

Pengantar Ilmu Penyakit Tanaman

I Ketut Widnyana



UNMAS PRESS

Pengantar Ilmu Penyakit Tanaman

**Disusun oleh:
Prof. Dr. Ir. I Ketut Widnyana, M.Si**



**Universitas Mahasaraswati Press
2023**

Pengantar Ilmu Penyakit Tanaman

Disusun oleh:

Prof. Dr. Ir. I Ketut Widnyana, M.Si

ISBN : 978-623-5839-48-6

Editor : Prof. Dr. Ir. Muhammad Taufik, M.Si

Cover & Layout : Arendra Ariantoni, S.Ag

Penerbit : Universitas Mahasaraswati Press

Redaksi: Universitas Mahasaraswati Denpasar

Jl. Kamboja 11 A Denpasar 80233

Telp/Fax (0361)227019

unmaspress@unmas.ac.id

<https://lppm.unmas.ac.id/unmas-press>

Ukuran Buku : 14,8 x 21 cm, Jml hal : iv + 206

Cetakan Pertama : 2023

Hak Cipta © 2023, pada penulis

©Hak Publikasi pada Universitas Mahasaraswati Press

Dilindungi Undang-Undang Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan nama apapun tanpa ijin penerbit

PRAKATA

Segala Puji dan Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah yang telah diberikan sehingga kami bisa menyelesaikan buku yang berjudul “**Pengantar Ilmu Penyakit Tanaman**” dengan tepat waktu. Tujuan dari penulisan buku ini adalah untuk membantu para mahasiswa dan masyarakat dalam memahami penyakit tanaman, penyebab penyakit tanaman, faktor yang mempengaruhi infeksi penyakit tanaman dan upaya pengendaliannya.

Dalam penulisan buku ini banyak pihak yang sudah berjasa dalam membantu kami di dalam menyelesaikan buku ini. Untuk itu, kami mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kami.

Kami menyadari bahwa buku ini masih banyak memiliki kekurangan. Untuk itu, kami memohon dukungan, saran, dan masukan untuk penyempurnaannya kedepan.

Denpasar, 1 Januari 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI.....	ii
BAB 1 TANAMAN DAN SEJARAH PENYAKIT TANAMAN	1
A. Tanaman	1
B. Sejarah Penyakit Tanaman	5
C. Soal Diskusi	17
BAB 2 TANAMAN SAKIT DAN ILMU PENYAKIT TANAMAN... ..	19
A. Tanaman Sakit	19
B. Ilmu Penyakit Tanaman	22
C. Penyakit Tanaman Sebagai Ilmu.....	24
D. Konsep Penyakit Tanaman	25
E. Penyebab Penyakit Tanaman	28
F. Klasifikasi Penyakit Tanaman	32
G. Gejala dan Tanda Penyakit	35
H. Diagnosis Penyakit Tanaman	38
I. Soal Diskusi	40
BAB 3 FUNGI PATOGEN TANAMAN.....	41
A. Karakteristik Fungi Patogen Tanaman.....	42
B. Klasifikasi Fungi Patogen Tanaman	43
C. Soal Diskusi	60

BAB 4	BAKTERI PATOGEN TANAMAN	62
A.	Morfologi Bakteri Patogen	62
B.	Jenis Bakteri Patogen.....	65
C.	Soal Diskusi	71
BAB 5	VIRUS PATOGEN TANAMAN	72
A.	Virus Tanaman	72
B.	Viroid	79
C.	Soal Diskusi	83
BAB 6	GEJALA PENYAKIT TANAMAN	83
A.	Gejala Penyakit Berdasarkan Sifatnya	84
B.	Gejala Penyakit Berdasarkan Bentuknya.....	97
C.	Soal Diskusi	99
BAB 7	CARA MEMPELAJARI PENYAKIT TANAMAN	100
A.	Diagnosis Penyebab Penyakit	105
B.	Tanda Penyakit Tanaman	120
C.	Identifikasi Penyebab Penyakit	121
D.	Soal Diskusi	130
BAB 8	BEBERAPA TEKNIK DETEKSI PATOGEN TANAMAN ..	131
A.	Deteksi dengan Mikroskop Elektron	131
B.	Teknik Molekuler	133
C.	Serologi (imunologi)	134

D. Soal Diskusi	137
BAB 9 PROSES INFEKSI PATOGEN TANAMAN	148
A. Inokulasi.....	140
B. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan spora	142
C. Fase Penetrasi.....	146
D. Infeksi Patogen	157
E. Invasi dan Kolonisasi.....	159
F. Soal Diskusi	166
BAB 10 PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN.....	180
A. Prinsip Pengendalian Penyakit Tanaman	169
B. Pengendalian Terpadu Penyakit Tanaman.....	16993
C. Soal Diskusi	169
DAFTAR PUSTAKA	197

BAB 1

TANAMAN DAN SEJARAH PENYAKIT

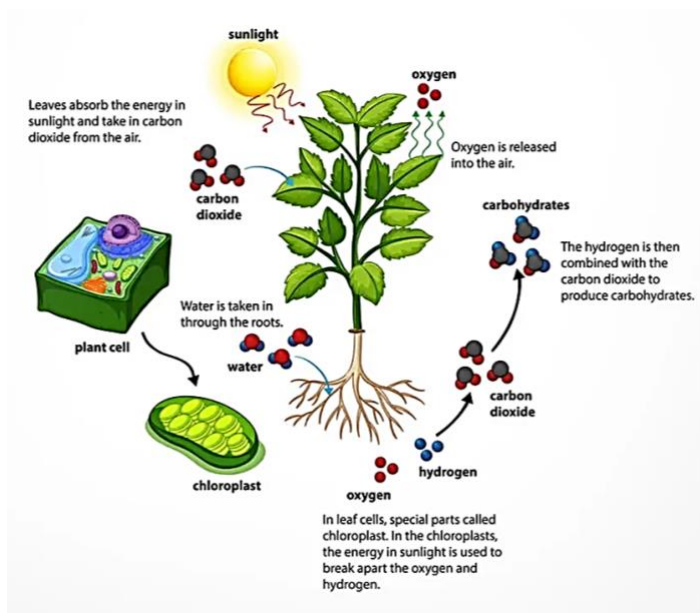
TANAMAN

A. Tanaman

Tanaman merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia termasuk makhluk hidup lainnya seperti hewan dan ternak. Kehidupan manusia di dunia secara langsung ataupun tidak langsung selalu tergantung dari dunia tanaman sebagai salah satu sumber makanan dan sumber pakan bagi hewan dan makhluk hidup lainnya. Hampir semua bagian tanaman dapat dimanfaatkan bagi kebutuhan hidup manusia, seperti daun untuk bahan sayuran, batang untuk sumber kayu/papan, bunga untuk hiasan dan estetika, buah untuk obat dan bisa dimakan langsung ataupun diolah, akar untuk obat, umbi sebagai sumber pati/karbohidrat dan lain-lainnya.

Tanaman sebagai produsen dalam rantai makanan dapat memanfaatkan sumber energi matahari dan mengolahnya bersama zat-zat lainnya menjadi zat

makanan yang sangat berguna untuk makhluk hidup melalui proses fotosintesis (Gambar 1.1). Secara tidak langsung tanaman juga berguna dalam penyediaan air dalam tanah, mem-pertahankan kesuburan tanah dan mengurangi bahaya erosi. Selain itu sebagai akibat proses fotosintesis tanaman dapat mengisi kekurangan oksigen di atmosfer.



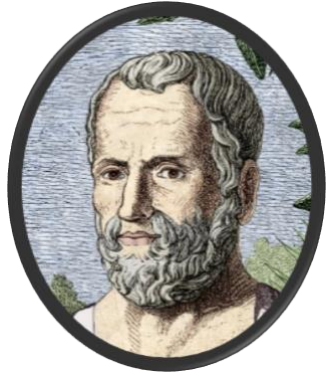
Gambar 1.1 Proses Fotosintesis (Oriji, 2022)

Kebutuhan pangan dan pakan meningkat dari waktu ke waktu secara signifikan sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk bumi. Dengan bertambahnya jumlah penduduk dan makin terbatasnya areal yang dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman, maka dunia akan menghadapi kesulitan untuk memenuhi keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk dunia. Untuk memenuhi kebutuhan bahan pangan bagi penduduk dunia yang berjumlah 7,5 miliar saat ini telah mengalami kesulitan dan sudah dapat dibayangkan kesulitan yang akan dihadapi pada beberapa dekade yang akan datang dengan jumlah penduduk yang semakin meningkat, sementara luas areal pertanian makin terbatas. Sesuai data yang diterbitkan oleh Biro Sensus Amerika Serikat, penduduk dunia mencapai 6,5 miliar jiwa pada tanggal 26 Februari 2006 (Wikipedia, 2019), sementara berdasarkan Badan Statistik Amerika Serikat jumlah penduduk dunia pada Januari 2018 sudah mencapai 7,53 miliar jiwa. Dengan demikian peningkatan produksi pertanian diwaktu yang akan datang diharapkan dari peningkatan hasil per satuan luas dan waktu melalui penerapan iptek yang memadai.

Hal yang sama terjadi di Indonesia, berdasarkan data Worldometers tahun 2019, Indonesia memiliki jumlah penduduk sebanyak 269 juta jiwa atau 3,49% dari total populasi dunia. Indonesia berada di peringkat keempat negara berpenduduk terbanyak di dunia setelah Tiongkok (1,4 miliar jiwa), India (1,3 miliar jiwa), dan Amerika Serikat (328 juta jiwa) (Katadata, 2019).

Berbagai usaha pengembangan iptek dalam pertanian telah diupayakan dan terus ditingkatkan oleh lembaga penelitian pemerintah, perguruan tinggi maupun pihak swasta yang bermanfaat dalam upaya intensifikasi dalam budidaya pertanian dengan harapan dapat meningkatkan hasil usaha pertanian dalam arti luas. Dalam budidaya pertanian telah dilakukan penerapan hasil iptek secara simultan seperti pemakaian benih atau bibit unggul hasil seleksi konvensional maupun hasil rekayasa genetika, system pengairan berbasis kearifan lokal seperti system subak maupun dengan system irigasi modern, pengolahan tanah secara tradisional maupun menggunakan mesin-mesin modern, penggunaan pupuk buatan organik maupun anorganik, pemeliharaan

tanaman yang memenuhi persyaratan dan pengendalian hama serta penyakit tanaman dengan menggunakan pestisida sintetik selektif ataupun pestisida organik nabati dan hayati. Semua tindakan tersebut dilakukan guna dapat meningkatkan hasil usaha tani persatuan luas dan waktu



Gambar 1.2
Theophrastus (Terry,
2022)

untuk menjamin ketersediaan bahan pangan dan pakan secara seimbang dan berkelanjutan dari waktu ke waktu untuk kebutuhan semua penduduk.

B. Sejarah Penyakit Tanaman

Penyakit tanaman merupakan salah satu faktor pembatas dalam budidaya tanaman yang dapat mengurangi kemampuan produksi secara signifikan. Gangguan penyakit terhadap tanaman telah terjadi sejak berabad-abad lamanya. Pada 500 – 280 SM bangsa Yunani dan Yahudi meyakini bahwa adanya penyakit tanaman

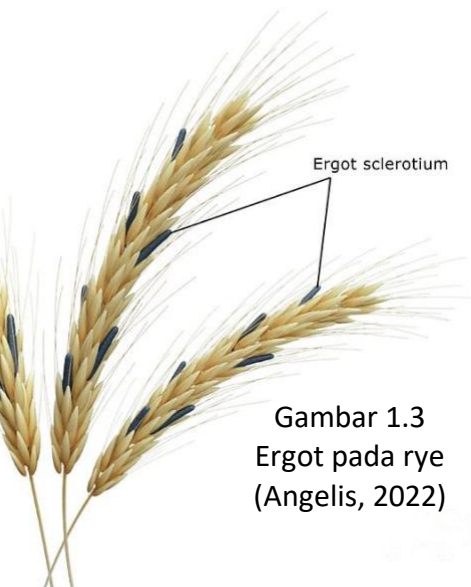
merupakan hukuman atas dosa yang dilakukan manusia. Saat itu penyakit tanaman sudah dikaitkan dengan cuaca atau iklim yang buruk dan kondisi tanaman yang kurang baik. Theophrastus (370-280 SM), filosof Yunani terbesar yang dikenal sebagai “Bapak Botani”, mengemukakan beberapa penyakit pada biji-bijian, pohon, dan sayuran dalam bukunya “*Historia Plantarum*”.

Dalam sejarah telah tercatat berbagai kejadian yang telah mempengaruhi perekonomian sebuah negara seperti, pada tahun 875 hingga beberapa tahun kemudian, epidemik ergot pada rye (semacam gandum) dilaporkan telah menyebabkan epidemik penyakit manusia di berbagai negara Eropa (Gambar 1.3). Penyakit daun kentang yang disebabkan oleh *Phytophthora infestans* di Eropa Barat dan Irlandia pada tahun 1840-an. Penyakit karat daun kopi oleh *Hemileia vastatrix* di Srilangka pada tahun 1880-an, di Indonesia dan negara-negara sekitarnya pada akhir abad ke-19. Penyakit cacar daun teh oleh *Exobasidium vexans* di India, Srilangka, Indonesia dan negara-negara di sekitarnya pada pertengahan abad ke-20. Penyakit karat pada gandum

berkembang di Amerika Serikat pada 1910-an. Penyakit hawar daun pada jagung di Amerika Serikat pada 1970-an. Di Indonesia serangan penyakit menthek pada padi terjadi sekitar tahun 1950-an, kresak pada padi terjadi tahun 1950-an, penyakit sereh pada tebu terjadi tahun 1950-an, karat pada kopi tahun 1850-an. Penyakit degenerasi pada jeruk (*Citrus Vein Phloem Degeneration / CVPD*) sekitar tahun 1950 di pulau Jawa, Bali, dan pulau lainnya.

Epidemik ergot pada rye yang terjadi sekitar tahun 875 M menyebabkan penyakit pada manusia di berbagai negara Eropa. Ergot pada rye disebabkan oleh fungi *Claviceps purpurea*. Fungi tersebut menginfeksi butir rye yang menyebabkan butir rye tersebut bersifat racun.

Struktur sklerotium *C. purpurea* yang mengisi butir rye mengandung senyawa alkaloid yang dapat menyumbat sirkulasi darah dan menyebabkan gangrene hingga kematian bagi manusia yang mengonsumsi rye yang terinfeksi oleh fungi



Gambar 1.3
Ergot pada rye
(Angelis, 2022)

tersebut. Penyakit tersebut diyakini sebagai hukuman bagi orang-orang yang berdosa pada saat itu dan dinamakan api suci (*holy fire*).

Pada abad 17 hingga pertengahan abad 19 para ilmuwan mulai memberi perhatian lebih terhadap



Gambar 1.4
Frans Unger (BBAW,
2022)

penyakit tanaman dengan mengelompokkan penyakit tanaman. Frans Unger mengemukakan teori *The Autogenetic Theory Disease* yang menyatakan unsur sel dengan energi vital tertentu dapat menimbulkan bentuk baru dari kehidupan. Dalam teori tersebut telah

mempertimbangkan adanya patogen sebagai bentuk kehidupan lain dalam inangnya. Patogen dianggap sebagai akibat dari penyakit bukan sebagai penyebabnya dan diterima dalam waktu yang lama karena mikroorganisme belum dapat dikemukakan secara detail.

Penemuan mikroskop pada pertengahan abad ke-17 menjadi era baru dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Anatomi tanaman dipelajari dan dijelaskan lebih rinci serta penemuan mikro-organisme seperti fungi dan bakteri serta mikroorganisme lainnya. Penemuan ini mendorong dicetuskan teori ilmiah yang menjadi dasar dari ilmu penyakit tanaman "*The Germ Theory of Disease*" menjelaskan tentang keberadaan penyakit dan mikroorganisme sebagai patogen atau kuman yang menyebabkan terjadinya penyakit.

Epidemik penyakit hawar daun (*late blight*) pada tanaman kentang yang terjadi pada tahun 1840 memberi dampak yang besar terhadap kehidupan manusia di Eropa Utara terutama Irlandia. Penyakit tersebut menghancurkan pertanaman kentang sebagai pangan utama yang menimbulkan kelaparan secara meluas dan kematian ribuan umat manusia serta emigrasi jutaan jiwa Irlandia ke Amerika Serikat. Peristiwa tersebut mendorong perhatian terhadap penyebab epidemik tersebut dan beberapa peneliti menduga bahwa fungilah

yang menjadi penyebabnya. Heinrich Anton de Bary pada tahun 1861 membuktikan secara eksperimental bahwa *Phytophthora infestans* adalah penyebab penyakit hawar daun kentang tersebut.



Gambar 1.5
Heinrich Anton de
Bary (NNDB, 2019)

Henrich Anton de Bary (1853) juga mengemukakan bahwa fungi merupakan penyebab penyakit bukan akibat atau hasil dari penyakit tanaman. Dia membuktikan konsep tersebut melalui demonstrasi pada fungi *Phytophthora infestans* penyebab hawar daun pada kentang dan *Puccinia graminis* penyebab karat pada gandum. Riset tersebut menggambarkan struktur mikroskopis, per-kembangan dan hubungan kedua fungi tersebut dengan jaringan tanaman sakit. Berkat beberapa hasil riset yang dilakukan, Henrich Anton de Bary dijuluki sebagai “Bapak Ilmu Penyakit Tanaman”.

Thomas J. Burrial (1878-1883) menyimpulkan bahwa bakteri merupakan penyebab penyakit *fire blight* pada buah pir dan apel. Pada tahun 1895, Smith dalam kajiannya tentang penyakit tanaman menyatakan bahwa bakteri sebagai salah satu patogen tanaman pada tanaman mentimun, solanaceae, dan cruciferae. Smith juga merupakan salah satu peneliti yang mempelajari tentang penyakit bengkak pangkal batang. Dia mempelajari tentang anatomi dan perkembangan bakteri dan menganggap penyakit bakteri tersebut mirip dengan tumor pada manusia. Pada tahun 1977, Chilton menunjukkan bahwa bakteri penyebab bengkak pangkal batang dengan merubah sel inang menjadi sel tumor.

Iwanoski (1892) dan Beijerinck (1898) membuktikan patogen yang berbeda dari fungi dan bakteri. Penelitian mereka membuktikan virus (partikel yang sangat kecil) sebagai penyebab penyakit tanaman. Penemuan tersebut merupakan awal dari perkembangan ilmu yang mempelajari tentang virus (virologi). Wendell Stanley pada 1935 menjadi orang pertama yang mengkristalkan

Tobacco Mosaic Virus (TMV) sebagai protein katalitik yang mampu melakukan multiplikasi dalam sel hidup inangnya.

Di Indonesia pun tercatat dalam sejarah terdapat beberapa kasus penyakit yang menyebabkan kerugian sangat besar pada masa yang lampau. Pada akhir abad 18 penyakit sereh yang menyerang tanaman tebu menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi industri gula di Jawa. Keberadaan penyakit tersebut memberikan dampak kerugian yang besar sehingga mengancam keberlangsungan perkebunan dan perusahaan tebu di Jawa.

Penyakit tanaman mulai mendapat perhatian pada masa pemerintahan Hindia Belanda tahun 1877 yang diawali dengan epidemik berat penyakit karat daun kopi yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix* di Srilanka. Pemerintah Hindia Belanda mengeluarkan Ordonansi 19 Desember 1877 yang melarang tanaman kopi dari Srilangka masuk ke Indonesia dengan tujuan mencegah penyebaran karat daun kopi di Indonesia. Kebijakan tersebut merupakan peraturan pertama dalam bidang ilmu penyakit tanaman. Meskipun dengan kebijakan

tersebut, penyebaran penyakit karat daun tidak bisa dikendalikan dan akhirnya masuk juga di Indonesia sehingga menghancurkan tanaman kopi arabica yang berkualitas tinggi di sebagian besar Pulau Jawa. Para petani kopi berupaya mengganti tanamannya dengan kopi liberica yang mempunyai ketahanan tinggi terhadap penyakit karat daun namun pada akhirnya ketahanannya terpatahkan juga oleh *H. Vastatrix*. Pada tahun 1900, tanaman kopi yang ada diganti dengan kopi robusta yang tahan terhadap penyakit karat daun tetapi mutunya tidak sebaik kopi arabika.

Sejak tahun 1887, dimulailah kegiatan penelitian di bidang fitopatologi yang dipelopori oleh Treub, Burch, dan Warburg yang meneliti tentang penyakit sereh pada tebu, karat daun pada kopi dan kanker pada kina. Kemudian Van Breda de Haan meneliti berbagai penyakit pada tanaman tembakau terutama yang disebabkan oleh fungi dan nematoda. Pada tahun 1897 didirikan Balai Penelitian Kopi dan tahun 1906 didirikan juga Balai Penelitian Tembakau Swasta. Hubungan antara balai penelitian dengan perkebunan-perkebunan berlangsung

baik sehingga hasil penelitian dapat segera diaplikasikan dan disebarluaskan. Hal berbeda terjadi antara hubungan antara balai penelitian dengan pemerintah yang kurang harmonis sehingga untuk melakukan penelitian di lapangan harus mendapatkan izin dari Gubernur Jenderal. Keadaan ini berubah setelah timbul masalah penyakit mentek pada tanaman padi di tahun 1895. Pada tanggal 5 Februari 1897 mengeluarkan Surat Keputusan Gubernur Jenderal yang mempermudah kegiatan penelitian di lapangan.

Pada tahun 1912 berdirilah *Afdeeling voor Plantenziekten* yang dipimpin oleh Van Hall. Pada tanggal 1 Januari 1919 didirikan juga Institut voor Plantenziekten (Balai Penyelidikan Hama dan Penyakit Tanaman) di Bogor sebagai wadah untuk penelitian tentang penyakit tanaman. Sejak tahun 1913-1936, Lembaga Penyakit Tanaman di Bogor menerbitkan laporan tahunan mengenai hama dan penyakit pertanian, perkebunan dan kehutanan di Indonesia. Dengan berdirinya beberapa Fakultas Pertanian setelah Indonesia merdeka maka penelitian tentang penyakit tanaman makin meningkat.

Pada tahun 1972 terbentuk organisasi yang mewadahi pengembangan penelitian tentang penyakit tanaman dengan nama Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI).

Sejak tahun 1950-an terjadi kemunduran pada tanaman jeruk siam di Jawa. Penyakit *Citrus Vein Phloem Degeneration* (CVPD) yang disebabkan oleh bakteri sebagai faktor pembatas pengembangan tanaman jeruk. Bakteri yang hidup dan berkembang pada jaringan floem menghambat penyerapan nutrisi sehingga pohon jeruk hanya bertahan beberapa tahun saja dengan memberikan hasil 2 – 3 kali panen. Sampai saat ini, CVPD dilaporkan telah menyebar di seluruh Indonesia termasuk Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.



Gambar 1.6 Gejala Penyakit CVPD pada Tanaman Jeruk (Elfianis, 2020)

Selain itu masih banyak lagi penyakit yang secara potensial berbahaya di waktu yang akan datang, baik penyakit yang sudah terdapat di negara lain tetapi belum masuk ke Indonesia, maupun penyakit yang sudah berada di Indonesia tetapi tergolong penyakit yang dianggap belum merugikan secara ekonomi. Penanaman dalam skala luas dari varietas padi baru dengan keunggulannya produk-tifitas yang tinggi dan berumur pendek berpotensi menyebabkan gagal panen apabila ketahanannya terhadap gangguan hama dan penyakit mengalami kemunduran atau patah. Hal ini dapat terjadi apabila varietas padi tersebut ditanam secara terus menerus dalam suatu kawasan tertentu sehingga mudah dipatahkan oleh hama atau penyakit yang sudah beradaptasi dengan ketahanan yang dimiliki.

