes, Ascomycetes dan Basidiomycetes (mikoriza). Mikoriza mengkolonisasi akar secara interseluler (ektomikoriza) atau secara intraseluler (endomikoriza). Walaupun mikoriza mendapatkan bahan organik dari tumbuhan tetapi mereka menguntungkan tumbuhan dengan merangsang penyerapan hara dan meningkatkan transportasi air pada tumbuhan selanjutnya akan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dan kadang-kadang memberi perlindungan yang luar biasa terhadap tanaman dari beberapa patogen soil borne. Mikoriza ditemukan dapat memberikan perlindungan terhadap bibit cemara dari serangan *Phytophthora cinnamomi* dan tomat dari *Fusarium oxysporum*, kapas dari layu *Verticillium* dan nematoda puru akar dan kedelai dari *Phytophthora megasperma* dan *Fusarium solani*.

## 12.2 Bakteri Antagonis

**Biokontrol Bengkak Pangkal Batang dengan Strain K 84.** *Agrobacterium radiobacter* Bengkak pangkal batang pada buah-buahan pome, stone fruit dan beberapa buah-buahan kecil seperti anggur, raspberry dan bunga-bunga seperti rose disebabkan oleh bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. Beberapa tahun belakangan ini bengkak pangkal batang tersebut telah dapat dikendalikan secara komersial dengan perlakuan benih, bibit dan stek dengan suspensi strain K84 bakteri *Agrobacterium radiobacter* yang sekerabat tetapi tidak patogenik. Pengendalian tersebut didasarkan pada produksi bakteriosin oleh strain K84, yaitu suatu antibiotic spesifik melawan bakteri yang sekerabat, yang disebut agrocin 84. Bakteriosin tersebut secara selektif menghambat sebagian besar *Agrobacterium* patogenik yang sampai ke permukaan yang ditempati oleh strain K84.

**Biokontrol Penyakit pada bagian Tumbuhan di atas Tanah.** Sejumlah bakteri, sebagian besar dari jenis bakteri saprofitik gram-negatif genera *Erwinia*, *Pseudomonas* dan *Xanthomonas* dan sebagian kecil bakteri saprofitik gram-negatif *Bacillus*, *Lactobacillus* dan

*Corynebacterium* ditemukan pada permukaan tumbuhan di atas tanah, terutama pada awal musim tanam. Beberapa bakteri patogenik, seperti *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *P.s.* pv. *morsprunorum*, *P.s.* pv. *glycinae*, *Erwinia* dan *E. Carotovora amylovora* juga hidup sebagai epifit (pada permukaan) daun, tunas, dan sebagainya, sebelum bakteri tersebut menginfeksi dan menyebabkan penyakit. Pada beberapa kasus, dengan menyemprot permukaan daun dengan suspensi bakteri saprofitik atau dengan strain bakteri patogenik yang avirulen telah dapat menurunkan sejumlah besar infeksi yang disebabkan oleh bakteri dan jamur patogen. Sebagai contoh, fire blight pada bunga apel, yang disebabkan oleh *Erwinia amylovora* sebagian dapat dikendalikan dengan penyemprotan *Erwinia herbicola*. Bakteri bercak bergaris pada daun padi yang disebabkan oleh *Xanthomonas translucens* sp. *oryzicola*, akan menurun bila disemprot dengan isolate *Erwinia* dan *Pseudomonas*

**Biokontrol Penyakit Pasca Panen.** Apabila beberapa jenis stone fruit seperti buah persik, apricot dan buah prem diperlakukan setelah panen dengan suspensi bakteri antagonis *Bacillus subtilis*, buah-buahan tersebut dapat tetap bebas dari busuk coklat yang disebabkan oleh jamur *Monilia fructicola* sedikitnya selama sembilan hari.

### 12. 3 Virus Parasit dari Patogen Tumbuhan.

Semua jenis patogen seperti jamur, bakteri, mikoplasma dan nematoda dapat diserang oleh virus. Akan tetapi sejauh ini kemungkinan virus sebagai agensia pengendalian hayati baru diuji terhadap bakteri patogen. Di alam telah diketahui bakteriophage atau virus yang merusak bakteri untuk sebagian besar jenis bakteri patogenik tumbuhan. Juga telah dilakukan pengendalian penyakit mosaik pada tanaman cabai yang disebabkan oleh *Cucumber mosaic virus* dapat dilakukan dengan inokulasi virus CMV strain yang lemah. CMV dapat menyerang berbagai jenis tanaman seperti : tembakau, ketimun, tomat, cabai dan lain sebagainya. Perlindungan benih sebelum dipindah ke lapang dengan strain CMV lemah dapat mengatasi serangan CMV ganas di lapang. Hal ini disebut dengan istilah proteksi silang. Strain CMV lemah artinya strain CMV yang mengandung satelit RNA atau RNA5 atau CARNA 5 yang mampu melindungi tanaman dari serangan CMV ganas di lapang.

#### Bahan Diskusi Kelompok

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pengendalian hayati serta apa kelebihan dan kekurangan pengendalian dengan agens hayati
2. Jelaskan beberapa mikroba antagonis yang bermanfaat sebagai agens hayati terhadap patogen tumbuhan.

#### Latihan Terstruktur

Mahasiswa belajar menemukan mikroba antagonis di sekitar tanaman kemudian diadakan perbanyakan sebagai sumber inokulum.

### **Tugas Mandiri/PR.**

Mahasiswa merangkum hasil kuliah dan memberikan contoh-contoh agens hayati untuk mengendalikan penyakit tanaman.

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar menemukan mikroba antagonis di sekitar tanaman kemudian diadakan perbanyakan sebagai sumber inokulum.

### **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.

### **XIII. PENGENDALIAN PENYAKIT SECARA TERPADU**

#### **Kompetensi Dasar**

Setelah mengikuti kuliah ini, mahasiswa dapat memadukan beberapa teknik pengendalian dengan tepat agar dapat menurunkan intensitas penyakit tumbuhan di lapang.

#### **Sasaran Belajar**

1. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan definisi pengendalian penyakit secara terpadu dengan tepat.
2. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan semua teknik pengendalian penyakit dengan tepat.
3. Seluruh mahasiswa mampu menjelaskan teknik pengendalian penyakit tumbuhan secara terpadu di lapang.

Pengendalian penyakit tumbuhan sangat berhasil dan ekonomis apabila tersedia semua informasi penting yang berkaitan dengan tumbuhan tersebut, patogennya, keadaan lingkungan yang umum, ketersediaan lokasi dan ketersediaan bahan dan biaya dimasukkan kedalam perhitungan pengembangan program pengendalian. Biasanya program pengendalian terpadu bertujuan untuk mengatasi semua penyakit yang mengganggu tanaman. Kadang-kadang program pengendalian terpadu ditujukan untuk mengatasi penyakit tertentu yang biasanya sering merusak, sebagai contoh kudis apel dan lite blight pada kentang.

#### **13.1 Pengendalian pada Tanaman Tahunan**

Dalam program pengendalian terpadu tanaman perkebunan seperti apel persik atau jeruk pertama-tama yang harus dipertimbangkan adalah bahan bibit dan lokasi tempat bibit tersebut akan ditanam. Jika tanaman buah-buahan tersebut rentan terhadap virus, mikoplasma, bakteri bengkak pada batang atau nematoda tertentu, maka bahan bibit (keduanya batang atas dan batang bawah) harus bebas dari patogen tersebut. Stock bebas virus tertentu dan penyakit lain biasanya dapat dibeli dari bibit yang terseleksi dari tanaman yang diinspeksi dan bersertifikat. Jika ada kemungkinan nematoda terdapat pada akar, bahan tersebut harus difumigasi. Lokasi tempat tanaman tersebut akan ditanam harus tidak terinfestasi oleh jamur seperti *Phytophthora*, *Armillaria* atau jenis-jenis nematoda yang serius. Jika terdapat hal demikian maka lokasi tersebut harus diperlakukan dengan fumigan sebelum tanam dan batang bawah bibit yang disambung harus tahan terhadap penyakit-penyakit tersebut. Jika perlu drainase di tempat tersebut harus diperhatikan dan diperbaiki. Pohon-pohon muda tidak ditanam diantara atau berdekatan dengan pohon tua yang terserang berat oleh jamur dan bakteri kanker, virus dan mikoplasma yang ditransmisi oleh serangga atau virus yang ditransmisi oleh serbuk sari dan serangga-serangga lain.