Gangguan penyakit pada tanaman dapat terjadi dalam semua tahapan kehidupan tanaman, mulai dari pesemaian/pembibitan, tanaman masa vegetatif, masa generatif, tahap panen, sampai hasil yang sudah disimpan di dalam gudang. Setiap tahapan kehidupan tanaman mempunyai kepekaan terhadap gangguan penyakit.

Beberapa penyakit yang menyerang pesemaian seperti Penyakit: Rebah kecambah atau *damping off* yang disebabkan oleh patogen *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Phytophthora* sp. atau *Colletotrichum* spp. Penyakit pada masa vegetatif dan generatif seperti *Pyricularia oryzae* pada padi, *Phytophthora infestans* yang menyerang kentang dan berbagai jenis penyakit lainnya.

Adanya serangan penyakit tersebut berpotensi menyebabkan kegagalan dalam budidaya pertanian sehingga merugikan secara ekonomi dan menurunkan hasil secara kualitas dan kuantitas.

C. Soal Diskusi

1. Jelaskan latar belakang munculnya perlindungan tanaman !
2. Sebutkan beberapa tokoh yang paling berpengaruh dalam sejarah penyakit tanaman dan apa sumbangsuhnya terhadap perkembangan ilmu penyakit tanaman !
3. Sebutkan dan jelaskan beberapa penyakit yang menurut anda berperan penting dalam sejarah penyakit tanaman !

4. Jelaskan perkembangan penyakit tanaman di Indonesia !
5. Sebutkan beberapa kebijakan pemerintah terdahulu yang berpengaruh pada perkembangan penyakit tanaman !

BAB 2

TANAMAN SAKIT DAN ILMU PENYAKIT TANAMAN

A. Tanaman Sakit

Penyakit tanaman sudah lama sekali diketahui oleh manusia. Dilaporkan penyakit tanaman sudah ada sebelum manusia mulai membudidayakan tanaman. Filsuf besar, seperti Aristoteles, Homer, dan Theophrastus, telah lama mengemukakan beberapa penyakit tanaman seperti hawar, embun bulu, karat, dan gosong. Bangsa Yunani (500–280 SM), meyakini bahwa adanya penyakit tanaman merupakan hukuman atas dosa yang dilakukan manusia. Saat itu, penyakit tanaman sudah dikaitkan dengan cuaca atau iklim yang buruk dan kondisi tanaman yang kurang baik.

Sulit untuk membuat suatu definisi tentang tanaman sakit yang tepat dan tanpa kontroversi. Hal yang mempersulit definisi tentang penyakit tanaman adalah interaksi kompleks dari peristiwa-peristiwa biologis yang

secara keseluruhan menjadikan tanaman sakit. Kebanyakan definisi yang ada belum lah tepat, karena definisi-definisi tersebut pada umumnya bersifat diskriptif dan tidak sekaligus eksklusif. Salah satu definisi yang agak tepat ialah yang dinyatakan oleh **Whetzel** yaitu "Penyakit tanaman ialah suatu aktifitas fisiologis yang merugikan yang disebabkan oleh gangguan terus menerus oleh faktor penyebab primer, yang dinyatakan melalui aktivitas sel yang abnormal dan ditunjukkan oleh perubahan morfologis dan histologis yang disebut gejala."

Penyakit itu sendiri bukan merupakan suatu keadaan, tetapi suatu proses yang membahayakan sehingga tanaman tidak berfungsi secara normal yang meliputi pertanaman vegetatif dan generatif. Kerusakan oleh serangga atau binatang lainnya dapat juga membahayakan pertanaman tanaman, tetapi gangguan ini berbeda dengan penyakit, karena penyebab penyakit mengganggu tanaman secara terus menerus, sedangkan gangguan hama tidak demikian halnya.

Franz Unger mengemukakan teori "*The Autogenetic Theory Disease*" yang menyatakan bahwa dalam stadia penuaan tanaman, unsur sel dengan energi vital tertentu menimbulkan bentukan baru dari kehidupan. Dalam teori ini telah dipertimbangkan adanya patogen sebagai suatu kehidupan lain dalam inang yang terinfeksi, tetapi belum dikemukakan sebagai suatu bentuk kehidupan atau tubuh yang independent, artinya patogen masih dianggap sebagai akibat dari penyakit, bukan penyebabnya.

Konsep "generasi yang bersifat spontan" (*spontaneous generation*) diterima untuk waktu yang lama karena mikroorganisme belum dapat dilihat manusia. Pada tahun 1590, Hans dan Zacharias Jansen menemukan mikroskop, kemudian Hooke (1655) orang pertama yang melihat sel tanaman dan mengilustrasikan secara rinci fungsi mikroskopik patogenik tanaman. Pada tahun 1683, ditemukan bakteri, protozoa, dan mikroorganisme lain dalam air dan substrat lain. Sejak saat itu, mulai populer "*The Germ Theory of Disease*" yang merupakan dasar dari ilmu penyakit tanaman.

B. Ilmu Penyakit Tanaman

Ilmu penyakit tanaman merupakan ilmu yang mempelajari karakteristik penyakit, penyebab penyakit, interaksi tanaman dan patogen, dan lingkungan biotik serta abiotik, faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit dalam suatu populasi atau individual tanaman; dan berbagai cara pengendalian penyakit. Ilmu penyakit tanaman juga memiliki aspek seni, yaitu dalam aplikasi pengetahuan yang diperoleh dari mempelajari ilmu tersebut. Tujuan utama dalam mempelajari ilmu penyakit tanaman adalah mencegah atau menekan seminimal mungkin terjadinya penyakit tanaman, meningkatkan produksi tanaman, menjaga kuantitas dan kualitas hasil panen. Dengan demikian, hasil panen aman digunakan, terutama tanaman untuk bahan serat, obat-obatan, dan komoditas yang memiliki nilai estetika. Telah dikemukakan bahwa ketergantungan manusia kepada tanaman sangat tinggi, karena hanya tanaman berhijau daun yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi kimia. Jika penyakit mematikan

tanaman, maka makhluk hidup yang lain akan sangat menderita dan mati.

Penyakit tanaman dahulu diperkirakan disebabkan oleh penyebab gaib, kemudian ada pendapat lain yang menyatakan karena keadaan iklim yang kurang baik. memang benar keadaan iklim ikut menentukan terjadinya penyakit, tetapi penyakit tersebut tidak akan timbul jika tidak ada penyebab utamanya. Jika penyebab utama tersebut dapat ditularkan ke tanaman sehat, maka penyebab ini tergolong penyebab yang infeksius dan penyakitnya ialah penyakit infeksius (menular). Golongan penyebab penyakit lain ialah penyebab yang tidak infeksius dan penyakit yang ditumbulkannya ialah penyakit non-infeksius.

Budidaya tanaman seringkali mengalami gangguan penyakit yang dapat menghambat, merusak hingga menggagalkan panen. Di beberapa kasus adanya gangguan tersebut bersifat ekstrim yang mengharuskan seseorang menunda atau tidak dapat melakukan budidaya tanaman tertentu. Gangguan tersebut juga ada

sejak benih disebar hingga tanaman dipanen bahkan sampai produk disimpan di tempat penyimpanan.

C. Penyakit Tanaman Sebagai Ilmu

Ilmu yang mempelajari penyakit tanaman merupakan cabang dari ilmu Pertanian, Ilmu Botani atau Biologi. Ilmu Penyakit Tanaman (*Fitopatologi*) mempunyai empat tujuan utama yaitu : mempelajari penyebab penyakit baik yang termasuk jasad hidup (biotik) maupun bukan jasad hidup (abiotik) mempelajari mekanisme perkembangan penyakit oleh patogen, mempelajari interaksi antara tanaman, patogen dan lingkungan, dan mencari serta mengembangkan metode penanggulangan penyakit sehingga dapat mengurangi kerugian akibat penyakit tanaman.

Ilmu penyakit tanaman juga menekankan penerapan pengetahuan yang diperoleh dengan mempelajari ilmu tersebut. Dari ilmu tersebut diharapkan dapat mendiagnosis atau mengenal penyakit tanaman, menilai, mengukur dan meramalkan penyakit tanaman serta dapat merekomendasikan teknik pengendalian yang

efektif dan efisien diterapkan di lapangan. Tujuan utama dari ilmu penyakit tanaman meliputi mencegah atau mengurangi terjadinya penyakit tanaman, mengurangi kehilangan hasil tanaman serta menjaga kuantitas dan kualitas hasil panen.

Dari ruang lingkup dan tujuan tersebut di atas maka Ilmu Penyakit Tanaman merupakan ilmu yang erat hubungannya dengan ilmu fisika, kimia, biologi, bakteriologi, virologi, mikologi, nematologi, fisiologi, genetika, biokimia, agronomi, agroklimatologi, ilmu tanah dan sebagainya. Kajian bidang ilmu pengetahuan lain ikut berperan dalam usaha pemecahan masalah dalam bidang ilmu penyakit tanaman.

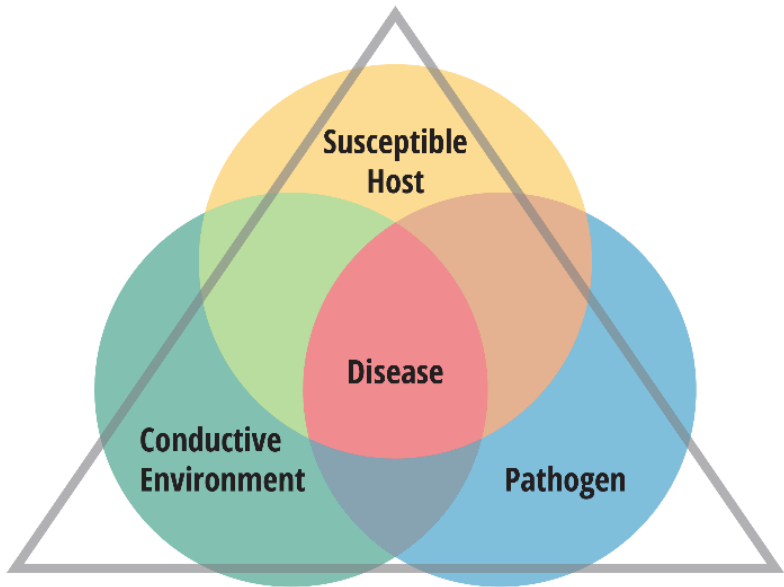
D. Konsep Penyakit Tanaman

Tanaman menyelesaikan siklus hidupnya dengan melewati beberapa sistem kehidupan yang berjalan dengan baik. Sistem tersebut merupakan rangkaian fungsi mekanik, fisik dan biokimia dari tanaman yang lebih dikenal dengan fungsi fisiologis. Tanaman sehat dapat melaksanakan fungsi-fungsi fisiologis sesuai dengan

potensi genetik terbaiknya. Tanaman tersebut mampu melakukan poses pembelahan sel, diferensiasi sel, perkembangan sel, penyerapan dan translokasi air dan hara, fotosintesis dan translokasi fotosintat hingga penyimpanan hasil fotosintesis yang berlangsung secara normal.

Adanya gangguan patogen atau lingkungan terhadap salah satu atau lebih fungsi fisiologis tanaman sehingga menyebabkan penyimpangan dari keadaan normal maka tanaman tersebut dikatakan sakit. Penyakit yang dihasilkan akibat gangguan yang berlangsung terus menerus akan sangat beragam tergantung pada penyebabnya dan juga jenis tanamannya. Tanaman langsung merespon gangguan dengan reaksi biokimia yang tidak terlihat tetapi berdampak pada perubahan-perubahan dari tingkat sel dan jaringan. Kemampuan sel dan jaringan tersebut dalam melaksanakan fungsi-fungsi fisiologis yang normal menjadi menurun sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terganggu hingga menyebabkan kematian pada tanaman.

Konsep penyakit tanaman sangat bervariasi, salah satunya yang dikemukakan oleh Whetzel (1929) yang menyatakan penyakit tanaman sebagai proses fisiologi tanaman yang abnormal dan merugikan yang disebabkan oleh faktor primer (biotik atau abiotik) dan gangguannya bersifat terus-menerus serta menyebabkan aktivitas sel dan jaringan yang abnormal. Konsep tersebut sesuai yang dikemukakan oleh Agrios (1997) bahwa penyakit tanaman terjadi apabila salah satu atau beberapa fungsi fisiologinya abnormal karena adanya gangguan agensia patogen atau faktor lingkungan tertentu. Jadi penyakit tanaman dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian proses fisiologi yang abnormal dan merugikan akibat gangguan secara terus menerus oleh agensia patogen atau kondisi lingkungan tertentu.



Gambar 2.1 Segitiga penyakit tanaman (Pilz, 2020)

E. Penyebab Penyakit Tanaman

Penyebab penyakit tanaman dapat dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu kelompok biotik dan kelompok abiotik. Kelompok biotik biasa disebut parasit dan kelompok abiotik biasa disebut fisiopat. Parasit yang paling penting adalah tanaman tingkat tinggi, fungi, virus dan nematoda, sedang fisiopat ada yang berasal dari

dalam tanaman sendiri dan ada yang datangnya dari luar tanaman.

Penyakit karena abiotik atau lingkungan juga menyebabkan gangguan yang mirip dengan penyakit yang disebabkan oleh faktor biotik. Hanya berbeda pada agen penularnya, penyebab penyakit karena faktor abiotik atau lingkungan tidak mengandung zat atau bahan yang dapat ditularkan atau dipindahkan dari tanaman sakit ke tanaman sehat (*noninfectious*). Sementara tanaman sakit karena faktor biotik dapat ditularkan dari tanaman sehat ke tanaman sakit (*infectious*).

Patogen adalah sesuatu yang menyebabkan tanaman menderita. Dengan demikian yang termasuk patogen tidak saja penyebab dari golongan jasad hidup tetapi juga golongan bukan jasad hidup dan keadaan lingkungan seperti virus dan kekurangan unsur hara, keracunan dan sebagainya. Pada waktu sekarang telah banyak yang menerima pendapat, bahwa patogen hanya meliputi penyebab penyakit yang dapat ditularkan seperti, bakteri, virus organisme yang menyerupai mikoplasma, fungi dan sebagainya.

Pada umumnya penyebab penyakit dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Faktor Biotik

Golongan ini meliputi fungi, bakteri, organisme yang menyerupai mikoplasma (OMM), ganggang, tanaman tingkat tinggi dan nematoda.

2. Golongan virus

Virus adalah materi yang mengandung bahan dasar kehidupan yaitu asam nukleat baik asam deoksiribonukleat (DNA) atau asam ribonukleat (RNA) serta protein yang melindungi asam nukleat tersebut yang dikenal sebagai selubung protein. Virus mampu memanfaatkan enzim inang yang diinfeksi yang selanjutnya memperbanyak diri atau bereplikasi di dalam sel tersebut. Jika replikasi virus terus terjadi maka sel-sel inang akan dipenuhi oleh partikel-partikel virus sehingga inang akan mengalami infeksi dan pada taraf selanjutnya metabolisme inang terganggu atau sakit.

3. Faktor abiotik

Penyakit tanaman yang disebabkan oleh faktor abiotik seperti kekurangan atau kelebihan unsur hara,

cahaya, aerasi, sifat tanah, keadaan iklim dan faktor lingkungan lainnya.

Patogen dalam aktivitasnya untuk menyerang tanaman sangat membutuhkan faktor lingkungan yang memungkinkan dan tersedianya tanaman yang rentan. Keadaan lingkungan yang baik yang diperlukan oleh patogen tersebut adalah untuk keperluan bertahan hidup, memperbanyak diri, perkecambahan, penetrasi ke dalam tanaman dan perkembangan penyakit. Jadi pada umumnya patogen merupakan penyebab utama sedangkan keadaan lingkungan dan tanaman yang rentan sebagai penyebab penunjang.

Penyebab penyakit tanaman disebut patogen. Penyebab utama penyakit tanaman dibedakan menjadi dua golongan yaitu faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor penyakit abiotik bersifat tidak parasitik dan tidak menular yang meliputi faktor lingkungan tak hidup. Faktor penyakit abiotik seperti suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, kekurangan atau kelebihan cahaya, kekurangan atau kelebihan hara, toksisitas pestisida dan lain-lain. Sedangkan faktor penyakit biotik umumnya

bersifat parasitik pada tanaman dan dapat ditularkan. Penyebab penyakit parasitik terdiri dari beberapa golongan terutama fungi, bakteri, virus dan nematoda.

Patogen menyebabkan penyakit pada tanaman dengan beberapa cara meliputi menghambat translokasi air, hara, dan fotosintat, melemahkan inang, mengganggu metabolisme sel inang dan mengkonsumsi kandungan sel inang. Penghambatan translokasi air, hara dan fotosintat terjadi melalui jaringan pengangkut yang terdiri xylem dan floem. Penyerapan makanan secara terus-menerus dari sel-sel inang oleh patogen untuk kebutuhannya dapat melemahkan inangnya. Metabolisme sel inang dapat terganggu atau terhenti dengan toksin, enzim dan zat pengatur tumbuh yang disekresikan oleh patogen atau memanfaatkan sel inang untuk replikasi. Adanya kontak yang terjadi antara patogen dan tanaman menyebabkan patogen dapat mengkonsumsi sel inang secara langsung.

F. Klasifikasi Penyakit Tanaman

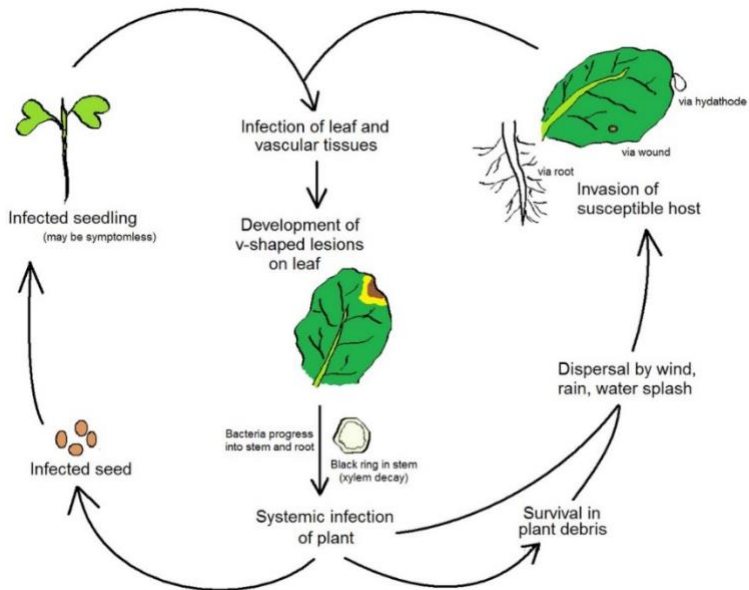
Pada zaman sekarang telah dikenal berbagai macam patogen tanaman dan bahkan diantaranya

menyerang tanaman yang mempunyai arti ekonomi penting. Satu macam tanaman dapat diserang oleh banyak macam patogen, demikian pula satu macam patogen dapat menyerang sampai berpuluh-puluh tanaman. Patogen tertentu kadang-kadang hanya menyerang satu macam organ tanaman saja ada pula yang menyerang berbagai macam organ tanaman. Kenyataan ini akan menyulitkan dalam mempelajari penyakit tanaman. Untuk mengatasi hal ini akan diadakan klasifikasi penyakit tanaman guna memudahkan mempelajari penyakit tanaman menurut kepentingannya masing-masing. Beberapa klasifikasi dapat di golongan berdasarkan seperti :

1. Bagian-bagian tanaman yang terserang seperti penyakit akar, buah, batang, daun dan sebagainya.
2. Macamnya tanaman yang terserang seperti penyakit tanaman pangan tanaman sayuran, tanaman bunga-bunga, tanaman hutan dan sebagainya.

3. Tanda dan gejala penyakit yang disebabkan seperti penyakit karat, goseng, luka api, layu, busuk buah dan sebagainya.
4. Penyebaran patogen tanaman sebelum mengadakan infeksi dilapangan seperti penyakit yang ditularkan oleh tanah, serangga, biji, dan sebagainya.

Macam-macam penyebab penyakit, yaitu **a)** penyakit yang menular (fungi, bakteri, mikoplasma, virus dan sebagainya) dan **b)** penyakit yang tidak menular yang disebabkan oleh kekurangan atau kelebihan unsur hara tertentu, keracunan zat kimia, kekurangan atau kelebihan air dalam tanah, kekurangan O₂, CO₂, dan cahaya, populasi udara, pH tanah dan sebagainya.



Gambar 2.2 Daur infeksi penyakit pada tanaman (Gkwan, 2010)

G. Gejala dan Tanda Penyakit

Tanaman sakit biasanya menunjukkan gejala penyakit yang khas. Gejala (*sympton*) merupakan respon atau perubahan yang ditunjukkan oleh tanaman sebagai akibat dari adanya penyebab penyakit. Perubahan yang terjadi merupakan manifestasi dari reaksi fisiologis tanaman yang terganggu. Gejala dapat berupa perubahan

warna, tekstur, bentuk atau perubahan penampilan lain yang pada jaringan tanaman sakit. Beberapa penyebab penyakit dapat menunjukkan gejala yang sama pada tanaman sehingga memerlukan ketelitian untuk menentukan penyebabnya.

Berdasarkan bentuknya gejala penyakit tanaman dibedakan menjadi gejala morfologi dan gejala histologi. Gejala morfologi mencakup gejala luar yang dapat dilihat atau ditunjukkan oleh seluruh tanaman atau organ dari tanaman. Gejala histologi merupakan perubahan yang terjadi di dalam sel dan hanya dapat diketahui dengan pemeriksaan dengan mikroskop pada jaringan tanaman.

Berdasarkan perubahan yang terjadi di dalam sel tanaman, gejala dapat dibagi menjadi tiga tipe yaitu:

1. **Gejala nekrotik** disebabkan adanya kerusakan pada sel atau bagian sel, atau matinya sel. Contoh gejala nekrotik seperti nekrosis (matinya bagian tanaman), mati pucuk, hidrosis (air keluar dari sel dan mengisi ruang antar sel), layu, kanker dan *dumping off* (rebah kecambah)

2. **Gejala hipoplastik** disebabkan karena terhambatnya atau terhentinya pertanaman sel. Contoh gejala hipoplastik seperti kerdil, *chlorosis*, etiolasi dan roset (pemusaran).
3. **Gejala hiperplastik** disebabkan karena pertanaman sel yang melebihi dari biasa. Contoh gejala hiperplastik seperti gejala sapu setan (*witches' broom*), menggulung daun (*leaf roll*) atau daun mengeriting (*curling*), prolepsis dan lain-lain.

Terdapat pengenal penyakit selain gejala yang dinamakan tanda penyakit (*sign*). Tanda penyakit merupakan struktur dari yang berasosiasi dengan tanaman yang terinfeksi. Tanda penyakit dapat berupa hifa/miselium, spora, tubuh buah fungi, sel atau lendir bakteri, nematoda, serangga vektor dan berbagai struktur patogen lainnya. Sebagian besar tanda penyakit dapat dilihat dan dibedakan dengan bantuan mikroskop.

H. Diagnosis Penyakit Tanaman

Diagnosis merupakan suatu proses untuk mengidentifikasi penyebab penyakit. Dalam mendiagnosis penyakit tanaman harus menentukan lebih awal apakah penyakit tersebut disebabkan oleh parasit atau faktor lingkungan. Identifikasi tersebut dapat dilakukan dengan pengamatan gejala dan tanda yang khas serta faktor-faktor lain yang berhubungan dengan proses terjadinya penyakit tersebut. Diagnosis penyebab penyakit menentukan ketepatan pemilihan cara dan keberhasilan pengendalian penyakit tanaman.

Pendekatan gejala dan tanda penyakit tanaman saja tidak cukup dalam mengidentifikasi penyebab penyakit tertentu karena banyak penyakit yang menunjukkan gejala yang sama walaupun patogennya berbeda. Keberadaan patogen sekunder atau saprofit yang menyerang bagian tanaman yang sudah terinfeksi lebih lanjut menjadi alasan harus ada pendekatan lain untuk meningkatkan ketepatan dalam mendiagnosis penyakit tanaman.

Keakuratan diagnosis dapat diperkuat dengan pembuktian menggunakan *Postulat Koch*. *Postulat Koch* merupakan tahapan-tahapan dalam menentukan hubungan parasit dan penyakit. Tahapan-tahapan tersebut sebagai berikut:

1. Organisme yang diduga harus selalu berasosiasi pada tanaman yang sakit
2. Organisme tersebut harus dapat diisolasi dan ditumbuhkan sebagai biakan murni
3. Biakan murni tersebut jika diinokulasikan pada tanaman sehat maka harus menunjukkan gejala yang sama
4. Penyebab penyakit harus direisolasi kembali dan diperoleh biakan murni

Jika semua tahapan di atas diikuti dan diperoleh organisme yang dapat diisolasi dan dapat diidentifikasi menimbulkan gejala yang sama maka dapat dipastikan organisme tersebut sebagai penyebab penyakit. Akan tetapi kaidah tersebut tidak dapat dilakukan terhadap patogen lain yang bersifat obligat seperti virus, dan nematoda.

I. Soal Diskusi

1. Definisikan apa yang disebut dengan Tanaman sakit dan jelaskan apa tujuan utama dalam mempelajari Ilmu Penyakit Tanaman !
2. Jelaskan beberapa mekanisme bagaimana patogen menyebabkan penyakit pada tanaman !
3. Jelaskan manfaat dari klasifikasi penyakit tanaman !
4. Jelaskan apa yang disebut Gejala Morfologi, Gejala Histologi, dan jelaskan beberapa tipe dari gejala perubahan sel tanaman !
5. Apa yang disebut Postulat Koch dalam diagnosis penyakit tanaman dan jelaskan tahapan-tahapannya!

BAB 3

FUNGI PATOGEN TANAMAN

Fungi merupakan mikroorganisme eukariotik yang berupa filamen (benang), menghasilkan spora atau struktur reproduktif lainnya seperti potongan hifa, tidak mempunyai klorofil dan dinding sel utamanya disusun oleh kitin atau selulosa. Fungi dapat menyebabkan penyakit tanaman, manusia, hewan, dan saprofit. Diperkirakan lebih dari 8.000 spesies fungi yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Tanaman dapat terinfeksi oleh satu atau beberapa jenis fungi dan satu jenis fungi patogen dapat menginfeksi satu atau lebih jenis tanaman. Kerusakan yang disebabkan oleh fungi pada tanaman sangat bervariasi dari kerusakan ringan, kerusakan sedang sampai menyebabkan kematian pada tanaman.

A. Karakteristik Fungi Patogen Tanaman

Fungi merupakan kelompok organisme yang tergabung dalam kingdom fungi, tidak berhijau daun, berinti sejati, memiliki spora dan umumnya berkembang-biak secara seksual dan aseksual. Fungi berukuran mikroskopik dan makroskopik, bersel tunggal (uniseluler) atau terdiri dari banyak sel (multiseluler) serta membentuk struktur tubuh berupa benang (filamen) yang memanjang dan bercabang. Struktur penyusun tubuh fungi tersebut dikenal dengan istilah hifa atau miselium. Hifa berupa struktur fungi berbentuk tabung atau benang halus yang tersusun dari rangkaian sel sedangkan miselium berupa kumpulan dari beberapa hifa yang membentuk suatu massa fungi. Beberapa fungi tidak memiliki miselium tetapi membentuk struktur *thallus* uniseluler seperti *Synchytrium* sp. dan *Saccharomyces* spp. Atau membentuk struktur *plasmodium* seperti pada *Plasmodiophora brassicae*.

Hifa atau miselium fungi umumnya memiliki diameter yang bervariasi yang memiliki diameter hifa

berkisar 0,5-100 μm . Panjang hifa pada beberapa jenis fungi hanya beberapa mikrometer tetapi beberapa jenis lainnya dapat menghasilkan hifa sampai beberapa meter. Hifa fungi terdiri atas banyak sel yang mengandung satu sampai dua inti persel atau mengandung banyak inti per sel (*coenocytic*). Hifa fungi ada yang memiliki sekat (septa) dan ada yang tidak memiliki sekat (asepta). Hifa bersepta terdapat pada Ascomycota, Basidiomycota dan Deuteromycota sedangkan hifa asepta terdapat pada Oomycota dan Zygomycota.

A. Klasifikasi Fungi Patogen Tanaman

Fungi yang menyerang tanaman dan menyebabkan penyakit pada tanaman sangat beragam. Dalam perkembangan klasifikasi jamur, jamur yang dulunya dikenal sebagai jamur tingkat rendah sekarang dikelompokkan ke dalam kingdom Protozoa (terdiri dari phylum Myxomycetes dan Plasmodiophoromycota) dan Kingdom Chromista terdiri misalnya phylum Oomycota. Jamur tingkat tinggi yang sebelumnya dikenal Eumycota dan Mycetae sekarang dikelompokkan ke dalam kingdom

Fungi yang terdiri dari phylum Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota dan Basidiomycota.

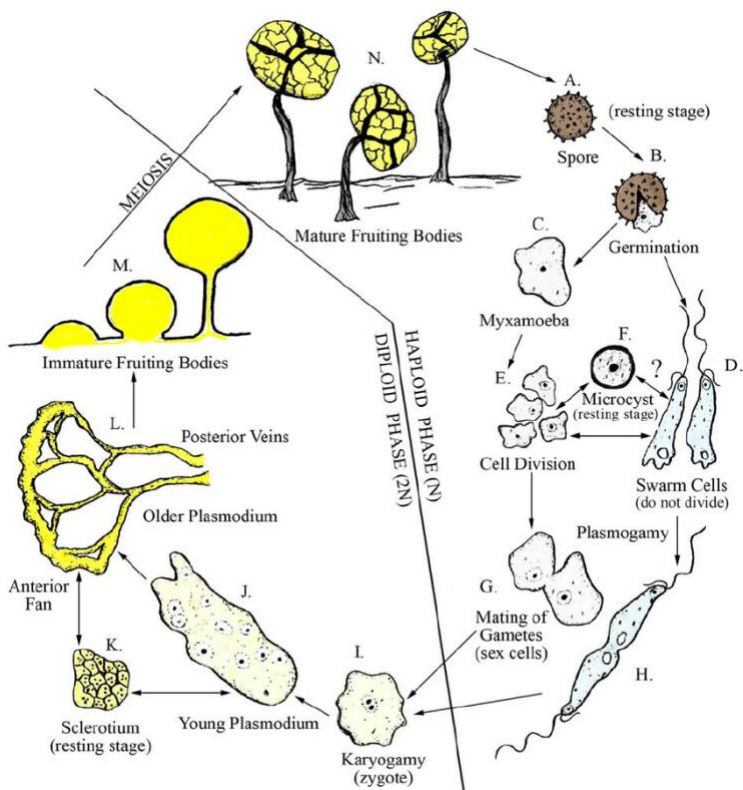
1. Pseudofungi

Kelompok pseudofungi didefinisikan sebagai kelompok organisme mirip fungi yang terdiri dari kingdom Protozoa dan kingdom Chromista.

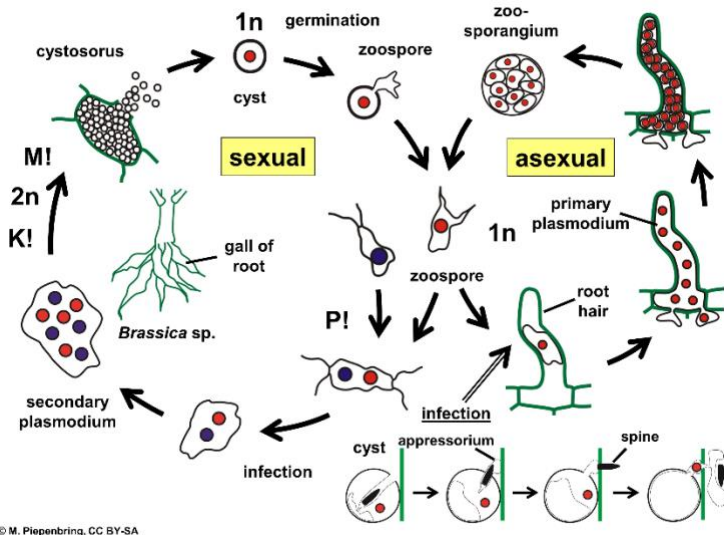
a. Kingdom Protozoa

Mikroorganisme yang dikelompokkan dalam Kingdom Protozoa bersifat plasmodial, uniseluler/multisel yang sangat sederhana dan kolonial. Protozoa memperoleh makanan dengan menelan atau menyelubungi makanannya (*engulfing*). Kingdom ini terdiri dari Phylum Myxomycota dan Plasmodiophoromycota sebagai organisme mirip fungi.

memproduksi zoospora, dapat tumbuh di bawah tanaman tetapi tidak menginfeksi tanaman. Contoh genus dari Phylum ini seperti *Fuligo*, *Mucilago*, *Physarum* yang membentuk kapang berlendir di bawah tanaman.



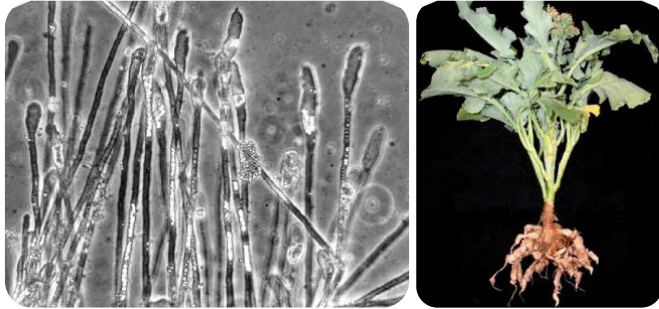
Gambar 3.2 Daur hidup fungi Myxomycetes (Scarborough, 2008)



© M. Piepenbring, CC BY-SA

Gambar 3.3 Daur hidup fungi Plasmodiophoromycota (Piepenbring, 2015)

Phylum Plasmodiophoromycota memiliki kelas Plasmodiophoromycetes yang dikenal sebagai kapang lendir endoparasitik. Mikroorganisme ini memproduksi plasmodium yang diproduksi di dalam sel akar atau batang tanaman, memproduksi zoospora yang berflagel dua dan bersifat parasit obligat. Contoh spesies dari Phylum ini sebagai berikut:



Gambar 3.4 *Plasmodiophora brassicae* dan penyakit akar gada pada tanaman kubis
(Mc Grann, 2016)

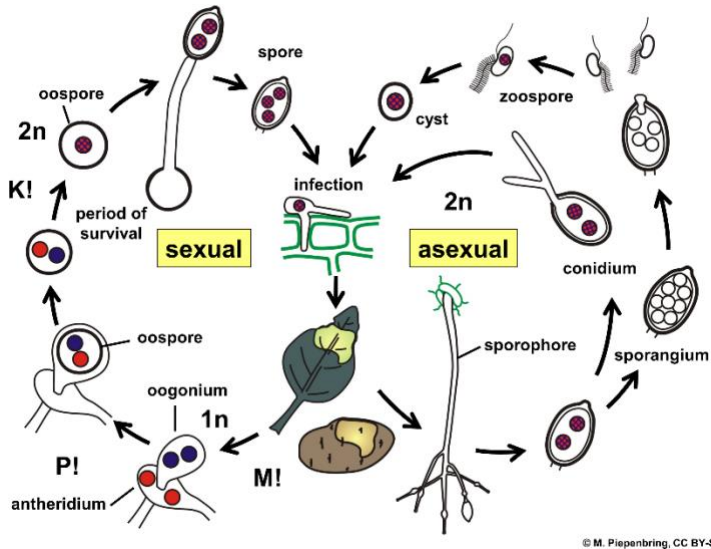
- *Plasmodiophora brassicae* menyebabkan penyakit akar gada pada tanaman kubis.
- *Polymyxa graminis* menyerang pada tanaman gandum dan sereal lainnya serta dapat berperan sebagai vektor virus tanaman.
- *Spongospora subterranea* menyebabkan penyakit kudis tepung pada umbi kentang.

b. Kingdom Chromista

Chromista bersifat uniselular atau multiselular, membentuk miselium bukan plasmodium, kolonial,

beberapa memiliki flagela atau kloroplas pada retikulum endoplasmik atau keduanya. Chromista meliputi alga cokelat, Oomycetes dan organisme sejenis lainnya. Beberapa spesies dari Oomycetes bersifat parasit pada berbagai tanaman budidaya.

Phylum Oomycota memiliki zoospora biflagela dengan flagela yang panjang untuk mengarah ke depan dan flagela yang pendek di belakang. Organisme ini memiliki thalus diploid dengan meiosis yang terjadi dalam perkembangan gametangium. Perkembangan yang terjadi dari kontak gametangium memproduksi oospora dengan dinding sel yang tebal. Dinding sel tersebut terdiri dari glukana, hidrokisiprolin dan selulosa. Oomycota meliputi kapang air, karat putih dan embun bulu yang tergolong dalam kelas Oomycetes.

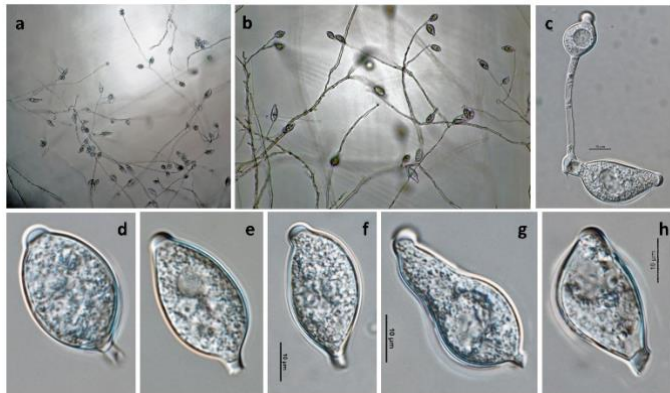


© M. Piepenbring, CC BY-SA

Gambar 3.5 Daur hidup fungi Oomycetes (Piepenbring, 2015)

Oomycetes memiliki hifa atau miselium asepta yang panjang, memproduksi zoospora berflagela dua, memproduksi spora istirahat seksual (oospora) dari penggabungan gametangium jantan (antheridium) dan gametangium betina (oogonium). Beberapa spesies dari Oomycetes yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman adalah sebagai berikut:

- *Phytium* sp. menyebabkan rebah kecambah, busuk benih, busuk akar dan hawar pada berbagai tanaman.
- *Phytophthora infestans* menyebabkan penyakit hawar daun kentang dan busuk akar pada beberapa tanaman.



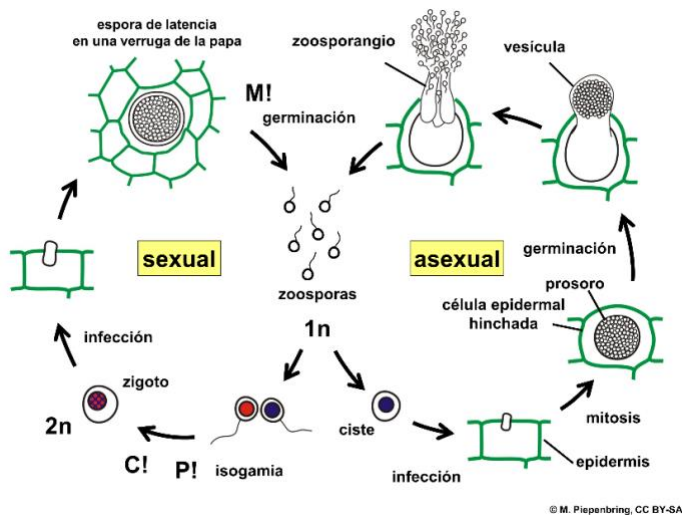
Gambar 3.6 *Phytophthora infestans* dan penyakit hawar daun kentang (Abad, 2022)

- *Perenosclerospora sorghi* menyebabkan embun bulu atau bulai pada tanaman sorgum.
- *Albugo candida* menyebabkan karat putih pada kubis-kubisan.

2. Fungi Sejati (*True fungi*)

Fungi sejati membentuk hifa-hifa bersekat dengan dinding selnya mengandung kitin. Kelompok fungi sejati terdiri dari Phylum Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota-Deuteromycetes (Alxepoluos dan Mims, 1996), Deuteromycota dimasukkan sebagai salah satu kelas-kelompok *imperfect fungi* dari Ascomycota, dan Basidiomycota.

a. Fungi Chytridiomycota

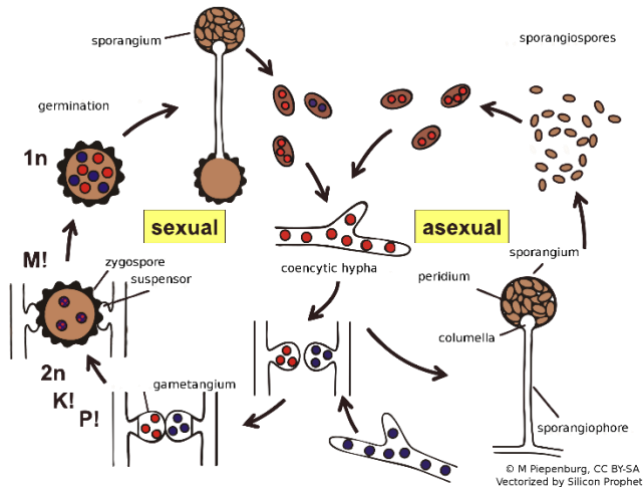


Gambar 3.7 Daur hidup fungi Chytridiomycota (Piepenbring, 2015)

Chytridiomycota mempunyai miselium tidak bersepta yang berbentuk bulat atau panjang yang tidak mempunyai dinding melintang. Fungi ini mempunyai dinding sel tetapi tidak mempunyai dinding sel yang sebenarnya dan membentuk rizomiselium. Zoospora yang dihasilkan mempunyai flagela tunggal. Beberapa fungi Chytridiomycota berperan sebagai patogen pada tanaman seperti:

- *Olpidium brassicae* bersifat parasitik pada akar tanaman kubis dan tanaman lainnya serta dapat menularkan virus.
- *Physoderma maydis* menyebabkan penyakit bercak cokelat pada jagung.
- *Uroplyctis alfalfae* menyebabkan penyakit kutil mahkota pada alfafa.
- *Synchytrium endobioticum* sebagai penyebab penyakit kutil pada kentang.

b. Fungi Zygomycota

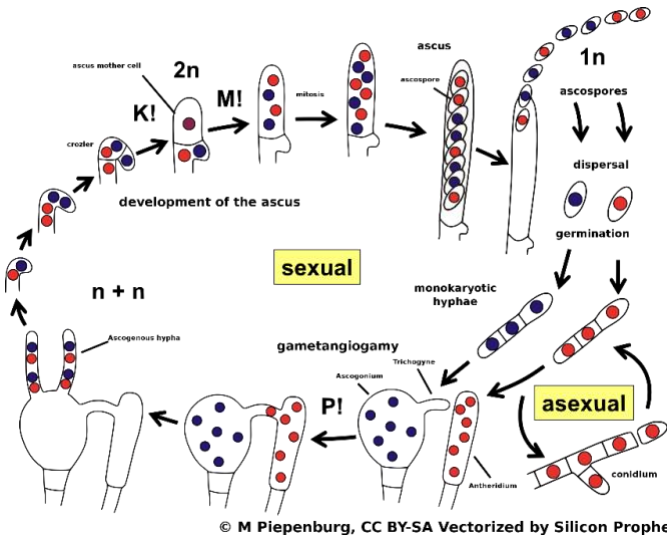


Gambar 3.8 Daur hidup fungi Chytridiomycota (Piepenbring, 2020)

Zygomycota menghasilkan spora aseksual nonmotil (tak bergerak) pada sporangia dan tidak mempunyai zoospora. Spora istirahatnya disebut zigospora yang diproduksi dengan cara fusi antara dua gamet yang memiliki morfologi yang sama. Fungi ini bersifat saprofitik atau parasitik pada tanaman, manusia dan hewan. Beberapa fungi Zygomycota yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman adalah sebagai berikut:

- *Rhizopus* sp. sebagai penyebab kapang roti dan busuk lunak pada tanaman buah-buahan dan sayuran.
- *Choanephora cucurbitarum* menyebabkan penyakit busuk lunak pada tanaman mentimun.
- *Mucor* sp. sebagai penyebab kapang roti dan busuk pada buah-buahan dan sayuran di tempat penyimpanan.

c. Fungi Ascomycota



Gambar 3.9 Daur hidup fungi Ascomycota (Piepenbring, 2020)

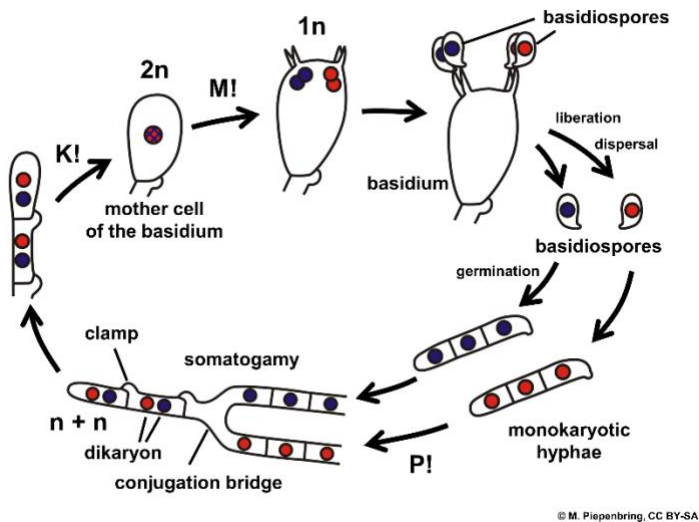
Ascomycota memiliki hifa atau miselium yang bersepta dan memiliki tubuh buah. Fungi memiliki askus sehingga dikenal sebagai fungi berkantung. Pada umumnya fungi ini memiliki stadia seksual (telemorfik) dan stadia aseksual (anamorfik). Spora seksual yang dihasilkan fungi ini disebut askuspora. Askuspora biasanya terdiri dari 8 askuspora yang berkelompok dalam satu askus. Spora aseksual dikenal dengan naman konidia yang diproduksi pada hifa atau dalam struktur tubuh buah aseksual (piknidia, aservuli dan sebagainya).

Fungi Ascomycota sebagian besar berperan sebagai parasitik bahan tanaman ada yang bersifat parasit obligat seperti ordo Erysiphales. Beberapa contoh spesies Ascomycota yang berperan sebagai patogen pada tanaman adalah sebagai berikut:

- *Galactomyces* sp. menyebabkan busuk asam pada tanaman jeruk.
- *Leveillula* sp. menyebabkan embun tepung pada tanaman tomat.

- *Verticillium nectria* menyebabkan kanker batang dan ranting pada berbagai pepohonan.
- *Stromatinia cepivorum* menyebabkan busuk putih pada bawang putih.

d. Fungi Basidiomycota



Gambar 3.10 Daur hidup fungi Basidiomycota (Piepenbring, 2020)

Basidiomycota memiliki hifa atau miselium bersepta, mikroskopis atau makroskopis (fungi/*mushroom*). Spora seksual disebut basidiospora

yang diproduksi berkelompok secara eksternal dalam struktur bersel satu atau empat sel penghasil spora (basidium).