Setelah pohon ditanam dan dapat menghasilkan buah, maka pohon tersebut harus dipupuk, diberi irigasi, dipangkas dan disemprot untuk mengendalikan banyak jenis serangga dan patogen tumbuhan sehingga tumbuhan tersebut dapat tumbuh dengan baik dan bebas infeksi. Selanjutnya apabila pohon tersebut menghasilkan buah, pemeliharaan harus ditingkatkan, seperti kewaspadaan dalam mendeteksi dan mengendalikan penyakit yang mengganggu tanaman tersebut. Pada pohon-pohon yang berkembang gejala penyakit yang disebabkan oleh virus dan mikoplasma maka harus dibuang sesegera mungkin.

Pengendalian penyakit pada kebun mungkin dimulai pada musim dingin, yaitu saat ranting, cabang dan buah yang mati dibuang selama pemangkasan lalu dibakar untuk menurunkan jumlah inokulum primer jamur atau bakteri yang akan mengawali infeksi pada musim berikutnya. Gunting dan gergaji pemangkas harus didesinfeksi sebelum pindah ke pohon yang baru untuk menghindari penyebaran patogen dari satu pohon ke pohon lain. Karena banyak jamur dan bakteri (juga serangga dan tungau) yang menjadi aktif pada musim semi dengan kondisi cuaca yang sama untuk membuat tunas membuka penyemprotan “rehat” yang mengandung fungisida-bakterisida (seperti campuran Bordeaux), atau fungisida biasa ditambah mitisida-insektisida seperti minyak superior atau superior oil dilakukan sebelum tunas membuka. Setelah tunas membuka bunga dan daun yang dihasilkan biasanya sangat rentan baik terhadap jamur atau bakteri patogen. Oleh karena itu organ-organ tersebut harus dilindungi dengan penyemprotan yang mengandung fungisida atau bakterisida dan mungkin juga insektisida yang tidak berbahaya bagi lebah.

Setelah musim pembungaan berlalu munculnya buah-buah muda yang mungkin atau tidak dipengaruhi oleh patogen dan serangga yang sama dengan waktu pembungaan dan munculnya daun. Jika patogen dan serangga yang terdapat sama maka dilanjutkan penyemprotan dengan jadwal kerja dan bahan yang sama sepanjang terdapat inokulum tersebut. Jika fungisida sistemik telah digunakan pada awal musim maka penyemprotan selanjutnya dilakukan dengan fungisida protektan yang berspektrum luas untuk mencegah munculnya strain patogen yang tahan fungisida. Tetapi sering yang menyerang berikutnya adalah patogen dan serangga baru maka jadwal kerja harus disesuaikan dan bahan kimianya harus dapat mengendalikan patogen baru.

Biasanya buah menjadi rentan terhadap beberapa jenis jamur busuk-buah yang menyerang buah mulai dari awal pematangan sampai panen dan di penyimpanan. Sebagian besar penyakit busuk buah berawal dari luka-luka yang dibuat serangga maka dari itu pengendalian serangga harus dilanjutkan.

### **13.2 Pengendalian pada Tanaman Semusim.**

Dalam program pengendalian terpadu pada tanaman semusim, seperti kentang, kita harus mulai lagi dengan stock bibit yang sehat dan harus ditanam pada lahan yang cocok. Benih umbi kentang mungkin membawa beberapa jenis virus, jamur late blight, bakteri busuk cincin dan mungkin juga beberapa jenis jamur, bakteri dan nematoda lain. Benih kentang yang bersertifikat biasanya bebas dari sebagian besar dari patogen-patogen penting dan dihasilkan di bawah aturan karantina dan pengawasan ketat yang akan menjamin benih bebas

dari jenis-jenis patogen diatas. Kemudian benih yang sehat tersebut harus ditanam pada lahan yang bebas umbi kentang dari pertanaman sebelumnya yang mungkin berfungsi sebagai tempat bertahan hidup patogen-patogen diatas, bebas dari *Verticillium*, *Fusarium* dan nematoda puru akar. Bekas tanaman kentang sebaiknya dirotasikan dengan tanaman jagung, kacang-kacangan atau tanaman lain yang tidak sekerabat dengan kentang, yang biasanya dapat menurunkan populasi patogen tanaman kentang. Sisa-sisa tanaman sebelumnya harus disemprot dan dibakar untuk menjamin bahwa tidak ada sporangium *Phytophthora* yang akan terbang darinya ke tanaman kentang yang akan ditanam. Umbi dipotong dengan pisau yang telah didesinfeksi untuk menurunkan penyebaran busuk cincin diantara potongan benih, dan potongan benih tersebut biasanya diperlakukan dengan fungisida, bakterisida dan insektisida untuk melindunginya dari patogen pada permukaannya atau yang terdapat pada tanah penanaman. Tanahnya mungkin harus diperlakukan dengan fumigan jika tanah tersebut diketahui terinfestasi oleh nematoda puru akar atau nematoda lain, *Fusarium* atau *Verticillium*. Benih ditanam sewaktu tunasnya diharapkan tumbuh dengan cepat, karena tunas yang tumbuh lambat pada cuaca dingin akan rentan terutama terhadap serangan *Rhizoctonia*. Lahan tentu saja harus mempunyai drainase yang baik untuk menghindari patah rebah, busuk benih dan busuk akar.