Terdapat beberapa ordo yang menyebabkan penyakit pada berbagai tanaman misalnya Ustilaginales (fungi gosong), Uredinales (fungi karat), Exsobasidiales (tanpa basidiokarp), Ceratobasidiales, Agaricales (fungi/*mushroom*) dan Aphylophorales (kelompok polipora). Beberapa contoh spesies Basidiomycota yang bersifat parasitik tanaman adalah sebagai berikut:

- *Ustilago maydis* menyebabkan penyakit gosong pada tanaman jagung.
- *Puccinia* spp. Menyebabkan penyakit karat pada sereal dan tanaman lainnya.
- *Exobasidium vexans* menyebabkan penyakit cacar daun teh.
- *Ganoderma* sp. menyebabkan busuk akar dan busuk pangkal batang berbagai tanaman perkebunan.

e. Fungi Deuteromycota

Deuteromycota dikenal sebagai *imperfect fungi* atau aseksual fungi sebab kelompok fungi ini belum diketahui atau tidak membentuk spora seksualnya. Terdiri atas kelas Deuteromycetes memiliki hifa/miselium berkembang sempurna, bersepta dan bercabang. Spora aseksual (konidia) dibentuk pada konidiospora secara tunggal atau kelompok dalam struktur khusus khusus seperti sporodocia dan sinemata. Spora aseksual juga dapat diproduksi dalam struktur yang dikenal dengan piknidia dan aservuli.

Fungi penyebab penyakit tanaman banyak terdapat dalam Phylum Deuteromycota tetapi beberapa spesies dapat berperan lain dalam dunia pertanian sebagai agens biokontrol terhadap patogen. Beberapa contoh spesies pada Phylum Deuteromycota dan perannya dalam bidang pertanian adalah sebagai berikut:

- *Penicillium* sp. sebagai penyebab kapang biru pada tanaman buah-buahan.

- *Aspergillus* sp. sebagai penyebab kapang roti dan busuk benih.
- *Oidium tingitaninum* menyebabkan embun tepung pada tanaman jeruk dan tanaman lainnya.
- *Fusarium* sp. menyebabkan layu fusarium, busuk benih/akar/ batang pada berbagai tanaman hortikultura.
- *Colletotrichum capsici* menyebabkan antraknosa pada tanaman cabai.
- *Helminthosporium* sp. menyebabkan bercak daun pada tanaman jagung, padi dan tanaman lainnya.
- *Sclerotium solfsii* menyebabkan busuk pangkal batang pada tanaman kedelai.
- *Paecilomyces* sp. dan *Trichoderma* sp. sebagai agens biokontrol pada beberapa patogen.

B. Soal Diskusi

1. Jelaskan perbedaan protozoa dan chromista serta berikan contoh penyakit yang ditimbulkan !

2. Sebutkan ciri-ciri khusus yang dimiliki oleh fungi Ascomycota, Basidiomycota, Chytridiomycota, Deitromycota, dan Zygomycota !
3. Jelaskan bagaimana daur hidup yang dialami oleh fungi Ascomycota, Basidiomycota, Chytridiomycota, Deitromycota, dan Zygomycota !
4. Jelaskan beberapa mekanisme bagaimana fungi menyebabkan penyakit pada tanaman !
5. Sebutkan beberapa penyakit penting pada tanaman yang disebabkan oleh fungi !

BAB 4

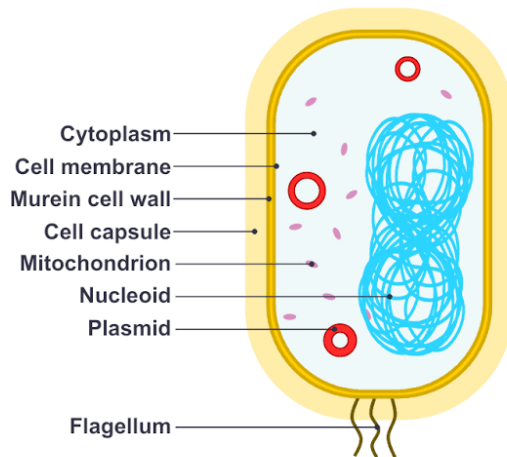
BAKTERI PATOGEN TANAMAN

Penyakit tanaman dapat juga disebabkan oleh mikroorganisme lain selain fungi seperti bakteri. Bakteri merupakan mikroorganisme yang biasanya terdiri atas sel prokariota uniseluler yang dapat dilihat menggunakan mikroskop dengan perbesaran di atas 1.000 kali. Umumnya ukuran bakteri jauh lebih kecil dari spora-spora fungi. Beberapa spesies bakteri menyebabkan penyakit pada tanaman yang diperkirakan terdiri dari 80 spesies dan diantaranya memiliki sejumlah pathovar (strain bakteri yang hanya berbeda pada spesies tanaman yang diinfeksi).

B. Morfologi Bakteri Patogen

Bakteri dapat berbentuk batang (*bacilli*), bulat (sperikel/kokus), spiral (*spirilia*) atau koma (*vibrion*) yang terdiri dari sel tunggal, sel ganda atau berkoloni (kelompok). Sebagian besar bakteri patogenik tanaman berbentuk batang kecuali *Streptomyces* yang berbentuk

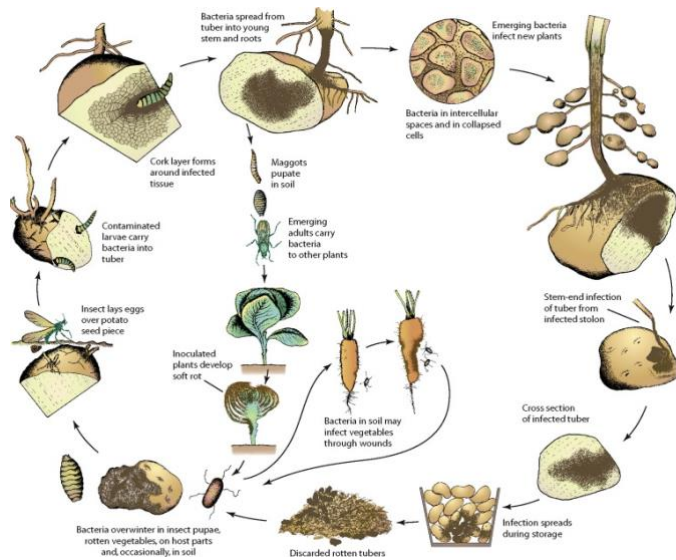
benang. Bakteri berbentuk batang biasanya pendek dan silindris yang memiliki panjang 0,6-3,5 μm dengan diameter 0,5-1,0 μm pada biakan muda. Biakan yang lebih tua dari beberapa spesies memiliki batang yang memanjang dan menyerupai benang. Pada kondisi tertentu, kadang-kadang terjadi penyimpangan bentuk batang menjadi bentuk gada, bentuk Y, bentuk V atau cabang-cabang yang lain.



Gambar 4.1 Morfologi sel bakteri (Byjus, 2020)

Bakteri dapat membentuk spora (stadia rehat) yang tahan terhadap suhu tinggi, kekeringan atau keadaan yang tidak menguntungkan bagi perkembangan bakteri.

Spora bakteri berbeda dengan spora fungi yang dibentuk untuk memperbanyak fungi. Spora dapat terbentuk di tengah atau diujung dari sel dan diameter spora lebih kecil dari sel induknya. Beberapa jenis bakteri yang membentuk spora dapat bergerak dan beberapa spesies tidak dapat bergerak.



Gambar 4.2 Siklus penyakit bakteri patogen tanaman (Agrios, 2005)

Bakteri yang berbentuk batang atau spiral memiliki flagela pada beberapa jenis sehingga memungkinkan bergerak dalam air. Sel bakteri memiliki satu flagela

hingga banyak flagela. Letak flagela terdiri dari bermacam-macam adalah sebagai berikut:

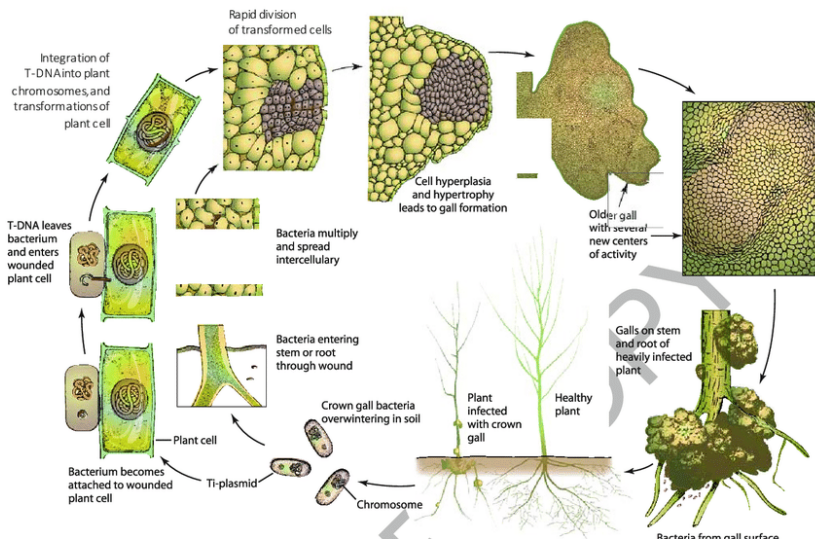
1. *Monotrichous* bila satu flagela berada pada satu ujung sel bakteri.
2. *Lopotrichous* bila satu atau lebih flagela terletak pada satu ujung sel bakteri.
3. *Amphitrichous* bila satu atau lebih flagela terletak pada kedua ujungnya.
4. *Peritrichous* bila memiliki flagela yang tersebar di seluruh permukaan sel bakteri.

C. Jenis Bakteri Patogenik

Bakteri patogenik bersifat parasit fakultatif yang dapat tumbuh pada media buatan, tetapi ada beberapa bakteri yang tidak dapat tumbuh pada media buatan terutama bakteri pada jaringan pembuluh. Bakteri yang ditumbuhkan pada media padat maka sel bakteri akan berkembang membentuk koloni. Spesies bakteri membentuk koloni spesifik yang berbeda dengan spesies lainnya dalam ukuran koloni, bentuk permukaan koloni, bentuk tepi koloni, warna koloni dan lain-lain. Bentuk

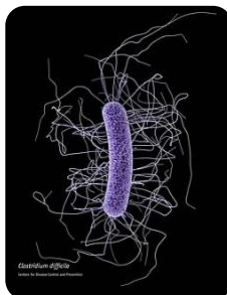
permukaan koloni dapat berbentuk rata, menonjol, menggelembung atau keriput sedangkan bentuk tepi koloni dapat membentuk sudut, berombak atau mulus (*smooth*). Genus-genus bakteri yang bersifat patogen terhadap tanaman yaitu *Agrobacterium*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas/ Ralstonia*, *Streptomyces* dan *Xanthomonas*.

1. ***Agrobacterium***; bergram negatif, tidak membentuk spora, ukuran bakteri relatif pendek, bergerak dengan satu sampai empat peritrichous flagela, hidup di tanah dan menginfeksi tanaman pada akar atau batang tanaman serta menyebabkan pembesaran sel-sel (hipertropi) dari jaringan yang terinfeksi. Pada Media yang mengandung karbohidrat bakteri ini menghasilkan lendir polisakarida yang banyak, koloni tidak berwarna dan biasanya halus. Contohnya *Agrobacterium tumefaciens* yang menyebabkan puru mahkota (*crown gall*) pada jeruk.



Gambar 4.3 Siklus terjadinya puru akar tanaman (Agris, 1988)

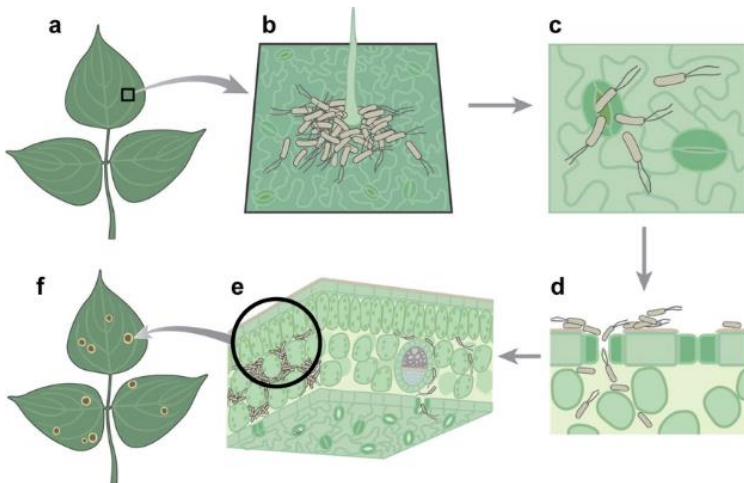
2. **Clostridium**; bersifat anaerobik, membentuk endospora, menyebabkan busuk lunak (*soft rot*), menimbulkan bau yang khas.



Gambar 4.4
Clostridium (Archer, 2017)

3. **Corynebacterium;** bergram positif, berbentuk batang lurus sampai sedikit membengkok berukuran 1,5-4 μm , kadang-kadang mempunyai segmen berwarna dengan bentuk yang tidak menentu, patogenik tanaman mempunyai flagela satu atau dua cambuk polar. Contoh patogen tanaman seperti *Corynebacterium michiganense* menyebabkan kanker pada tomat.
4. **Erwinia;** bergram negatif dan tidak menghasilkan spora, memiliki flagela peritrichous atau tidak memiliki flagela, bersifat anaerob, beberapa *Erwinia* tidak menghasilkan enzim pektik dan menyebabkan nekrosis atau layu dan beberapa mempunyai aktivitas pektolitik dan menyebabkan busuk lunak. Contoh patogen tanaman *Erwinia carotovora* menyebabkan busuk lunak pada beberapa sayuran dan *Erwinia amylovora* menyebabkan hawar api (*fire flight*) pada apel.
5. **Pseudomonas/Ralstonia;** *Pseudomonas* saat ini dikenal sebagai *Ralstonia*, bergram negatif, tidak membentuk spora, beberapa spesies memiliki

beberapa polar flagela atau kadang-kadang tidak berflagela, menghasilkan pigmen fluoresen berwarna hijau kekuningan, menyebabkan penyakit parenkima pada tanaman tetapi beberapa spesies menyebabkan penyakit sistemik dan penyakit yang bersifat hiperplasia. Contoh patogennya *Ralstonia solanacearum* menyebabkan layu bakteri atau busuk cokelat pada tanaman Solanaceae dan tanaman lainnya.



Gambar 4.5 Daur infeksi bakteri patogen *Pseudomonas* (Melloto, 2008)

6. **Streptomyces**; memiliki sifat yang berbeda dengan bakteri lainnya yaitu membentuk miselium dan spora tetapi sifat inti sel dan sifat fisiologi lainnya lebih mirip bakteri, memiliki hifa ramping yang bercabang tanpa sekat dengan diameter 0,5-2 μm , bergram positif, banyak spesies menghasilkan zat warna yang mewarnai miselium dan substratnya, dan menghasilkan antibiotik. Contoh patogen tanaman seperti *Streptomyces scabies* menyebabkan penyakit kudis pada tanaman tomat.
7. **Xanthomonas**; bergram negatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, bergerak dengan satu flagela (monotrichous), menghasilkan pigmen berwarna kuning yang tidak larut dalam air, sebagian besar tumbuh dengan lambat, semua spesies bersifat patogen tanaman dan hanya didapatkan apabila berasosiasi dengan tanaman, menyebabkan penyakit nekrotik atau sistemik. Contoh patogen tanaman seperti *Xanthomonas albineas* menyebabkan penyakit blendok pada daun tebu, *X. citri* menyebabkan kanker pada tanaman

jeruk, dan *X. oryzae* menyebabkan penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

D. Soal Diskusi

1. Jelaskan ciri-ciri khusus bakteri !
2. Apa yang dimaksud bakteri sebagai agen patogenik yang bersifat parasit fakultatif?
3. Berikan contoh genus-genus bakteri yang bersifat patogen pada tanaman dan jelaskan ciri khususnya!
4. Jelaskan beberapa mekanisme bagaimana bakteri menyebabkan penyakit pada tanaman!
5. Sebutkan beberapa penyakit penting pada tanaman yang disebabkan oleh bakteri !

BAB 5

VIRUS PATOGEN TANAMAN

A. Virus Tanaman

Virus tanaman berbeda dengan semua patogen tanaman lainnya. Perbedaannya meliputi ukuran dan bentuk, kesederhanaan susunan kimia dan struktur fisik, metode infeksi, memperbanyak diri, translokasi dalam inang, penyebaran dan gejala yang ditimbulkan. Virus tanaman bervariasi dalam bentuk dan ukuran yang dikelompokkan menjadi 2 yaitu bulat (isometrik atau polyhedral) dan memanjang (batang dan benang). Virus polyhedral berdiameter 17-60 nm, sedangkan virus batang dan benang memiliki panjang 130-300 nm bahkan ada yang mencapai 3000 nm.

Virus memperbanyak diri dengan merangsang sel inang untuk membentuk lebih banyak virus. Virus menyebabkan penyakit dengan menggunakan substansi sel, mengisi ruang dalam sel, dan mengganggu komponen dan proses seluler sehingga tidak membunuh inangnya

secara langsung. Gangguan lebih lanjut dapat mengacaukan proses metabolisme sel dan menimbulkan perkembangan dengan kondisi dan substansi sel abnormal yang mengganggu fungsi dan kehidupan sel dan organismenya.

Virus tanaman cukup besar pengaruhnya terhadap produksi pangan di daerah tropis. Virus genus seperti Begomovirus, Potyvirus, Tospovirus, and Cucumovirus telah menginfeksi banyak tanaman pangan petani di negara-negara tropis, bahkan dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai 100%. Sebagai contoh beberapa Begomovirus yang di transmisi oleh kutu putih (*whiteflies*) di Afrika, Asia dan Amerika Latin serta wilayah Caribbean.

Penyakit Virus dan viroid menginfeksi banyak tanaman sayuran atau tanaman semusim seperti tomat, cabai dan Cucurbitaceae. Jika penyebaran virus cepat dan infeksi yang meluas dalam dalam beberapa minggu atau bulan maka kehilangan tanaman akan semakin besar. Beberapa tanaman sayuran dan tanaman tahunan seperti tanaman buah-buahan yang diperbanyak secara vegetati fseperti kentang, jeruk, apel adalah rentan terhadap

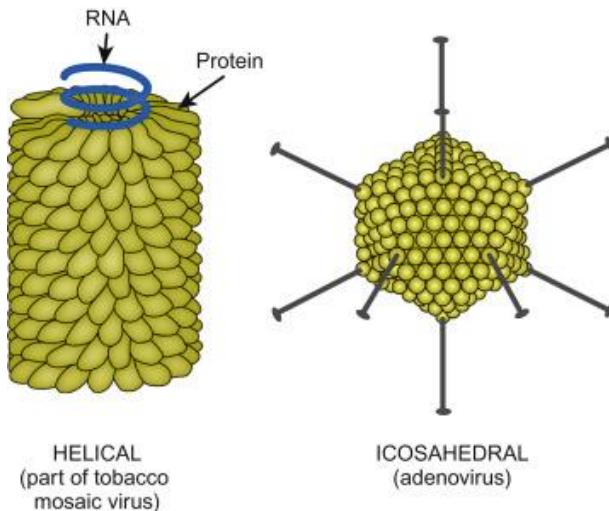
infeksi virus, khususnya ketika proses perbanyakan tanaman tersebut.

Virus tanaman adalah penyebab penyakit yang menular, intraseluler, obligat patogen dan berukuran sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mikroskop cahaya, virus tersebut dapat menyebabkan kematian pada tanaman inang yang diinfeksi. Secara sederhana konstruksi virus disusun oleh asam nukleat baik berupa RNA saja atau DNA saja, tidak keduanya yang diselubungi oleh selubung protein (Sastry 2013). Konstruksi morfologi virus tanaman adalah selubung protein mengelilingi atau melindungi asam nukleat yang juga sebagai genom virus itu sendiri. Seperti halnya organisme lainnya, genom virus tersebut adalah membawa informasi genetic, biasanya empat atau lebih protein.

Semua virus tanaman adalah parasit obligat dan bergantung pada mesin seluler inang yang diinfeksi untuk bereplikasi atau memperbanyak diri di dalam inangnya. Virus tanaman tidak dapat hidup di luar sel inang. Dan semua tingkatan organisme termasuk hewan, tanaman, fungi, bakteri dapat menjadi inang bagi virus. Virus

tanaman bertanggung jawab menyebabkan penyakit atau menyebabkan kehilangan hasil, kuantitas, kualitas berbagai tanaman di muka bumi ini.

Beberapa jenis virus diantaranya memiliki lebih dari satu asam nukleat dan mengandung senyawa kimia tambahan seperti poliamina atau lipid. Asam nukleat dalam tubuh virus dapat mencapai 5-40% dan sisanya protein yang berkisar 60-90%. Virus berbentuk batang memiliki persentase asam nukleat paling rendah dan protein paling tinggi sedang virus sferikal (benang) memiliki persentase asam nukleat paling tinggi dan protein paling rendah.



Gambar 5.1 Contoh beberapa morfologi dari virus (Clark dan Pazdernik, 2013)

Virus tanaman adalah ultramikroskopik dan mempunyai genom berupa asam ribonukleat (RNA) atau deoksiribonukleat (DNA). Asam nukleat dapat beruntai tunggal-single stranded (ss) atau beruntai ganda-double stranded (ds) dalam bentuk yang linier atau sirkular. Setiap virus tanaman paling tidak memiliki asam nukleat dan selubung protein. Beberapa virus tanaman memiliki lebih dari satu ukuran asam nukleat dan protein, dan juga dapat memiliki enzim dan membrane lipid. Umumnya virus tanaman adalah positif untai tunggal RNA (ssRNA), Contoh +ssRNA adalah Bromoviridae, Secoviridae, Tymoviridae, Tombusviridae, dan Potyviridae. Virus dengan negative (-ssRNA) adalah Bunyaviridae, Ophioviridae dan Rhabdoviridae, Reoviridae, Partitiviridae, Endornaviridae adalah family yang memiliki genom untai ganda-*doublestranded* (dsRNA). Hanya ada satu famili virus tanaman yang memiliki genom dsDNA yaitu famili Caulimoviridae atau biasa disebut pararetroviruses, yang replikasi atau perbanyakannya

melibatkan sebuah RNA intermediat. Genom ssDNA yang cukup penting dan merugikan secara ekonomi adalah family Geminiviridae dan juga Nanoviridae. Virus tersebut memiliki genom ssDNA dan mempunyai fase dsDNA intermediat di dalam siklus hidupnya.

Pada dasarnya virus dikelompokkan dalam 4 kelompok besar, 2 kelompok besar berdasarkan asam nukleat yang dikandungnya yaitu Virus DNA (*deoxyribonucleid acid*) dan Virus RNA (*ribo-nucleid acid*). Dua kelompok lainnya terdiri dari Virus *unassigned* dan kelompok satelit virus dan Viroid. Kelompok virus RNA memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan kelompok lainnya. Kelompok virus RNA dibagi dalam 3 kelompok yaitu Virus ssRNA, Virus ssRNA negatif dan Virus dsRNA. Beberapa contoh virus yang berperan sebagai patogen tanaman adalah sebagai berikut:

1. *Rice tungro bacilliform virus* (RTBV) sebagai virus yang menyebabkan penyakit tungro pada tanaman padi.
2. *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) menyebabkan penyakit kuning keriting pada tanaman tomat.

3. *Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)* atau Virus Gemini menyebabkan penyakit kuning pada tanaman cabai.
4. *Cucumber mosaic virus (CMV)* menyebabkan penyakit mosaik pada tanaman metimun dan berbagai jenis tanaman lain.
5. *Potato virus Y (PVY)* menyebabkan penyakit bercak cincin nekrotik atau *potato tuber necrotic ringspot disease (PTNRD)* pada tanaman kentang.
6. *Banana Bunchy Top Virus (BBTV)* menyebabkan kerdil pada tanaman pisang.