Beberapa minggu setelah tanaman muda muncul, tanaman tersebut rentan terhadap serangan early blight (*Alternaria*) dan late blight (*Phytophthora infestans*). Jika penyakit terjadi terus menerus dari tahun ke tahun, maka disamping penggunaan varietas tahan, petani sebaiknya menyemprot dengan fungisida yang cocok segera setelah panyakit muncul atau bahkan sebelum muncul, dan sebaiknya penyemprotan dilanjutkan, terutama untuk penyakit late blight, sekalipun selama musim tersebut cuaca dingin dan berkabut, penyemprotan insektisida mengendalikan serangga dan mungkin dapat menurunkan penyebaran virus. Penggunaan data cuaca untuk memprakirakan timbul dan perkembangan penyakit dapat membantu perencanaan penyemprotan pada waktu yang tepat. Sebelum panen tanaman menjalar yang terinfeksi harus dibunuh dengan bahan kimia untuk menghancurkan inokulum late blight yang nantinya akan kontak dengan umbi ketika dicabut. Umbi harus dipanen dengan hati-hati untuk menghindari pelukaan yang berfungsi sebagai tempat lewat jamur busuk penyimpanan, seperti *Fusarium* dan *Pythium*. Kemudian umbi harus disortir dan yang rusak harus dibuang. Umbi yang sehat disimpan pada suhu 15C untuk penyembuhan luka. Ruang penyimpanan harus dibersihkan dan didesinfeksi sebelum umbi ditempatkan di ruangan tersebut.

Jadi dalam program pengendalian terpadu, digunakan beberapa metode pengendalian yang mencakup penyidikan secara teratur terhadap produksi benih atau bibit yang sehat, kultur teknis (rotasi tanaman, sanitasi, pemangkasan), pengendalian hayati (varietas tahan), pengendalian secara fisik (suhu penyimpanan) dan pengendalian kimiawi (fumigasi tanah, perlakuan bibit dan benih, penyemprotan, desinfestasi alat-alat pemotong, kotak penyimpanan, gudang, larutan pencuci). Setiap tindakan tersebut harus dilakukan untuk memberikan hasil yang terbaik, dan penggunaan yang rutin akan memberikan hasil yang sangat efektif.

### **Bahan Diskusi Kelompok**

1. Apa yang dimaksud dengan pengendalian penyakit tumbuhan secara terpadu.
2. Jelaskan mengapa harus melakukan pengendalian penyakit secara terpadu, jelaskan pula keuntungannya.
3. Berikan satu contoh pengendalian secara terpadu terhadap salah satu patogen yang menyerang tanaman yang mempunyai nilai ekonomis tinggi.

### **Latihan Terstruktur**

Mahasiswa belajar menemukan teknik pengendalian secara terpadu di lapang agar dapat meminimalisir tingkat serangan patogen di lapang

### **Tugas Mandiri/PR.**

Mahasiswa merangkum hasil kuliah dan memberikan contoh-contoh pengendalian penyakit secara terpadu.

## **Daftar Pustaka**

- Agrios J . N . (1996). Ilmu Penyakit Tumbuhan. Terjemahan Munzir Busnia dari Plant Pathology. Gajah Mada University Press, Yogyakarta 713 hal.
- Akin, H.M. (2006). Virologi Tumbuhan. Kanisius Yogyakarta. 187 hal.
- Oka Ida Nyoman 1992 . Epidemiologi Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya. 93 hal
- Semangun, H. (1991). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gajah Mada University Press. 850 hal.
- Van der Plank, J.E. (1963). Plant Diseases. Epidemics and control. Academic Press, New York and London, 344 pp
- Zadocks J.C, RD. Schein 1979. Epidemiology and Plant Disease Management 428 pp.