Virus secara fundamental berbeda dengan patogen lainnya, virus adalah non seluler-bukan sebuah sel seperti sel bakteri, atau kumpulan sel membentuk jaringan atau organ seperti pada patogen fungi atau nematoda. Bakteri, fungi, nematoda memperbanyak diri melalui proses pembelahan sel atau inti sel, atau fusi dua inti sel untuk memperbanyak diri. Partikel virus yang dewasa-(asam nukleat dan selubung protein hasil replikasi) biasanya dalam kondisi dorman. Virus tersebut akan hidup-aktif atau bereplikasi hanya di dalam sel-sel yang diinfeksi.

Dengan kata lain, virus adalah parasit obligat dan tidak dapat dikulturkan pada media tumbuh yang cocok untuk bakteri atau fungi.

Semua virus tidak memiliki sistem sintesis protein dan bagian-bagian yang memproduksi energi. Karena telah menjadi aturan bahwa partikel virus tanaman ketika berada di luar inang yang diinfeksi adalah immobile-tidak dapat berpindah. Virus sepenuhnya bergantung pada organisme lain seperti arthropoda, nematoda, fungi) atau faktor lingkungan-air untuk penyebarannya. Kestabilan virus tanaman di luar sel inangnya bervariasi. Sebagai contoh TMV (*Tobacco mosaic virus*) tetap stabil selama beberapa bulan atau beberapa tahun, sebaliknya TSWV (*Tomato spotted wilt virus*) hanya beberapa jam.

B. Viroid

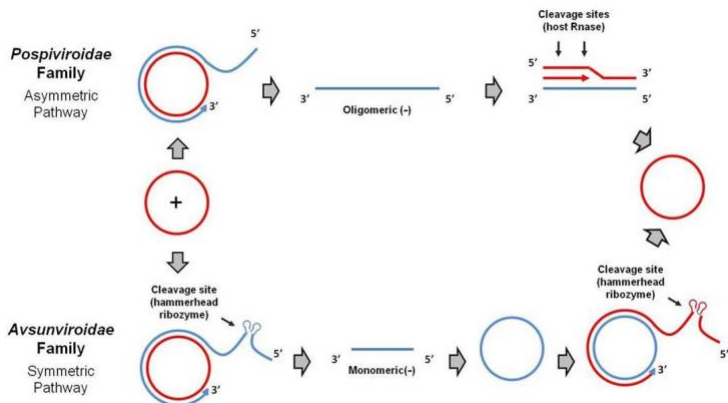
Viroid salah satu sub-viral agen adalah kelompok penyebab penyakit yang mirip dengan virus, saat ini dikenal dengan nama Viroid. Viroid adalah sirkular, untai tunggal, non-coding RNAs yang mampu menginfeksi

dan terbatas pada Kingdom Tumbuhan. Viroid dianggap sebagai patogen tanaman terkecil yang hanya terdiri dari molekul RNA (asam ribonukleat) melingkar yang sangat kecil dengan ukuran yang berkisar dari 246 hingga 401 nukleotida (10 kali lebih kecil dari sebagian besar genom virus tanaman terkecil yang diketahui) dan tidak memiliki selubung protein.

Viroid tidak mengkodekan protein dan berbeda dari virus, viroid tidak memiliki lapisan protein (selubung protein yang mengelilingi dan melindungi asam nukleat virus), yang sepenuhnya bergantung pada transkripsi sel inang untuk memenuhi tahapan siklus infeksi yang berbeda.

Viroid disebut "*Subviral Agents*" oleh *International Tax Taxonomy Committee* (ITTC) dan menurut sifat biologis dan molekulernya viroid diklasifikasikan menjadi dua famili yaitu *pospoviroidae* (bereplikasi di dalam nukleus) dan *avsunviroidae* (bereplikasi di dalam kloroplas). Keluarga *pospiviroidae* memiliki daerah yang dikonservasi dalam molekul RNA yang disebut CCR dan tidak memiliki ribozim (struktur dengan urutan spesifik

dari molekul RNA yang memungkinkan pemotongan sendiri). Sebaliknya, viroid yang termasuk dalam keluarga avsunviroid tidak memiliki CCR dan memiliki ribozim yang berhubungan dengan replikasi.



Gambar 5.3 Mekanisme replikasi viroid (Flores, 2009)

Di Indonesia viroid tercatat menyebabkan penyakit terhadap bunga krisan. *Chrysanthemum stunt viroid* (CSVd) merupakan patogen yang terdiri atas asam nukleat (RNA) *circular single stranded* dengan panjang untai 354 atau 356 nukleotida dan memiliki berat molekul RNA yang rendah (Diener & Lawson 1973). CSVd ditularkan melalui perbanyakan stek yang diambil dari tanaman induk yang

terinfeksi, peralatan yang terkontaminasi, adanya tanaman sakit, dan biji (Chung BN & Ha Seung Pak 2008).

C. Soal Diskusi

1. Apa yang dimaksud dengan virus dan jelaskan ciri khususnya !
2. Jelaskan beberapa mekanisme bagaimana virus menyebabkan penyakit pada tanaman !
3. Bagaimana iklim tropis berpengaruh dalam patogenesis virus pada tanaman?
4. Apa yang disebut Virus DNA, RNA, Unassigned, Viroid serta jelaskan ciri khususnya !
5. Jelaskan perbedaan antara Famili Pospiviroidae dan Famili Avsunviroidae !
6. Sebutkan beberapa penyakit penting pada tanaman yang disebabkan oleh virus !

BAB 6

GEJALA PENYAKIT TANAMAN

Gejala penyakit tanaman adalah kelainan atau penyimpangan dari keadaan normal tanaman akibat

adanya gangguan penyebab penyakit dan gejala dapat dilihat dengan kasat mata.

A. Gejala Penyakit Berdasarkan Sifatnya

Berdasarkan sifatnya, ada dua tipe gejala: **a) Gejala lokal**, yaitu gejala yang dicirikan oleh perubahan struktur yang jelas dan terbatas. Biasanya dalam bentuk bercak atau kanker. Gejalanya terbatas pada bagian-bagian tertentu dari tanaman (pada daun, buah, akar). **b) Gejala sistemik**, yaitu kondisi serangan penyakit yang lebih luas, biasanya tidak jelas batas batasnya. Contohnya adalah serangan oleh virus mosaik, belang maupun layu. Gejalanya terdapat di seluruh tubuh tanaman (layu, kerdil) (Fahmi, 2012).

1. Contoh Gejala Lokal Penyakit Pada Tanaman

1.) Penyakit Antraknosa pada Kakao

Salah satu penyakit penting pada tanaman kakao di Indonesia adalah antraknosa yang disebabkan oleh fungi *Colletotrichum gloeosporioides*. *Colletotrichum* umumnya menyerang daun muda, dan pengenalan

penyakit antraknosa dapat dilakukan dengan melihat gejala khusus pada bagian tanaman yang terserang. Serangan ringan pada daun muda akan memperlihatkan gejala bintik-bintik nekrosis berwarna cokelat. Setelah daun berkembang, bintik nekrosis akan menjadi bercak berlubang dengan halo berwarna kuning Gambar 7.1. Pada daun-daun muda yang terserang berat biasanya mudah mengalami kerontokan sehingga menyebabkan ranting gundul dan biasanya diikuti dengan kematian ranting



Gambar 6.1 Gejala penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum sp.*

2.) Antraknosa Pada Tanaman Cabai

Antraknosa disebabkan oleh serangan fungi *Colletrotichum gloesporiodes* yang dapat menimbulkan adanya bercak coklat kehitaman pada permukaan buah. Buah cabai yang terserang oleh penyakit ini akan menjadi lunak dan busuk serta pada bagian tengahnya akan terdapat bercak hitam yang merupakan kelompok Setae. Pada tingkat serangan yang parah buah akan keriput dan kering dan pada akhirnya menjadi rontok.



Gambar 6.2 Gejala penyakit antraknosa pada tanaman cabai

3.) Busuk Phytophthora pada Tanaman Lada

Penyakit Busuk Pangkal Batang pada lada disebabkan oleh fungi *Phytophthora capsici*. Fungi ini dapat menyerang semua bagian tanaman lada. Serangan paling berbahaya dan mematikan tanaman apabila fungi menginfeksi pangkal batang atau akar tanaman. Tanaman yang terserang menunjukkan gejala sebagai berikut :

- Infeksi pada daun menyebabkan gejala bercak coklat pada bagian tengah, atau tepi ujung daun.
- Pangkal batang membusuk, terjadi perubahan warna pada pangkal batang, semula berwarna coklat kekuningan, kemudian coklat kemerahan, coklat kehitaman dan akhirnya berwarna hitam.
- Kulit batang terkelupas dan jaringan kayu akan terlihat coklat kehitaman.
- Serangan pada pangkal batang menyebabkan daun pucuk layu diikuti daun-daun di bawahnya, kemudian gugur atau tetap menggantung.



Gambar 6.3 Gejala penyakit busuk pada tanaman lada yang disebabkan oleh *Phytophthora capsica*

2. Contoh Gejala Sistemik Penyakit Pada Tanaman

1.) Layu Bakteri Pada Tanaman Tomat

Penyakit layu bakteri di sebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. *R. solanacearum* menginfeksi inangnya melalui akar sejak dilakukan pindah tanam. Selain itu bakteri ini juga bisa menginfeksi tanaman melalui luka yang terdapat pada tanaman yang disebabkan oleh nematoda, siput dan serangga hama lainnya.



Gambar 6.4 Gejala penyakit layu bakteri pada Tanaman Tomat

Gejala awal yang ditunjukkan oleh serangan bakteri ini adalah layu pada daun tanaman. Daun-daun muda akan layu hingga ke ujung percabangan pada waktu cuaca panas, kemudian akan terlihat segar pada malam hari ketika cuaca sedang dingin. Serangan parahnya adalah seluruh bagian tanaman akan layu dengan cepat dan mengering dengan warna tanaman tetap hijau.

1. Layu Fusarium Pada Tanaman Cabai

Penyakit layu pada tanaman cabai bisa disebabkan

oleh serangan fungi ataupun bakteri. Layu yang disebabkan oleh fungi disebut layu Fusarium yang biasanya disebabkan oleh fungi *Fusarium oxysporum*. Fungi ini hidup di lingkungan yang masam. Sedangkan layu bakteri disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum* yang biasa hidup dan berkembang pada jaringan batang tanaman.

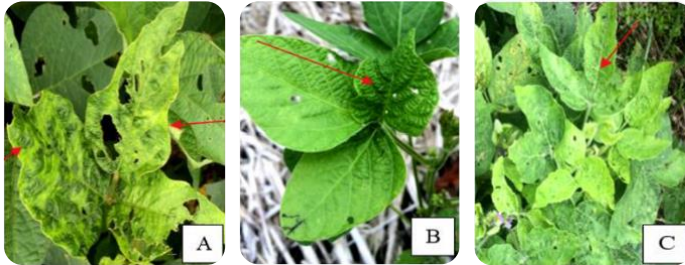


Gambar 6.5 Gejala penyakit layu fusarium pada Tanaman Cabai

Serangan penyakit layu menyebabkan tanaman akan mengalami kelayuan mulai dari bawah tanaman hingga menjalar ke atas ke ranting muda. Warna jaringan xylem pada batang dan akar akan menjadi coklat.

2.) *Soybean mosaic virus, SMV*

Soybean mosaic virus (SMV) merupakan salah satu virus yang paling sering muncul dan berbahaya diantara 67 virus yang ada pada tanaman kedelai. Virus ini ditularkan oleh aphid secara non-persisten dan terbawa oleh benih. Gejala SMV antara lain: permukaan daun tidak rata, daun mengecil, tepi daun melengkung, tulang daun menebal, klorosis, mosaik sampai ke daun yang paling muda dengan warna hijau gelap di sepanjang tulang daun, daun melepuh dengan warna hijau tua dan melengkung ke dalam dan ke luar, pemucatan tulang daun, dan mosaik sepanjang tulang daun. SMV juga dapat terbawa sampai ke biji, menyebabkan biji berwarna belang coklat berbentuk radial. SMV dapat menyebabkan kehilangan hasil antara 35–100% dalam kondisi infeksi alami tergantung dari strain virus, ketahanan genotipe, dan waktu infeksi.



Gambar 6.6 Daun tanaman kedelai yang terinfeksi virus. (A) daun melepuh, mosaic dan klorosis, (B) vein banding dan malformasi daun, (C) tulang daun mengerut dan terjadi pengkerdilan

B. Gejala Penyakit Berdasarkan Bentuknya

Berdasarkan bentuknya gejala penyakit tanaman dibagi menjadi dua, yaitu: a). Gejala Morfologi: gejala luar yang dapat dilihat dan dapat diketahui melalui bau, rasa, raba dan dapat ditunjukkan oleh seluruh tanaman atau tiap organ dari dari tanaman. Gejala morfologi meliputi nekrosis, hipoplasia dan hiperplasia. b). Gejala Histologi: gejala yang hanya dapat diketahui lewat pemeriksaan-pemeriksaan mikroskopis dari jaringan yang sakit. (Fahmi, 2012).

1. Contoh Gejala Morfologi Penyakit Pada Tanaman

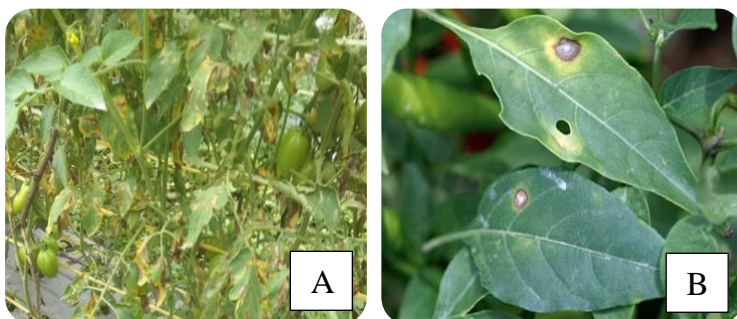
1.) Nekrosis

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

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

Bercak (**spot**) adalah gejala pada daun ataupun buah yang berupa nekrosis terbatas, berwarna abu-abu atau kecoklat-coklatan dengan batas yang biasanya gelap.

Nekrosis yang terjadi pada sepanjang batang dan tulang daun disebut jalur (**streak**), sedangkan nekrosis yang terjadi pada jaringan lamina diantara tulang-tulang daun gramineae disebut garis (**stripe**). Nekrosis yang meluas secara cepat meliputi hampir seluruh daun disebut hawar daun (**leaf blight**). Gugur buah disebabkan oleh terjadinya nekrosis yang meluas sehingga buah rontok sebelum waktunya.



Gambar 6,7 (A) Daun tomat mongering dan rusak akibat nekrosis, (B) Bercak daun cabai akibat Nekrosis

Bercak daun atau biasa disebut dengan *Frog Eyes* disebabkan oleh serangan fungi *Cescospora capsici*. Serangan fungi ini berkembang pesat pada saat musim hujan, sehingga perlu adanya pengaturan jarak tanam yang lebih lebar untuk mengatur kelembabannya. Gejala

yang timbul jika tanaman cabai terserang oleh fungi ini adalah munculnya bercak kecil berbentuk bulat pada daun, dengan warna coklat muda pada intinya dan warna coklat tua pada bagian luar lingkarannya. Bercak yang semula kecil ini akan berkembang merata hingga daun menjadi kering dan rontok.

2.) Hipoplasis

Hipoplasis merupakan kegagalan organ tanaman untuk berkembang penuh. Contoh yang umum adalah kerdil, bulai dan klorosis. Mosaik adalah gejala belang-belang hijau dan kuning pada daun. Adalah gejala yang disebabkan karena terhambat atau terhentinya pertanaman sel, gejala ini terbagi menjadi berikut:

- Kerdil atau tumbuh terhambat pertanaman bagian-bagian tanaman, sehingga ukurannya lebih kecil daripada biasanya. Contoh Penyakit Tanaman Kerdil, Serangan hama wereng tersebut juga diikuti oleh serangan virus tanaman padi yang ditularkannya, sehingga kerusakan yang ditimbulkan menjadi berlipat-lipat. Diantara virus pada padi, virus kerdil hampa *rice ragged stunt virus*

(RRSV) dan virus kerdil rumput *rice grassy stunt virus* (RGSV) merupakan virus penting yang menyebabkan penyakit padi.



Gambar 6.8 Penyakit Kerdil pada Tanaman Padi

- Klorosis, yaitu rusaknya kloroplas menyebabkan menguningnya bagian-bagian yang lazimnya berwarna hijau. Contoh Penyakit Tanaman Yang Mengalami Klorosis Bulai (*Peronosclespora maydis*) Penyakit yang sering terjadi pada tanaman jagung adalah penyakit bulai atau *downy mildew* yang disebabkan oleh *P. maydis* (Rac.) Shaw. Gejala akibat patogen ini pada permukaan daun terdapat

garis-garis berwarna putih sampai kuning diikuti dengan garis-garis klorotik sampai coklat Tanaman yang terinfeksi pada waktu masih sangat muda biasanya tidak membentuk buah. Bila infeksi terjadi pada tanaman yang sudah tua, tanaman dapat tumbuh terus dan membentuk buah (Semangun 2004).



Gambar 6.9 Penyakit Bulai jagung, contoh penyakit yang mengalami klorosis

- Etiolasi, gejala ini ditunjukkan dengan tanaman yang menjadi pucat, tumbuh memanjang dan mempunyai daun-daun yang sempit.



Gambar 6.10 Tanaman yang Mengalami Etiolasi

3.) Hiperplasis,

Ini disebabkan karena adanya pertanaman sel yang lebih dari biasanya (*over development*). Gejala hiperplastik terbagi sebagai berikut:

- Menggulung atau mengeriting, yaitu gejala gulung daun (leaf roll) atau gejala mengeriting (curling) yang disebabkan karena pertanaman yang tidak seimbang dari bagian-bagian daun.
- Rontok, peristiwa ini dianggap sebagai gejala penyakit jika terjadi sebelum waktunya (prematuur) dan dalam jumlah yang lebih banyak dari biasanya.

- Perubahan warna, yaitu perubahan warna yang bukan klorosis misalnya daun yang sakit berubah warna menjadi keunguan karena membentuk antosianin. (Fahmi, 2012).

C. Soal Diskusi

1. Apa perbedaan gejala sistemik antara penyakit layu yang disebabkan oleh jamur dengan penyakit layu yang disebabkan oleh bakteri ?
2. Jelaskan tahapan-tahapan mendiagnosis penyakit pada tanaman !
3. Apa yang dimaksud dengan Gejala local dan Sistemik serta jelaskan perbedaannya !
4. Jelaskan ciri khusus penyakit yang disebabkan oleh jamur !
5. Jelaskan ciri khusus penyakit yang disebabkan oleh bakteri !
6. Jelaskan ciri khusus penyakit yang disebabkan oleh virus !
7. Jelaskan perbedaan gejala yang timbul pada tanaman yang sakit karena terserang patogen

dengan tanaman yang sakit karena kekurangan unsur hara !

BAB 7

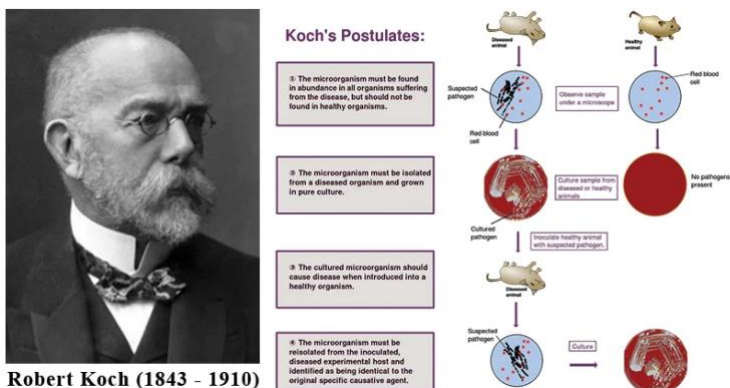
CARA MEMPELAJARI PENYAKIT TANAMAN

Setiap tanaman sakit menunjukkan prinsip-prinsip yang berlaku pada Ilmu Penyakit Tanaman. Dengan demikian pendekatan untuk memahami penyakit tanaman tertentu ialah dengan mempelajari penyakit itu sendiri (penyebabnya), epidemiologi dan sekaligus pencegahannya. Disamping itu perlu juga diketahui sejarah penyakit tersebut, daerah penyebarannya, kepentingan ekonominya dan gejalanya, petogennya penyebar dan sebagainya.

Dalam hubungan ini penting diketahui pembuktian penyebab penyakitnya. Pada dasarnya setiap patogen harus selalu berasosiasi dengan tanaman sakit. Tetapi tidak selalu jasad hidup yang ditemukan pada bagian tanaman sakit merupakan penyebab utamanya. Untuk pembuktian penyebab penyakit tanaman telah diadakan ketentuan-ketentuan yang dikenal sebagai *Postulat Koch* yaitu:

1. Penyebab penyakit harus selalu berasosiasi dengan tanaman sakit.
2. Patogen harus dapat diisolasi dalam biakan murni pada media buatan dan ciri-cirinya dapat dipelajari.

3. Bila patogen dari kultur murni diinokulasikan pada tanaman sehat yang sama spesies atau varietasnya, harus menimbulkan gejala tanaman sakit yang sama.
4. Patogen harus dapat diisolasi dalam biakan murni lagi dengan ciri-ciri yang sama seperti pada ketentuan no.2



Gambar 7.1 Robert Koch dan Postulat Koch (Aryal, 2022)

Pembuktian penyebab penyakit dengan *Postulat Koch* tidak saja terbatas untuk patogen yang bersifat fakultatif atau saprofit fakultatif tetapi dapat pula berlaku untuk parasit obligat. Untuk keperluan tersebut tidak

dipergunakan media buatan, tetapi memakai tanaman hidup yang peka untuk media biakan.

Untuk identifikasi patogen virus tanaman dapat dilakukan sebagai berikut: bila suatu tanaman sakit dicurigai disebabkan oleh virus penyakit ditularkan ketanaman sehat yang sama spesies atau varietasnya dan menghasilkan gejala sakit. Identifikasi selanjutnya dengan menginokulasikan pada inang diferensial sebagai indikator dan amenghasilkan gejala khas pada tanaman indikator tersebut. identitas dari virus yang belum diketahui dideterminasi dengan membandingkan gejala-gejala pada tanaman indikator dengan indikator yang sama oleh virus yang telah diketahui. Identifikasi yang lain adalah dengan uji serologi.

Kesalahan dalam identifikasi penyebab penyakit menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan pengendalian baik pemilihan teknik pengendalian maupun efektivitas dan efisiensinya. Kesalahan tersebut dapat diminimalisir dengan meningkatkan keakuratan dalam mendiagnosis penyebab penyakit. Diagnosis penyebab penyakit merupakan tahapan paling penting

dalam pengelolaan penyakit tanaman. Dalam melakukan diagnosis yang akurat diperlukan pengetahuan, keterampilan dan pengalaman. Pengetahuan, keterampilan tersebut seharusnya diperbaharui seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin cepat. Telah banyak metode-metode terbaru untuk mengidentifikasi penyebab penyakit. Meskipun demikian tahapan-tahapan identifikasi patogen memiliki standar yang masih dapat digunakan untuk dapat membantu diagnosis yang benar. Penyebab penyakit dapat dipilah berdasarkan penyebab penyakit karena faktor biotik dan abiotik

Postulat Koch dapat digunakan untuk membuktikan apakah patogen yang diduga menjadi penyebab primer bukan sebagai penyebab sekunder. Postulat Koch hendaknya dilakukan kalau memang sangat diperlukan misalnya penyakit tersebut merupakan penyakit yang baru, kegiatan penelitian pendahuluan atau kegiatan ilmiah lainnya. Penelitian dan kegiatan ilmiah lainnya membutuhkan suatu isolat yang terverifikasi dengan baik sehingga postulat tersebut penting untuk dilakukan.

A. Diagnosis Penyebab Penyakit

Diagnosis penyebab penyakit tanaman dilakukan dengan mengidentifikasi suatu penyakit tanaman melalui gejala dan tanda penyakit yang khas. Faktor-faktor yang berhubungan dengan proses pembentukan penyakit tanaman juga penting dalam melakukan diagnosis. Diagnosis yang akurat dan efektif juga memerlukan pengetahuan yang cukup tentang pertanaman, fase vegetatif, fase generatif atau reproduksi dan berbagai faktor yang dapat yang mempengaruhi tanaman.

Pengetahuan tentang pertanaman dan produksi tanaman diperlukan untuk memastikan bahwa kerusakan yang terjadi bukan disebabkan oleh faktor budidaya tanaman yang salah. Berbagai tahapan budidaya tanaman berpotensi menjadi penyebab gejala kerusakan pada tanaman. Kekurangan unsur hara dan air dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman. Pemberian pupuk kimia yang berlebihan akan menyebabkan menyebabkan kerusakan pada tanaman atau muncul gejala fitotoksik.

Tanaman seperti tersiram oleh panas, sehingga jika dilihat sepiantas seperti terinfeksi karena faktor biotik-patogen. Penyemprotan pestisida yang tidak tepat juga dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman. Kerusakan-kerusakan tersebut akan menyulitkan dalam diagnosis karena gejala hampir sama dengan kerusakan akibat patogen.

Pengetahuan tentang berbagai masalah yang mempengaruhi tanaman akan memudahkan dalam diagnosis penyebab penyakit tanaman. Pengalaman tentang berbagai permasalahan tersebut mempercepat dalam memutuskan penyebab gejala kerusakan pada tanaman. Pengalaman meliputi berbagai deskripsi masalah yang dihadapi tanaman seperti hama, lingkungan yang tidak mendukung dan penyakit. Pendiagnosis pemula atau kurang berpengalaman tidak mengambil keputusan dengan cepat tentang penyebab penyakit di lapangan sebelum memastikan dengan berbagai pertimbangan pustaka atau uji laboratorium.

Diagnosis penyakit sangat mungkin dilakukan dengan membandingkan bentuk gejala kerusakan dan

tanda-tanda penyakit yang di lapangan dengan berbagai pustaka. Sebagian besar penyakit tanaman telah dideskripsikan dalam berbagai pustaka. Namun demikian, kadang diperlukan tahapan isolasi dan identifikasi di laboratorium untuk memperoleh diagnosis yang lengkap dan akurat. Dalam diagnosis penyakit tanaman dapat mengikuti tahapan-tahapan dalam proses diagnosis penyakit tanaman yang meliputi pengamatan, hipotesis, analisis dan penerimaan/revisi hipotesis.

1. Pengamatan

Pengamatan memerlukan pengalaman yang cukup di lapangan untuk memperoleh hasil yang memuaskan. Dalam pengamatan ini dipusatkan pada tiga bagian yaitu

- a. Pengamatan gejala kerusakan tanaman
- b. Pengamatan tanda-tanda patogen
- c. Pengamatan distribusi gejala

Gejala kerusakan tanaman dapat membantu dalam proses diagnosis. Pengamatan gejala terutama ditujukan pada gejala yang tampak. Letak gejala pada tanaman

dapat menjadi kunci diagnosis. Bagian tanaman yang terinfeksi akan menunjukkan gejala tersebut bersifat lokal atau sistemik. Untuk penyakit yang menimbulkan gejala bermacam-macam, pengenalan perbedaan gejala yang tampak menjadi hal penting. Pengamatan yang menyeluruh pada tanaman yang sakit dengan mencatat gejala-gejala yang berbeda-beda sehingga dapat diputuskan gejala tersebut disebabkan oleh patogen bersifat sistemik atau lokal.

Tanda-tanda penyakit adalah struktur dari suatu patogen yang berasosiasi dengan tanaman terinfeksi. Struktur patogen yang ditemukan dalam jaringan tanaman yang terinfeksi akan memudahkan proses diagnosis. Beberapa struktur dari tanda-tanda adanya patogen tersebut dapat dilihat dan dibedakan secara makroskopis atau mikroskopis, atau dengan kaca pembesar atau tanpa menggunakan kaca pembesar. Beberapa contoh tanda penyakit misalnya miselium, spora, tubuh buah, sklerotium, sel/lender bakteri, telur/larva nematoda, berbagai fase tanaman parasite.

Massa miselium pada pangkal batang tanaman menjadi salah satu tanda bahwa tanaman tersebut diinfeksi oleh fungi. Serangga vektor di sekitar tanaman menjadi salah satu tanda bahwa ada agen penyebaran penyakit yang disebabkan oleh virus.

Pengamatan terhadap penyebaran penyakit dalam individu tanaman dan antara tanaman dalam populasi dapat membantu dalam diagnosis. Gejala yang tampak pada seluruh bagian tanaman mengindikasikan adanya gangguan pada akar, batang bawah, jaringan xilem atau kondisi tanah yang tidak mendukung pertanaman tanaman. Gejala tersebut berbeda dengan gejala lokal yang mengindikasikan gangguannya terletak pada letak gejala tersebut. Penyebaran gejala pada populasi tanaman di lapangan seringkali menunjukkan pola tertentu yang dapat digunakan sebagai bagian penting diagnosis. Penyebaran penyakit terjadi secara acak atau secara beraturan.

2. Hipotesis

Hipotesis dibuat berdasarkan hasil pengamatan berupa dugaan diagnosis yang bersifat sementara. Hipotesis seringkali dibuat dalam dua tingkatan yaitu (1) berdasarkan sifat umum dari persoalan yang dihadapi dan (2) berdasarkan penyebab yang khusus dari gejala yang ada. Sebagai contoh penyakit layu fusarium pada tanaman tomat yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. Hipotesis umum dari penyakit tersebut bahwa layu disebabkan oleh infeksi pada jaringan pembuluh sehingga menghambat penyerapan air dan unsur hara. Hipotesis khususnya bahwa penghambatan tersebut terjadi karena kerusakan xilem pada tanaman tomat yang disebabkan oleh *F. Oxysporum*.

3. Analisis

Proses analisis dilakukan dari hasil pengamatan di lapangan. Data yang diperoleh menjadi dasar untuk memutuskan apakah hipotesis harus direvisi atau dapat diterima. Dalam analisis diperlukan berbagai pengetahuan dan pendekatan tentang perubahan atau kerusakan pada tanamannya. Sebagai contoh adalah

kejadian diagnosis pada tanaman tomat di atas. Pola penyebaran tanaman sakit tidak beraturan dan tidak berpusat pada satu titik saja. Gejalanya beberapa tanaman mengalami kematian daun terbawah, beberapa daun merunduk dan terkulai, beberapa daun mengalami nekrosis di tepi daunnya. Berbagai gambaran tentang gejala tersebut maka kemungkinan masalahnya adalah kekurangan air, fitotoksik bahan kimia, polutan udara, pembusukan akar, serangga penggerek batang dan infeksi pada xilem.

Dari beberapa kemungkinan tersebut kemudian mulai ditarik kesimpulan yang paling memungkinkan menjadi penyebab penyakit pada tanaman. Dengan melihat pola distribusi tanaman sakit pada kasus tersebut, kemungkinan besarnya berkaitan dengan pembusukan pada akar, serangga penggerek batang, dan infeksi xilem. Untuk membuktikan pembusukan pada akar tanaman maka beberapa tanaman yang sakit harus digali untuk dibandingkan perakarannya dengan perakaran tanaman sehat. Kalau perakaran dari tanaman yang sakit hampir

sama dengan perakaran yang sehat maka kemungkinan pembusukan akar ditolak.

Kemungkinan selanjutnya maka kemungkinan besar permasalahannya berada pada batang. Beberapa tanaman sakit harus dibongkar dibatang untuk melihat apakah ada serangga/bekas gerakan serangga atau ada infeksi pada jaringan xilemnya. Jika tidak terdapat serangga atau bekas gerakan maka harus membandingkan jaringan xilem tanaman sakit dengan tanaman sehat. Infeksi pada jaringan xilem menyebabkan perubahan warna pada xilem tanaman yang sakit. Apabila xilem tanaman tersebut berwarna coklat pucat maka hipotesis sementara menyatakan bahwa gejala kerusakan disebabkan infeksi pada xilem.

Penyebab infeksi xilem pada tanaman tomat terdapat beberapa kemungkinan penyebab penyakit tanaman. Infeksi xilem dapat dilakukan oleh beberapa patogen penyebab layu vaskuler yaitu fungi *Verticillium* sp., *F. Oxysporum* atau bakteri *Pseudomonas solanacearum*. Identifikasi lebih lanjut perlu dilakukan dengan mengikuti kaidah Postulat Koch yang memerlukan

isolasi dan pengamatan mikroskopis. Informasi lain dapat dijadikan acuan untuk mengarahkan pada hipotesis misalnya sejarah lahan.

4. Pengambilan Keputusan

Penerimaan atau penolakan hipotesis berdasarkan analisis dan serangkaian uji yang dilakukan. Dari contoh kerusakan tanaman tomat di atas, beberapa kemungkinan tertolak setelah melakukan analisa terhadap kerusakan tanaman tersebut. Akhirnya memperoleh satu kesimpulan bahwa gejala kerusakan tanaman disebabkan oleh fungi *F. xysporum* yang menginfeksi jaringan xilem tanaman tomat. Pendekatan yang sistematis dapat digunakan untuk mengungkap permasalahan kesehatan tanaman tetapi pemahaman tentang patogennya sangat dibutuhkan.

A. Gejala Penyakit Tanaman

Gejala (*symptom*) merupakan perubahan yang ditunjukkan oleh tanaman akibat adanya penyebab penyakit. Keadaan dari penyakit dan manifestasi dari

reaksi fisiologis tanaman terhadap aktivitas yang merugikan dari agen penyebabnya direspon dengan gejala. Suatu penyakit dapat menimbulkan gejala yang berbeda atau sama dari tanaman-tanaman yang berbeda. Gejala yang ditunjukkan oleh tanaman akan sangat sulit dipisahkan apabila beberapa patogen secara bersama-sama menyerang satu tanaman. Pengetahuan tentang gejala penyakit sangat penting untuk mendiagnosis dan mengidentifikasi penyebab penyakit. Gejala tanaman sakit dapat dikelompokkan berdasarkan sifat gejala, pengaruh langsung dan tidak langsung, ukuran gejala, morfologis dan anatomis.

Berdasarkan sifat gejala yang ditimbulkan, gejala tanaman yang sakit dibagi menjadi:

1. Gejala lokal (*local symptoms*) merupakan gejala yang timbul terbatas pada bagian-bagian tanaman tertentu saja misalnya nekrotik pada daun, buah, batang atau akar.
2. Gejala sistemik (*systemic symptoms*) merupakan gejala yang timbul pada seluruh bagian tanaman misalnya *mottle*, mosaik dan layu.

Berdasarkan pengaruh langsung dan tidak langsung, gejala tanaman sakit dibagi menjadi:

1. Gejala primer (*primary symptoms*) merupakan gejala yang timbul langsung dan terletak pada jaringan tanaman yang terinfeksi oleh penyebab penyakit.
2. Gejala sekunder (*secondary symptoms*) merupakan gejala yang timbul pada jaringan yang tidak terinfeksi penyebab penyakit tetapi secara tidak langsung sebagai akibat adanya penyebab penyakit di dalam tanaman.

Berdasarkan ukurannya, gejala tanaman sakit dibagi menjadi:

1. Gejala mikroskopis (*microscopic symptoms*) merupakan gejala suatu penyakit tanaman yang hanya dapat dilihat bila menggunakan mikroskop.
2. Gejala makroskopis (*macroscopic symptoms*) merupakan gejala suatu penyakit yang dapat dilihat dengan mata telanjang atau tanpa bantuan mikroskop.

Berdasarkan morfologi dan anatomi gejala penyakit tanaman dapat dibedakan menjadi:

1. Gejala hiperplasia merupakan gejala yang disebabkan oleh pertanaman sel yang melebihi ukuran biasa (*overdevelopment*). Gejala ini meliputi:
 - a. Kriting (*curl*) adalah gejala melingkarnya tunas atau penggulangan daun sebagai akibat pertanaman sebagai akibat dari pertanaman satu sisi organ tersebut.
 - b. Kudis (*scab*) adalah gejala yang disebabkan oleh pertanaman yang berlebihan dari epidermis dan jaringan kortek yang diikuti dengan pecahnya dinding sel dan suberisasi.
 - c. Intumesensi adalah suatu cacar yang disebabkan oleh pembengkakan lokal sel-sel epidermis dan subepidermis karena akumulasi air yang berlebihan.
 - d. Tumefaksi (*tumefacion*) adalah penumpukan bahan makanan yang berlebihan di bagian tanaman sehingga menimbulkan

pembengkakan. Tumefaksi yang umum terjadi adalah puru (*galls*), bintil (*knots*) dan kutil (*warts*).

e. Fasikulasi (*fasciculation*) adalah bentuk pertanaman yang menyimpang suatu organ.

f. Proliferasi adalah perkembangan berlanjut dari suatu organ setelah organ tersebut mencapai stadia yang secara normal telah berhenti berkembang.

2. Gejala Hipoplasia merupakan gejala yang disebabkan oleh hambatan atau terhentinya pertanaman sel (*underdevelopment*). Gejala ini meliputi:

a. Kerdil adalah kegagalan tanaman untuk mencapai ukuran penuh.

b. Rosetting adalah gejala yang ditunjukkan dengan memendeknya internoda dari tangkai atau cabang sehingga daun tumbuh menggerombol seperti susunan mahkota bunga mawar.

- c. Ablikasi (*ablication*) adalah terhambatnya atau kegagalan pembentukan warna pada seluruh organ tanaman.
 - d. Khlorosis adalah menguningnya sebagian jaringan tanaman yang disebabkan oleh patogen.
 - e. Mosaik adalah gejala belang antara areal hijau dan kuning pada daun secara tak beraturan.
3. Etiolasi adalah gejala hipoplasia yang kompleks karena kekurangan cahaya matahari dan merupakan kombinasi antara pengerdilan, khlorosis dan pemanjangan yang sel yang berlebihan.
 4. Kekeringan atau layu merupakan gejala dengan ciri gugurnya daun yang diikuti keringnya batang dan tunas.
 5. Nekrosis merupakan gejala penyakit yang ditandai dengan degenerasi protoplas lalu diikuti dengan matinya sel, jaringan, organ dan seluruh tanaman. Gejala ini meliputi:
 - a. Bercak adalah gejala nekrotik yang bersifat lokal area yang berbentuk bulat tidak beraturan atau lonjong.

- b. Hawar (*blight*) adalah kematian yang cepat dari seluruh anggota tubuh tanaman atau bagian luas dari daun termasuk tulang daun.
 - c. Terbakar (*scorch/burn*) adalah daun yang menunjukkan kematian yang cepat yang diawali pengeringan yang tiba-tiba, terkulai kering dan matinya seluruh daun tanaman.
 - d. Blas adalah kematian yang cepat dari bagian pucuk atau bagian pembungaan.
 - e. Busuk kering (*dry rot* atau *bark rot*) terdapat pada kulit kayu yang disebabkan oleh fungi.
 - f. Busuk basah (*wet rot*) adalah nekrosis berlendir dan basah yang tidak mempunyai bentuk yang khusus.
 - g. Mati ujung (*dieback*) adalah nekrosis yang dimulai dari tunas pucuk dan menjalar ke bagian pangkal batang, cabang atau ranting.
 - h. Kanker biasanya berbentuk area nekrotik yang tenggelam atau cekung dengan batas yang nampak pecah.
6. Tumbuhnya fungi di permukaan daun diantaranya:

- a. *Powdery mildew* adalah gejala yang disebabkan oleh hifa Ascomycetes menutup permukaan daun.
- b. *Downy mildew* disebabkan oleh sporangiofor atau sporangium yang membentuk lapisan berwarna putih keabu-abuan pada permukaan daun.
- c. *Scoty mildew* adalah hifa berwarna hitam menutupi permukaan daun.
- d. *Rhizomorfe* adalah struktur miselium fungi Basidiomycetes yang berbentuk tali atau ban.

B. Tanda Penyakit Tanaman

Penyakit tanaman disebabkan oleh patogen (penyebab penyakit). Tanda penyakit tanaman merupakan semua pengenal penyakit selain gejala. Tanda berupa struktur dari patogen yang tampak pada bagian tanaman yang sakit yang mencakup bentuk vegetatif atau reproduktif patogen. Untuk mengetahui tanda suatu penyakit harus dipelajari berbagai bentuk vegetatif dan reproduktif patogen.

Tanda suatu patogen kadang-kadang dapat dilihat dengan mata telanjang tanpa bantuan mikroskop dan kadang-kadang harus dilihat dengan mikroskop. Tanda penyakit biasanya merupakan suatu struktur yang merupakan tubuh atau bagian tubuh patogen yang sebagian besar dibentuk di dalam sel atau di sekitar jaringan tanaman.

C. Identifikasi Penyebab Penyakit

Pendugaan penyakit tanaman dilakukan dengan menentukan penyakit tersebut disebabkan oleh faktor biotik atau faktor lingkungan terlebih dahulu. Pada beberapa kasus, tanaman menunjukkan gejala yang khas sehingga pendugaan dapat dilakukan dengan mudah. Gejala khas tersebut dapat menentukan penyakit tanaman disebabkan faktor lingkungan atau agen biotik bahkan dapat membantu menentukan nama dan penyebab penyakitnya. Di beberapa kasus lainnya, pengujian yang lebih detail perlu dilakukan karena gejala belum cukup menjadi dasar untuk menentukan penyebab penyakitnya.

Penyakit yang disebabkan oleh agen biotik seperti fungi, bakteri virus dan nematoda dicirikan dengan adanya patogen di permukaan tanaman maupun di dalam tanaman. Aktivitas pada di permukaan tanaman mengindikasikan bahwa patogen tersebut menjadi penyebab penyakit. Patogen yang tidak terdapat di permukaan tanaman perlu diamati adanya patogen di dalam jaringan tanaman sakit beserta gejala kerusakan jaringannya. Pengamatan patogen di dalam jaringan tanaman dilakukan dengan melewati proses isolasi dan identifikasi laboratorium.

1. Fungi

Fungi menyebabkan gejala lokal dan sistemik pada tanaman inangnya. Umumnya fungi menyebabkan nekrosis, hiperplasia, hipoplasia dan gejala lainnya. Beberapa gejala tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Nekrosis yang sangat umum adalah antraknosa, bercak daun (*leaf spot*), hawar (*blight*), busuk akar, busuk lunak, busuk kering, busuk pangkal batang, kanker, rebah kecambah (*dumping off*), dan mati ujung (*dieback*).

- b. Hiperplasia yang ditandai dengan akar gada, keriting, kudis, kutil dan sapu setan (*witches broom*).
- c. Hipoplasia ditandai dengan kerdil, khlorosis dan rosetting.
- d. Gejala lainnya seperti layu, karat dan embun (*mildew*).

Identifikasi fungi penting dalam diagnosis penyakit tanaman. Identifikasi fungi dapat dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan mikroorganisme tersebut termasuk kingdom apa dengan kriteria sebagai berikut:
 - 1) Kingdom Protozoa, jika mikroorganisme membentuk plasmodium dan uniseluler.
 - 2) Kingdom Chromista, jika mikroorganisme membentuk spora berflagela, filamentous, uniseluler/multiseluler dan hifa asepta.
 - 3) Kingdom Fungi, jika mikroorganisme membentuk miselium, dinding sel mengandung glukukan dan kitin dan tidak berkloroplas.

- b. Pada Kingdom Fungi, menentukan mikroorganismenya tersebut termasuk dalam Phylum apa dengan kriteria sebagai berikut:
- 1) Apabila fungi tersebut memiliki miselium tidak bersepta, membentuk zoospora berflagela tunggal maka termasuk phylum Chytridiomycota.
 - 2) Apabila fungi tersebut memiliki miselium bersepta maka termasuk dalam phylum Ascomycota, Basidiomycota atau Deuteromycota
- c. Membedakan kelompok fungi yang memiliki miselium bersepta dengan kriteria sebagai berikut:
- 1) Apabila fungi tersebut memiliki ascospora (spora di dalam kantung) maka termasuk dalam phylum Ascomycota.
 - 2) Apabila fungi tersebut memiliki basidiospora (spora di luar basidium berbentuk gada) maka termasuk dalam phylum basidiomycota.

- 3) Apabila tidak memiliki keduanya maka dikelompokkan ke dalam phylum Deuteromycota.
- d. Fungi imperfect (Deuteromycota) dapat ditentukan kelasnya dengan menggunakan kriteria sebagai berikut:
- 1) Apabila fungi tersebut membentuk tubuh buah yang mengandung spora maka dapat dikelompokkan dalam kelas Coelomycetes.
 - 2) Apabila spora dibentuk pada tubuh buah yang telanjang atau aerial maka dapat dikelompokkan ke dalam kelas Hypomycetes.
 - 3) Apabila sel yeast terbentuk maka dikelompokkan ke dalam kelas Blastomycetes.
- e. Langkah selanjutnya adalah menentukan ordo, famili, genus hingga spesies dengan menggunakan kunci identifikasi.

2. Bakteri

Bakteri menyebabkan gejala yang kompleks seperti gejala yang disebabkan oleh fungi. Gejala penyakit yang

disebabkan oleh bakteri patogenik tanaman adalah sebagai berikut:

- a. Menimbulkan gejala nekrotik yang ditandai dengan bercak daun, hawar daun, busuk lunak dan kanker
- b. Menimbulkan gejala hiperplasia yang ditandai dengan puru dan kudis.
- c. Menimbulkan gejala lainnya seperti layu yang ditandai dengan infeksi bakteri pada jaringan pembuluh terutama xilem

Identifikasi terhadap bakteri patogenik tanaman dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menumbuhkan mikroorganisme pada media umum bakteri atau Nutrient Agar (NA), pengelompokan dilakukan dengan menggunakan kriteria:
 - 1) Apabila mikroorganisme tersebut tidak dapat tumbuh pada media NA, maka mikroorganisme tersebut dikelompokkan dalam Spiroplasma, Fitoplasma, Actinomycetes dan Rickettsia.
 - 2) Apabila mikroorganisme tersebut dapat tumbuh pada media NA, maka mikroorganisme tersebut dikelompokkan dalam bakteri.

- b. Bakteri dapat dikelompokkan berdasarkan pewarnaan gram dengan kriteria sebagai berikut:
- 1) Bakteri bergram positif dikelompokkan dalam genus *Corynebacterium*.
 - 2) Bakteri bergram negatif dapat dikelompokkan dalam genus *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Pseudomonas* atau *Agrobacterium*.
- c. Bakteri bergram negatif ditumbuhkan pada media selektif Yeast Dextrose Carbonate Agar (YDC) dengan menggunakan kriteria sebagai berikut:
- 1) Apabila membentuk koloni kuning pada media YDC maka bakteri tersebut dikelompokkan dalam genus *Erwinia* atau *Xanthomonas*.
 - 2) Apabila tidak membentuk koloni kuning pada media YDC maka bakteri tersebut dikelompokkan dalam genus *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Erwinia* atau *Xanthomonas*.
- d. Genus *Pseudomonas*, *Agrobacterium* dan *Erwinia* akan berfluoresens pada media King's B sedangkan *Xanthomonas* tidak berfluoresens pada media King's B.

3. Virus

Virus dapat menyebabkan kerusakan pada daun, batang, akar, buah biji dan bunga. Tanaman yang terserang virus umumnya kerdil, produksinya rendah dan kualitasnya rendah. Tanaman yang terinfeksi bisa juga tidak menunjukkan gejala eksternal. Gejala yang ditimbulkan oleh virus dapat berupa:

- a. Gejala mosaik seperti yang disebabkan oleh *tobacco mosaic virus*.
- b. Gejala bercak bercincin (*ring spot*) seperti yang disebabkan oleh *papaya ring spot virus (PRSV)*.
- c. Gejala sapu setan (*witches broom*) seperti yang disebabkan oleh *cowpea witches broom virus*.
- d. Gejala vein clearing atau di dekatar tulang menguning seperti penyakit tirteza pada jeruk.
- e. Gejala color breaking/stripping of flowers seperti yang disebabkan oleh *tulip breaking virus* pada bunga tulip.
- f. Gejala kerdil seperti penyakit kerdil pada tanaman pisang yang disebabkan oleh *banana bunchy top virus (BBTV)*.

- g. Gejala khlorosis seperti yang disebabkan oleh *tomato infectious chlorosis virus* (TICV) pada tanaman tomat.
- h. Gejala keriting seperti yang disebabkan oleh *pepper yellow leaf curl virus* (PYLCV) pada tanaman cabai.

4. Nematoda

Tanaman yang terserang nematoda umumnya menunjukkan gejala sebagai berikut:

- a. Nematoda puru akar menyebabkan puru atau bintil yang dapat terjadi pada akar, daun biji sampai bunga tanaman.
- b. Kerdil pada bagian atas tanaman akibat absorpsi bahan makanan oleh bagian akar yang terinfeksi oleh nematoda.
- c. Warna daun yang abnormal disebabkan defisiensi mineral akibat kerusakan akar.
- d. Layu yang disebabkan kekurangan air akibat kerusakan akar.
- e. Bercak daun menyebabkan bentuk daun abnormal dan membengkak.

- f. Bercak nekrotik pada akar tanaman.

D. Soal Diskusi

1. Apa yang kalian ketahui tentang Postulat Koch, dan bagaimana tahapannya?
2. Bagaimanakah cara mendiagnosis penyakit pada tanaman?
3. Apa hal yang harus diperhatikan saat mengamati penyakit tanaman?
4. Apa yang disebut gejala penyakit dan tanda penyakit dan jelaskan perbedaannya !
5. Jelaskan bagaimana perbedaan mengidentifikasi penyakit yang disebabkan oleh fungi, bakteri, virus, dan nematoda ?

BAB 8

BEBERAPA TEKNIK DETEKSI PATOGEN TANAMAN

A. Deteksi dengan Mikroskop Elektron

Berbeda dengan mikroskop majemuk yang menggunakan cahaya untuk melihat contoh, maka mikroskop elektron (*Scanning Electron Microscope*, SEM) menggunakan elektron untuk menghasilkan gambar suatu contoh. SEM mempunyai perbesaran (resolusi) yang jauh lebih besar daripada mikroskop majemuk, karena panjang gelombang elektron sekitar 100.000 kali lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya. SEM sangat berguna untuk memeriksa struktur permukaan

spora

fungi.

Perbesaran terbaik mikroskop cahaya adalah 0,2 μm atau 200 nm. Perbesaran SEM adalah 3–6 nm, hampir 100 kali lebih baik daripada mikroskop cahaya.

SEM memungkinkan pengamatan permukaan preparat yang jauh lebih rinci daripada mikroskop cahaya dan memiliki medan pengamatan yang lebih dalam, sehingga lebih banyak contoh yang dapat diamati pada waktu yang sama. SEM menggunakan cahaya elektron untuk melihat dengan teliti permukaan suatu contoh untuk membentuk gambar tiga dimensi dari spesimen itu. Elektron sangatlah kecil dan mudah dibelokkan oleh molekul gas di udara. Oleh karena itu, untuk memungkinkan elektron mencapai contoh, kolom tempat pancaran elektron lewat dan bilik spesimen dibuat hampa udara. Untuk menyimpan struktur contoh biologi dalam keadaan hampa udara, contoh harus dikeringkan secara hati-hati dengan menggunakan karbon dioksida cair dalam mesin yang disebut pengering titik kritis (*critical point drier*).

Contoh biasanya direkatkan pada tonggak logam (*stub*) dengan menggunakan selotip dua muka (*double-sided tape*), kemudian dilapisi dengan lapisan tipis logam mulia seperti emas, agar bersifat menghantar listrik. Spora fungi karat dan fungi api yang berdinding tebal tidak perlu dikeringkan dengan pengering titik kritis dan dapat langsung diberi lapisan setelah direkatkan pada tonggak logam.

B. Teknik Molekuler

Tidak adanya gejala penyakit yang tampak pada suatu tanaman tidak berarti bahwa tanaman tersebut bebas dari infeksi patogen. Ahli patologi tanaman perlu menggunakan teknik biokimia atau molekuler untuk mendeteksi keberadaan beberapa patogen. Pendeteksian ini menjadi penting sebagai salah satu cara pengendalian dini patogen untuk mengurangi kemungkinan berkembangnya penyakit yang bahkan mungkin menjadi pandemi.

Cara mendeteksi virus dapat dilakukan dengan teknik serologi dan *polymerase chain reaction* (PCR). Deteksi Begomovirus juga dapat dilakukan dengan PCR menggunakan primer universal Begomovirus SPG1/SPG2. Primer universal Begomovirus tersebut akan mengamplifikasi bagian gen transcriptional activator protein (TrAp) dan replication-associated protein (Rep) dengan ukuran target ± 900 pb (Li et al. 2004)

C. Serologi (imunologi)

Dalam serologi, antibodi-antibodi khusus yang dibuat untuk antigen-antigen pada patogen digunakan untuk diagnosa penyakit. Antibodi ini dapat bersifat poliklonal (populasi campuran antibodi yang dibuat dengan cara mengebalkan seekor hewan dengan ekstrak patogen dan mengumpulkan darahnya) atau antibodi monoklonal (sel-sel limpa hewan yang dikebalkan yang mengeluarkan antibodi tunggal diklon dan diperbanyak dalam kultur jaringan). Salah satu uji serologi yang sering digunakan adalah *Enzyme-linked Immunosorbent Assay* (ELISA). Antibodi dimasukkan dalam sumuran cawan

mikrotiter. Larutan uji atau ekstrak sampel tanaman ditambahkan ke dalam sumuran dan bila terdapat antigen, antigen akan mengikat pada antibodi.

Sumuran kemudian dicuci, kemudian ditambahkan antibodi yang dikonyugasikan dengan enzim, sumuran dicuci lagi dan akhirnya ditambahkan substrat yang telah dilabel dengan enzim. Jika terdapat antigen, maka ikatan konyugasi antibodi-enzim mengkatalisasi perubahan substrat kromogenik menjadi produk yang berwarna, misalnya berwarna kuning. Diagnosa patogen dengan menggunakan metode serologi memiliki banyak keuntungan. Seperti lebih murah dibandingkan dengan teknik molekuler, lebih cepat, dapat mendeteksi sampel yang lebih banyak, dan kebutuhan alat lebih sederhana. Hasil deteksi dapat dikuantifikasi dengan ELISA reader.

Selain itu ada juga teknik *serologi-dot immunobinding assay* (DIBA) yang meng-konjugasikan dengan enzim sehingga bila ditambahkan substratenzim akan terbentuk ikatan antigen-antibodi dalam jumlah yang sedikit saja dapat tervisualisasi pada membran nitroselulosa.

Metode berdasar asam nukleat Banyak gen dimiliki secara bersama oleh organisme hidup, tetapi umumnya gen dengan fungsi yang sama akan berbeda urutannya dari satu takson ke takson lain. Keragaman ini dapat digunakan untuk diagnosa dengan menggunakan beberapa teknik seperti hibridisasi asam nukleat dan reaksi rantai polimerase (*Polymerase Chain Reaction*, PCR). Teknik molekuler moderen untuk menganalisa asam nukleat sangatlah peka, sehingga pada kondisi ideal jumlah DNA dalam pikogram dapat dideteksi. Suatu PCR tertentu meliputi tiga tahapan utama yaitu denaturasi, penempelan primer dan pemanjangan asam nukleat. Denaturasi terjadi ketika suhu dinaikkan menyebabkan DNA mengalami denaturasi atau pemisahan untai DNA. Diikuti pendinginan hingga suhu sekitar 50–60°C untuk menempelkan primer pada untai DNA yang terpisah, kemudian suhu dinaikkan menjadi 72°C, yang merupakan suhu optimal untuk polimerisasi DNA atau pemanjangan DNA, agar terbentuk untai DNA komplementer sebagai perpanjangan. Setelah setiap siklus denaturasi,

penempelan dan perpanjangan, jumlah DNA menjadi berlipat dua, menuju peningkatan jumlah DNA secara eksponensial, yang setelah 30 siklus, dapat digambarkan dengan mudah dalam gel agarosa melalui pewarnaan dengan etidium bromid. Metode diagnosa berdasarkan asam nukleat memiliki keunggulan kecepatan dan kepekaan pendeteksian, beberapa kali lebih baik daripada teknik imunologi. Kelemahan teknik berdasarkan asam nukleat meliputi peralatan, reagen dan sarana yang mahal, kurang praktis jika dibandingkan dengan teknik serologi, dan peningkatan kepekaan dapat berarti bahwa kontaminasi contoh lebih menjadi masalah.

D. Soal Diskusi

1. Apa keunggulan menggunakan SEM dalam mendeteksi penyakit pada tanaman ?
2. Jelaskan bagaimana cara kerja PCR dalam mendeteksi patogen pada tanaman?

3. Jelaskan bagaimana cara kerja ELISA dalam mendeteksi patogen pada tanaman?
4. Dari beberapa teknik mendeteksi penyakit pada tanaman, cara manakah yang terbaik dalam mendeteksi penyakit? Jelaskan alasannya !

BAB 9

PROSES INFEKSI PATOGEN TANAMAN

Berhasil atau tidaknya tanaman diinfeksi, setelah inokulasi tergantung berbagai faktor yang saling berinteraksi. Hal ini termasuk, kepekaan tanaman, virulensi patogen dan lingkungan. Interaksi ketiga komponen tersebut diilustrasikan secara umum sebagai segitiga penyakit (*diseases triangle*). Dengan kata lain hubungan inang patogen berkembang tergantung interaksi antara genotipe inang dan patogen. Interaksi ini dapat diubah oleh lingkungan.

Proses infeksi pada umumnya dibagi tiga macam yaitu prapenetrasi, penetrasi dan postpenetrasi. Terhambatnya salah satu dari proses ini akan menghambat perkembangan penyakit. Proses prepenetrasi fungi terdiri dari inokulasi, perkecambahan spora pembentukan tabung kecambah, terbentuknya apresorium. Setelah fase penetrasi proses selanjutnya adalah fase post penetrasi yang terdiri dari kolonisasi pada inang timbulnya gejala penyakit yang pertama, sporulasi dan penyebaran inokulum, kematian koloni dan berhentinya sporulasi.

A. Inokulasi

Inokulasi merupakan proses terjadinya kontak antarpatogen dengan tanaman, kemudian penetrasi yang kemungkinan akan berlanjut menjadi infeksi yang selanjutnya menimbulkan gejala yang dapat terlihat secara visual. Manusia seringkali menjadi pelaku awal proses inokulasi tersebut secara tidak sadar. Kontak tersebut dapat terjadi melalui perantara inokulum patogen. Inokulum adalah struktur atau bagian soma dari patogen yang dapat memulai dan menimbulkan infeksi. Keberadaan inokulum patogen sangat penting dalam perkembangan penyakit karena sebagai cikal bakal terjadinya penyakit tanaman.

Tipe inokulum sangat bervariasi tergantung pada organisme atau penyebab penyakit. Inokulum fungi dapat berupa spora aseksual misalnya sporangiospora, konidium, dan zoospora atau seksual misalnya zigospora, askuspora, basidiospore, spora rehat, oospore, dan mikospora. Inokulum juga dapat berasal dari hifa atau miselium, sklerotia, rizomorf dan struktur bertahan fungi.

Sel bakteri menjadi tipe inokulum dari bakteri. Inokulum dari virus berupa partikel virus dan partikel yang sangat kecil dan tanpa selubung protein (viroid) atau keberadaan vektor dapat menjadi tanda keberadaan sumber inokulum di dalam tubuh serangga. Inokulum dari nematoda berupa telur, sista, larva dan imagonya.

Inokulum dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Patogen bertahan hidup pada kondisi ekstrim dengan bertahan sebagai saprofit, bentuk struktur bertahan, bertahan pada gulma atau inang lainnya, bertahan dalam vektor dan bertahan pada benih. Ketika memulai musim tanam yang baru maka inokulum-inokulum tersebut menyebabkan infeksi awal pada tanaman. Inokulum tersebut dinamakan sebagai inokulum primer yang menyebabkan infeksi primer. Inokulum primer akan menghasilkan inokulum sekunder.

Inokulum dari sebagian besar patogen terbawa ke tanaman inang secara pasif oleh angin, air, serangga, benih tanaman dan manusia. Penyebaran melalui angin menjadi penyebaran utama patogen yang bersifat tular

udara (*air-borne*) seperti spora fungi pada daun, tangkai dan buah. Spora fungi maupun sel bakteri dapat terbawa oleh percikan air hujan dekat permukaan tanah. Vektor menjadi sarana utama penyebaran virus tanaman. Benih atau bakal tanaman lainnya dapat membawa inokulum seperti spora fungi, sel bakteri atau dari patogen lainnya. Manusia seringkali menjadi agen penyebar inokulum tanpa disadari. Penggunaan alat-alat pertanian untuk pengolahan dan pemeliharaan tanaman dapat memindahkan berbagai macam patogen.

Perkembangan patogen selama fase prepenetrasi tergantung berbagai faktor antara lain faktor-faktor fisik, kimia dan biologis dari permukaan tanaman.

B. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan spora

1. Air.

Spora fungi kudis apel *Venturi ianequalis* dan “downy mildew” hanya ndapat berkecambah bila berada dalam lapisan film air seperti yang terjadi karena hujan atau embun. Fungi-fungi lain untuk perkembangannya

tidak memerlukan lapisan film air ini. sebagai contoh fungi embun tepung akan berkecambah dengan baik pada permukaan yang kering dalam udara lembab. Kemampuan fungi berkecambah pada permukaan yang kering rupanya berbanding lurus dengan kandungan air dari spora.

2. Suhu

Setiap spora mempunyai suatu suhu tertentu bagi perkecambahannya yang cepat. Jadi memiliki suhu optimum, maximum dan minimum. Pada suhu di atas atau di bawah minimum per-kecambahan tidak akan terjadi. Umumnya spora akan berkecambah pada suhu antara 15-30°C. suhu optimum bagi perkecambahan spora tertentu tidak selalu sama, dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan lainnya seperti kandungan air dalam tanah atau pH tanah.

3. Cahaya

Pengaruh cahaya terhadap perkecambahan spora relatif kurang penting dibandingkan dengan kelembaban atau suhu. Sporangia dari *Physoderma maydis* penyebab

penyakit becak coklat pada jagung, tidak akan dapat berkecambah dengan baik pada keadaan lingkungan gelap maupun cahaya langsung. cahaya yang dikehendaki adalah cahaya biru dengan intensitas rendah.

4. Konsentrasi ion H

Penyakit gada pada Cruciferae yang disebabkan oleh *Plasmodiophora brassicae*, serangannya akan lebih hebat di tanah-tanah yang bereaksi asam dari pada tanah-tanah basa. Tetapi tidak diketahui apakah pH ini mengganggu atau mendorong perkecambahan serta perkembangan patogen, atau meningkatkan kepekaan tanaman. Setiap spora fungi memiliki kepekaan pH minimum, optimum dan maksimum, dan umumnya mempunyai kisaran pH yang luas.

5. Oksigen dan CO₂.

Telah diketahui CO₂ diperlukan untuk perkecambahan spora demikian pula spora-spora fungi tertentu dapat berkembang pada kisaran konsentrasi O₂ yang luas yaitu 1 : 60%. *Ustilago zae* dapat berkecambah

pada atmosfer dengan konsentrasi CO₂ 50% dan puncak perkecambahan terjadi pada konsentrasi CO₂ 15%.

6. Unsur hara dan rangsangan khusus

Perkecambahan spora akan terangsang oleh adalah cairan (eksudat) yang keluar dari tanaman dan berdifusi ke dalam lapisan film. Air suling yang diletakkan di atas permukaan daun atau mahkota bunga dalam waktu tertentu, akan mengandung lebih banyak elektrolit dibandingkan dengan air suling yang ditempatkan di atas permukaan gelas objek dalam waktu yang sama. Spora *Botrytis cinerea* umumnya akan berkecambah lebih baik dalam larutan elektrolit daripada dalam air biasa. Perkecambahan spora *Fusarium oxysporum* juga dirangsang oleh eksudat inang yang peka. Spora istirahat dari *Sporangospora subteranea* dan telur *Globodera rostochiensis* berkecambah dan menetas oleh rangsangan eksudat akar tertentu. Sebaliknya beberapa jaringan tanaman tertentu mengandung zat-zat yang dapat menghambat perkecambahan spora maupun penetasan telur nematoda. Seperti pada bawang yang mengandung

senyawa fenol (katekol dan asam protokatekuat) menghambat perkecambahan *Colletotrichum circinans*. Akar-akar tanaman krusiferus yang mengandung minyak mustard menghambat penetasan telur *Heterodera* spp.

C. Fase Penetrasi

Sebelum patogen masuk ke dalam tanaman harus dapat melewati beberapa barrier yang ada pada tanaman. Barrier mekanik seperti kutikula pada permukaan tanaman di atas tanah dan periderm pada sistem perakaran. Barrier kimia juga dapat menghalangi masuknya patogen. Komposisi bahan kimia tertentu pada jaringan tidak responsif terhadap enzim yang dihasilkan patogen.

Patogen dapat masuk ke dalam jaringan tanaman melalui luka, lubang alami, penetrasi langsung pada kutikula maupun periderm pada akar. Patogen tertentu dapat melalui salah satu cara atau lebih. Misalnya *Plasmopora viticola* masuk melalui stomata, *Alternaria helianthi* dan *Phytophthora infestans* masuk melalui stomata, luka dan penetrasi langsung. sedang *Puccinea araminis* penetrasinya tergantung dari siklus hidupnya.

Pada tingkat uredial dan aesial masuk melalui stomata pada sereal, dan pada tingkat basidial penetrasi langsung pada barberi.

Sebagian besar fungi dapat melakukan penetrasi langsung di tempat terjadinya kontak dengan inangnya dengan beberapa tahapan yang dilewati. Spora fungi berkecambah, membentuk tabung kecambah dan apresorium yang diletakkan di permukaan inangnya. Apresorium membentuk pasak penetrasi (*penetration peg*) untuk menembus kutikula dan dinding sel inangnya. Fungi dapat mengeluarkan enzim dalam membantu melunakkan dinding sel sebelum ditembus oleh pasak penetrasi.

Bakteri melakukan penetrasi secara pasif melalui luka atau lubang alami tanaman. Lubang alami yang biasa dilalui oleh bakteri adalah stomata, lentisel, hidatoda, trikoma dan nektatoda. Virus dapat melakukan penetrasi melalui luka mekanis dan luka oleh vektor. Vektor virus tanaman didominasi oleh serangga dan beberapa organisme lain seperti fungi dan nematoda. Nematoda

dapat melakukan penetrasi langsung pada tanaman dengan menggunakan stilet.

1. Masuk melalui luka

a) Luka mekanik.

Virus yang dapat ditularkan secara mekanik sering masuk ke dalam inangnya melalui luka yang dibuat oleh orang yang sedang bekerja dipertanaman atau karena pergesekan oleh angin. Robeknya jaringan akar alfalfa karena temperatur rendah pada waktu musim dingin, memberikan jalan masuknya bakteri *Corynebacterium insidiosum* penyebab penyakit layu. Pememaran buah, umbi dan produk-produk lain yang dipasarkan yang terjadi selama pemanenan dan pengangkutan mempermudah masuknya patogen. Seperti bakteri dan fungi penyebab busuk lunak dapat masuk ke dalam umbi kentang, melalui bagian yang memar atau luka-luka pada waktu panen.

b) Robekan alami

Selama pertanaman tanaman, terjadi robekan-robekan kecil pada akar, tempat munculnya akar-akar sekunder. Sebelum luka ini sembuh, dapat menjadi jalan masuknya patogen tertentu yang ada di dalam tanah. Seperti *Thielaviopsis basicola* mulai infeksiya pada pertautan antara akar primer dan skunder.

c) Luka oleh serangga

Tusukan-tusukan serangga pada tanaman dapat menjadi tempat masuknya patogen tertentu. Di samping itu serangga dapat pula meng-inokulasikan patogen pada tempat tusukan tersebut.

d) Luka yang dibuat patogen lain.

Beberapa patogen yang tidak menembus tanaman yang utuh, dapat masuk pada jaringan yang rusak akibat serangan patogen lain. penyebab layu pada kapas dipermudah masuknya oleh nematoda bintil akar. Nematoda bintil akar bersama-samasama dengan *Phytophthora nicotianae* menyerang serangan lanas pada tembakan meningkat, walupun fungi sendiri dapat menembus tanaman tanpa adanya nematoda. Serangan nematoda juga dapat mem-predisposisikan tanaman

terhadap serangan patogen lain, terutama patogen penyebab penyakit layu. *Colletotricum pisi* masuk ke batang "Garden pea" melalui bercak yang disebabkan oleh *Mycosphaerella pinodis*.

2. Masuk melalui lubang alami

Struktur tanaman yang mempunyai lubang dipermukaan dapat memberikan perlombaan peluang masuknya patogen. Kebanyakan bakteri penyebab bercak daun, fungi embun bulu tertentu dan tabung penetrasi dari uredospora fungi karat masuk melalui stomata. Bakteri penyebab busuk hitam pada kubis *Xanthomonas campestris* masuk melalui hidatoda, sedang bakteri tang penyebab penyakit kudis pada kentang masuk lewat lenti sel. Bakteri "fire blight" masuk lewat nektaria buah pear dan inangnya yang lain.

Penetrasi melalui lubang alami tanaman dilakukan secara pasif oleh patogen. Bakteri masuk ke dalam sel inang melalui lubang alami atau luka. Virus juga melakukan penetrasi secara pasif melalui vektornya.

Lubang alami yang dilalui patogen misalnya stomata, lentisel, hidatoda, trikoma dan sel nektar.

a. Stomata

Stomata merupakan salah organ tanaman yang berinteraksi dengan lingkungan secara langsung. Stomata berupa pori-pori kecil yang terletak pada epidermis bagian bawah daun dan sebagian kecil pada bunga dan batang. Fungsi utama dari stomata sebagai tempat pertukaran gas seperti karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2) dan uap air (H_2O). Namun stomata juga dapat menjadi media masuknya penyebab penyakit bagi tanaman. Stomata memiliki dua sel penjaga yang memungkinkan bagi stomata terbuka pada siang hari dan tertutup pada malam hari.

Bakteri patogen dapat masuk melalui stomata terbuka misalnya *Xanthomonas oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada padi, *X. campestris* penyebab hawar daun buncis dan *X. axonopodis* penyebab pustul bakteri pada kedelai. Daun yang basah akibat hujan akan membantu bakteri masuk ke dalam daun. Titik-titik air yang terdapat di permukaan daun secara kontinyu

menyebabkan bakteri dapat bergerak masuk ke dalam stomata hingga ke dalam jaringan tanaman.

Fungi dapat masuk ke dalam sel inangnya secara langsung melalui stomata. Fungi yang melakukan penetrasi langsung ke stomata misalnya *Plasmopora viticola* penyebab embun bulu pada anggur. Fungi tersebut merupakan fungi dari golongan oomycota. Zoospora dari fungi tersebut berenang menuju stomata. Zoospora yang berada di sekitar stomata dapat berkecambah dan tabung kecambah masuk ke dalam stomata. Miselium tumbuh dan menyebar interselular dalam daun anggur.

b. Lentisel

Lentisel merupakan lubang-lubang kecil yang terdapat batang tanaman. Lentisel dapat dijumpai dalam jumlah yang sangat banyak pada tanaman dewasa. Lentisel memiliki fungsi utama yang sama dengan stomata yaitu sebagai tempat pertukaran gas, membantu respirasi pada batang serta membantu pertanaman dan perkembangan batang. Namun lentisel juga dapat

berperan sebagai tempat masuknya patogen ke dalam sel tanaman.

Salah satu contoh patogen yang melakukan penetrasi melalui lentisel misalnya *Erwinia carotovora*. Patogen tersebut sebagai bakteri penyebab penyakit busuk lunak umbi kentang. *Erwinia carotovora* masuk ke dalam umbi kentang melalui lentisel dan luka. Kondisi batang yang basah atau lembab dapat membantu proses penetrasi melalui patogen tersebut melalui lentisel.

c. Hidatoda

Hidatoda adalah jaringan pembuluh yang terdapat pada ujung daun tanaman. Hidatoda terdapat sepanjang tepi daun dan ujung daun. Struktur tersebut biasa dikenal sebagai stomata air karena berperan dalam proses keluarnya air pada peristiwa gutasi. Selain sebagai tempat keluarnya air, hidatoda juga dapat menjadi tempat masuknya patogen secara pasif. Beberapa patogen dapat melakukan penetrasi melalui hidatoda terutama bakteri misalnya *Xanthomonas campestris* penyebab busuk hitam

pada crucifera. Kelembaban udara yang tinggi menyebabkan air gutasi menetes melalui hidatoda dan kelembaban udara yang rendah menyebabkan tetes air akan masuk kembali ke dalam tanaman. Air gutasi yang terinfestasi oleh bakteri akan terbawa masuk ke jaringan daun dan sistem pembuluh tanaman.

d. Trikoma

Trikoma merupakan struktur seperti rambut yang terdapat pada permukaan daun, bunga, buah dan batang tanaman. Struktur tersebut dapat berperan dalam penyerapan, mengurangi penguapan, membantu penyerbukan dan penyebaran biji serta berperan juga sebagai tempat masuk patogen. Kutikula dari trikoma grandular dapat pecah pada bagian sekresi kelenjar yang terakumulasi yang dapat menjadi lubang masuk bagi patogen. Beberapa trikoma dapat dengan mudah patah dengan sentuhan halus dan siap dipenetrasi oleh patogen.

e. Sel nektar

Sel nektar dari bunga mengeluarkan nektar yang menarik bagi serangga. Serangga berperan sebagai vektor dari virus tanaman. Penyebaran virus tanaman sebagian besar dilakukan oleh serangga. Beberapa sel bakteri juga dapat terbawa oleh serangga dan tertinggal dalam nektar sisa. Bakteri melakukan multiplikasi dan melakukan penetrasi ke dalam ovari.

3. Penetrasi langsung pada permukaan yang utuh.

Kebanyakan fungi patogenik dan nematoda dapat menembus langsung permukaan tanaman yang utuh, walaupun berkutikula atau bersuberin. Permukaan tanaman seperti batang kecambah, bunga dan ujung akar mudah sekali ditembus patogen tertentu. *Plasmodiophor brassicae* menembus rambut-rambut akar dari Cruciferae.

Dalam keadaan menguntungkan, spora akan berkecambah dan membentuk tabung kecambah yang akan berkembang menjadi hifa. Ujung tabung kecambah menempel pada permukaan tanaman, yang kemungkinan

sebagai akibat daya adesif dari zat gelatinus yang dikeluarkan tabung kecambah. Pada beberapa fungsi ujung tabung kecambah akan membesar membentuk aprosorium yang mengeluarkan zat gelatinus yang melekat pada permukaan tanaman. Jarum penetrasi dari struktur ini dan dapat menembus permukaan yang berkulit.

Nematoda dapat menembus sel inang dengan stilet yang terdapat pada nematoda parasitik. Nematoda melekatkan diri pada permukaan inang dengan gerakan mengisap. Setelah melekat, nematoda menempatkan tubuhnya atau bagian depan tubuh pada posisi vertikal terhadap dinding sel. Stilet ditusukkan dengan kepala tepat menghadap dinding sel dan bagian tubuh yang lainnya mengayun. Stilet ditusukkan berulang kali sehingga dinding sel robek. Stilet atau seluruh tubuh nematoda masuk ke dalam sel.

Penetrasi patogen umumnya dilakukan dengan reaksi enzimatik tetapi beberapa patogen dapat menyebabkan penetrasi melalui tekanan mekanik.

Enzimatis yang sangat berperan dalam proses penetrasi adalah enzim hidrolitik dan enzim pektinolitik. Enzim hidrolitik terdiri dari selulase, selobiase, dan hemiselulase sedangkan enzim pektinolitik meliputi pektin esterase dan poligalakturonase. Keseluruhan efek patogen terhadap inangnya merupakan akumulasi reaksi biokimia antara senyawa yang dikeluarkan oleh patogen dengan senyawa yang diproduksi oleh tanaman.

D. Infeksi Patogen

Infeksi adalah proses saat patogen melakukan kontak dengan sel atau jaringan dan mendapatkan makanan dari inangnya. Patogen dapat tumbuh dan memperbanyak diri dalam sel atau jaringan inangnya selama infeksi. Keberhasilan infeksi ditandai dengan penyimpangan fungsi-fungsi fisiologis tanaman. Penyimpangan tersebut menyebabkan perubahan pada bagian-bagian tanaman seperti warna, bentuk, layu, nekrosis dan lain-lain. Beberapa infeksi patogen tidak langsung menyebabkan perubahan saat itu juga tetapi akan muncul pada beberapa waktu berikutnya di saat

kondisi lingkungan lebih menguntungkan. Infeksi dapat terjadi dengan beberapa kondisi lingkungan yang mendukung, tanaman inang yang rentan dan patogen yang virulen.

Semua perubahan-perubahan yang terlihat pada tanaman yang terinfeksi merupakan gejala penyakit. Gejala dapat mengalami perubahan secara terus menerus dari setiap tingkat perkembangannya sampai keseluruhan tanaman mati. Gejala juga dapat berkembang sampai tingkat tertentu dan tidak lagi mengalami perubahan sampai tanaman menyelesaikan siklus hidupnya. Gejala dapat muncul beberapa hari setelah inokulasi dan dapat pula mencapai waktu tahunan setelah inokulasi terutama penyakit yang disebabkan oleh virus. Interval waktu antara inokulasi dengan munculnya gejala penyakit disebut periode inkubasi. Periode inkubasi berbagai penyakit sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh interaksi inang-patogen, perkembangan inang dan lingkungan tanaman terinfeksi.

Beberapa patogen mendapatkan makanan dari sel hidup tanpa membunuh sel inangnya. Patogen lainnya

membunuh sel dan menggunakan isi sel sewaktu menginfeksi dan mengganggu jaringan di sekitarnya. Patogen mengeluarkan zat-zat yang aktif secara biologis seperti enzim, toksin dan zat pengatur tumbuh ke dalam inangnya. Zat-zat tersebut dapat mempengaruhi proses fisiologi tanaman dan struktur selnya. Tanaman inang bereaksi dengan berbagai mekanisme pertahanan terhadap aktivitas patogen.

E. Invasi dan Kolonisasi

Invasi atau penyerangan adalah menyebarnya patogen ke dalam tanaman. Penyerangan jaringan tanaman oleh patogen (invasi) dan pertanaman serta perkembangbiakan patogen (kolonisasi) pada jaringan yang terinfeksi merupakan proses yang terjadi secara bersamaan. Patogen yang berbeda menyerang inangnya dengan cara berbeda pula.

Fungi umumnya masuk ke dalam organ tanaman seperti daun, batang dan organ. Fungi tersebut menembus sel tanaman dengan tumbuh di antara sel. Beberapa jenis fungi menghasilkan miselium yang

tumbuh hanya pada antara kutikula dan epidermis. Jenis fungi yang lain menghasilkan miselium hanya pada permukaan tanaman tetapi haustorium masuk ke dalam sel-sel epidermis.

Bakteri menyerang jaringan tanaman secara interselular namun bila selnya terurai maka bakteri dapat tumbuh secara intraselular. Nematoda menyerang tanaman secara interselular dan intraselular. Beberapa fungi tidak menyerang sel atau jaringan secara keseluruhan tetapi hanya memakan dengan menusuk sel-sel epidermis dengan stilet. Virus dan viroid menyerang jaringan tanaman dengan berpindah dari sel ke sel lainnya dengan intraselular.

Kolonisasi merupakan pertanaman dan reproduksi patogen dalam tanaman. Pergerakan patogen secara aktif maupun pasif melalui jaringan tanaman. Pergerakan secara aktif bila patogen bergerak melalui sel ke sel lainnya sedangkan pergerakan secara pasif bila patogen berpindah tempat karena terbawa melalui aliran transpirasional. Kolonisasi mencakup aktivitas

pertanaman dan reproduksi patogen seperti pembentukan spora, partikel virus, sel bakteri dan berbagai stadia nematoda.

a. Kolonisasi Fungi

Kolonisasi fungi dapat terjadi di permukaan maupun di dalam jaringan inangnya. Beberapa fungi masuk ke dalam sel (intraselular) dan sebagian lagi tetap berada di antara sel (interaselular). Fungi mengkolonisasi inang dengan spora atau meselium dengan haustorium maupun tanpa haustorium.

Kolonisasi fungi dapat terjadi di permukaan inangnya. Fungi penyebab embun jelaga yang bersifat saprofitik dengan memanfaatkan embun madu yang disekresikan oleh aphid. Koloni fungi tersebut dapat mengurangi kapasitas permukaan daun yang dapat melakukan fotosintesis sehingga dianggap sebagai patogen. Pembentukan lapisan miselium tebal dan hitam di permukaan daun mengurangi jumlah cahaya yang sampai pada daun.

Kolonisasi permukaan (eksternal) juga dapat terjadi dengan haustorium di dalam sel inang. Fungi penyebab

embun tepung terbatas di permukaan luar inang tempat diproduksi jalinan hifa. Pasak penetrasi dibentuk untuk mendorong hifa masuk menembus dinding sel epidermis. Haustorium dibentuk secara intraselular di dalam sel epidermis. Fungi tersebut bersifat parasit obligat karena mendapatkan zat makanannya dari sel inang melalui haustorium.

Kolonisasi fungi interselular dapat terjadi tanpa haustorium. Fungi patogenik banyak yang membentuk miselium di antara sel inang dan mengkolonisasi secara interselular. Fungi memenetrasi kutikula secara langsung dan membentuk hifa yang tumbuh di antara sel. Cendawan penyebab embun bulu pada jagung (*Peronosclerospora philippinensis*) membentuk miselium di antara sel dan membentuk haustorium di dalam sel inang.

Kolonisasi interselular dapat terjadi dengan haustorium intraselular. Banyak parasit obligat dan sebagian saprofit fakultatif memproduksi miselium di antara sel dan membentuk haustorium ke dalam sel untuk mendapatkan nutrisi. Selain membentuk haustorium, patogen juga membentuk hifa interselular sehingga

patogen dapat mengkolonisasi jaringan tanaman secara luas. *Plasmopara viticola* penyebab embun bulu (*downy mildew*) pada anggur mempunyai miselium yang tumbuh di antara sel inang dan membentuk beberapa haustorium di dalam sel.

Fungi penyebab busuk umumnya mengkolonisasi inangnya secara interselular dan intraselular. Misalnya *Phythium* spp. Dapat memproduksi enzim pektolitik yang dapat melarutkan lamela tengah sel inangnya. Kerja enzim tersebut dapat membantu pertanaman lebih lanjut melalui sel inang dan antara sel inangnya.

b. Kolonisasi Bakteri

Bakteri berkembangbiak dengan cepat di dalam jaringan yang terinfeksi. Bakteri dapat membelah diri setiap 20-30 menit pada kondisi makanan dan lingkungan yang optimal. Bakteri juga akan memperbanyak diri dengan cepat pada tanamany yang rentan. Jutaan sel bakteri dapat dijumpai dalam satu tetesan sap tanaman yang terinfeksi.

Pergerakan bakteri penyebab puru dan layu pembuluh secara intraselular. Patogen penyebab puru bergerak dari satu sel ke sel lain melalui proses mitosis. Bakteri penyebab layu melakukan multifikasi dalam sistem pembuluh baik bergerak secara aktif melalui pembuluh xylem maupun secara pasif terbawa dalam aliran transpirasi.

Bakteri penyebab penyakit daun seperti hawar daun mengolonisasi inang pada ruang antara sel. Pergerakan bakteri dapat berenang dalam air yang terdapat diantara sel dan didistribusikan melalui jaringan daun. Bakteri penyebab busuk lunak dapat memproduksi enzim pektinolitik yang dapat mendegradasi lamela tengah di antara sel. Bakteri tersebut dapat bergerak lebih jauh dan meninfeksi lebih banyak sel. Sel yang terinfeksi akan mengeluarkan cairan yang memungkinkan membantu penyebaran patogen di dalam jaringan tanaman.

c. Kolonisasi Virus

Virus dan viroid berkembang biak di dalam sel inang yang hidup. Virus dan viroid menginfeksi dan

memperbanyak pada sebagian besar atau semua sel inangnya. Virus umumnya mengkolonisasi sel epidermis, sel palisade, *spongy mesophyll* dan sistem pembuluh. Patogen tersebut dibawa dalam aliran transpirasi melalui sistem pembuluh tanaman inang. Virus juga dapat bergerak dari sel satu ke sel lainnya melalui plasmodesmata yang menghubungkan sel satu dengan sel lainnya yang berdampingan.

d. Kolonisasi Nematoda

Nematoda betina dapat meletakkan telur 300-600 butir. Setengah dari jumlah telur tersebut menghasilkan nematoda betina yang dapat meletakkan telur dengan jumlah yang sama per individunya. Nematoda dapat menghasilkan 2 hingga 12 generasi tiap tahunnya tergantung dari iklim, ketersediaan inang dan lama daur hidupnya. Peningkatan jumlah nematoda di dalam tanah bisa berkali-kali lipat dan membentuk populasi nematoda yang besar di musim tanam berikutnya.

Nematoda yang bersifat endoparasit sedentari seperti nematoda puru akar bergerak perlahan menuju

permukaan inang yang rentan hingga kepala nematoda dekat stele tengah. Nematoda tersebut akan menetap dan memulai aktivitas makannya pada sel-sel di sekitar kepala. Nematoda meletakkan massa telur di menyebar di permukaan akar. Larva yang menetas dari telur tersebut langsung melakukan penetrasi, menetap, makan dan meletakkan telur kembali.

Nematoda endoparasit migratori melakukan penetrasi dan makan dari satu sel ke sel lainnya. Aktivitas tersebut berlangsung saat nematoda masuk ke dalam jaringan akar. Nematoda betina akan meletakkan telur di dalam korteks akar. Larva dari telur-telur tersebut memakan korteks akar dan menyebabkan matinya korteks akar. Pergerakan larva nematoda dari satu sel ke sel lainnya diikuti dengan perkembangbiakan hingga membentuk populasi nematoda yang baru.

F. Soal Diskusi

1. Sebutkan faktor penyebab terjadinya inokulasi pada tanaman inang!

2. Jelaskan tahapan-tahapan patogen dapat menginfeksi tanaman!
3. Jelaskan beberapa mekanisme patogen dapat menetrasi pada tanaman !
4. Jelaskan beberapa mekanisme pertahanan tanaman untuk mencegah infeksi patogen !
5. Jelaskan dengan singkat perbedaan mekanisme infeksi pada tanaman antara jamur, bakteri, dan virus !

BAB 10

PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN

Pengendalian penyakit tanaman bertujuan untuk mencegah atau mengurangi potensi kerugian pada tanaman budidaya akibat serangan penyakit sehingga memberikan hasil yang tetap menguntungkan. Upaya pengendalian penyakit tanaman memerlukan perpaduan berbagai cara pengendalian yang kompatibel, termasuk memanipulasi keadaan lingkungan agar tidak sesuai untuk pertumbuhan patogen namun menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman. Upaya ini dilakukan untuk melemahkan kemampuan patogen dalam menginfeksi tanaman dan kemampuannya dalam pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Keberhasilan pengendalian penyakit tanaman membutuhkan pengetahuan-

pengetahuan yang terkait seperti: penyebab penyakit/patogen, siklus hidup patogen, kebutuhan nutrisi patogen, tempat bertahan hidup patogen, cara dan waktu penyebaran patogen (organ reproduksi seperti spora), hubungan antara patogen dan tanaman inangnya, dan pengaruh lingkungan terhadap perkembangan penyakit dan penyebaran patogen di pertanaman.

Terdapat dua macam pendekatan dalam melaksanakan pengendalian penyakit tanaman yaitu: a) pendekatan yang ditujukan terhadap tanaman yang meliputi suatu rencana yang menyeluruh dan mempertimbangkan semua jenis penyakit yang mungkin terdapat pada pertanaman tersebut; b) pendekatan yang ditujukan terhadap penyebab penyakit tertentu dan biasanya penyebab penyakit yang dianggap paling penting diantara penyebab lainnya yang terdapat pada tanaman tersebut.

A. Prinsip Pengendalian Penyakit Tanaman

Secara umum terdapat 2 (dua) jenis pengendalian penyakit tanaman yaitu pencegahan dan pengobatan

penyakit tanaman. Prinsip pencegahan penyakit tanaman meliputi: penghindaran patogen, eksklusi patogen, eradikasi patogen, perlindungan tanaman, dan pengembangan tanaman resisten. Pengobatan penyakit tanaman disebut dengan terafi, yang merupakan upaya penyembuhan. Dalam aplikasinya pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan dengan upaya terpadu yaitu menggabungkan lebih dari satu cara yang kompatibel.

1. Penghindaran Patogen

Penghindaran patogen meliputi usaha untuk menghindari penyakit dengan cara pemilihan waktu tanam dan lokasi daerah budidaya. Waktu tanam dapat dipilih pada saat iklim sesuai bagi pertumbuhan tanaman tetapi kurang baik bagi patogen. Pemilihan lokasi daerah budidaya ditentukan oleh faktor iklim. Pemilihan lahan yang tidak terkontaminasi patogen *soil borne* (menular dan bertahan hidup dalam tanah) merupakan cara yang baik untuk menghindari penyakit yang disebabkan oleh *Phytophthora*, *Fusarium*, *Verticillium* dan sebagainya.

Lokasi daerah pertanian yang belum terdapat penyakit tertentu merupakan cara penanggulangan yang efektif.

2. Ekslusi patogen

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya inokulum ke dalam suatu daerah yang masih bebas patogen tertentu. Dengan memberikan perlakuan pada bahan tanaman dengan cara fisik atau kimia untuk meniadakan patogen/sumber inokulum sehingga dapat dicegah masuk ke daerah baru. Upaya lainnya yaitu dengan karantina, yaitu mencegah penyebaran patogen dari daerah yang terinfeksi ke daerah yang masih bebas dari patogen. Patogen dapat bertahan pada bahan tanaman, bahan pembungkus dan sebagainya dapat dicegah masuk ke daerah lain dengan mengadakan pemeriksaan yang ketat melalui karantina. Keberhasilan karantina dapat dilihat jika penyebaran inokulum secara alami ke daerah baru sangat sedikit atau tidak ada. Banyak jenis patogen tanaman yang dapat disebarkan oleh serangga, dengan diadakannya pengendalian terhadap

serangga dapat mencegah penyebaran patogen ke daerah lain.

3. Eradikasi patogen

Eradikasi merupakan upaya untuk menghancurkan atau mengurangi inokulum dari sumbernya. Patogen dapat dieradikasi dengan penanggulangan secara hayati, pergiliran tanaman, membuang tanaman atau bagian tanaman yang sudah terserang, perlakuan pada bahan tanaman atau tanah secara fisik atau kimia. Eradikasi secara sempurna seringkali sulit dilakukan dan biasanya hanya sampai dengan pengurangan inokulum saja.

Usaha penanggulangan secara hayati lebih dititik beratkan untuk mengurangi aktivitas patogen oleh mikroorganisme lainnya. Efek ini dapat berupa *biocidal* (mikroorganisme yang satu mematikan mikroorganisme yang lain) atau *biostatic* (mikroorganisme yang satu menghambat pertumbuhan mikroorganisme lainnya). Pergiliran tanaman antara tanaman yang rentan dan/atau dengan tanaman yang resisten dengan tanaman yang bukan inangnya dapat mengurangi populasi patogen.

Usaha pergiliran tanaman biasanya berhasil terhadap patogen yang tidak dapat bertahan lama dalam tanah dan yang tidak mempunyai banyak tanaman inang. Menghilangkan tanaman sakit baik tanaman utama maupun tanaman inang lainnya dapat mencegah penyebaran patogen lebih lanjut dalam pertanaman. Demikian pula dengan melakukan sanitasi akan menghilangkan sumber inokulum yang bertahan hidup dalam sisa tanaman atau bagian tanaman yang terserang.

Perlakuan dengan cara fisik atau kimia terhadap bahan tanaman atau tanaman yang terserang dapat dilakukan dengan perlakuan panas atau fungisida tertentu. Perlakuan tanaman dapat mengurangi inokulum dalam tanah yang dapat dilakukan dengan bahan kimia, panas, perendaman dengan air atau diberakan dalam jangka waktu tertentu. Kebanyakan senyawa kimia, udara panas dan uap air panas yang digunakan untuk perlakuan tanah kurang efektif dan berbiaya mahal, sehingga cara penanggulangan ini biasanya dilakukan untuk luas tanah yang terbatas seperti dalam rumah kaca atau parsemaian.

Perendaman tanah untuk jangka waktu tertentu sering dilakukan untuk menanggulangi patogen yang bertahan hidup dalam tanah. Karena kekurangan oksigen, maka populasi patogen dalam tanah lambat laun akan berkurang. Memberakan tanah sering kali berhasil dengan baik terhadap patogen yang tidak dapat bertahan hidup lama dalam tanah dan mempunyai kisaran tanaman inang yang sempit. Berhasilnya usaha ini dapat dibantu dengan pengeringan lapangan dengan penyinaran matahari langsung.

4. Perlindungan tanaman

Perlindungan terhadap terjadinya infeksi patogen dapat dilakukan dengan melakukan penyemprotan atau pengembusan pestisida terhadap tanaman di lapangan atau perlakuan pada benih. Dalam hubungan ini pestisida tersebut merupakan penghalang antara inang dan inokulum. Pemakaian insektisida dapat dilakukan guna mengendalikan serangga vektor berbagai virus tanaman, dengan demikian tanaman dapat dilindungi terhadap serangan dan sekaligus mengurangi penyebaran virus.

Banyak jenis patogen dirangsang perkembangannya oleh kelembaban udara yang tinggi. Memperbaiki sirkulasi udara dipertanaman untuk mengurangi kelembaban udara pada permukaan tanaman dapat mengurangi timbulnya penyakit secara efektif. Mengatur jarak tanam, pemangkasan pohon, pemberantas gulma secara teratur merupakan usaha agar tanaman mendapat sinar matahari lebih banyak, memperbaiki sirkulasi udara, sehingga dapat mengurangi kelembaban udara di dalam pertanaman.

Pemberian unsur hara tertentu pada tanaman dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman maupun perkembangan penyakit. Pemberian nitrogen yang berlebihan dapat menambah kepekaan tanaman terhadap penyakit tertentu. Sebaliknya pemberian kalsium dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit tertentu.

5. Mengembangkan tanaman yang resisten.

Beck (1965) mengemukakan bahwa resistensi tanaman adalah semua ciri dan sifat tanaman yang

memungkinkan tanaman terhindar, mempunyai daya tahan atau daya sembuh dari serangan penyakit dalam kondisi yang akan menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman lain dari spesies yang sama. Teetes (1996) menyatakan bahwa dalam praktek pertanian, resistensi tanaman berarti kemampuan tanaman untuk berproduksi lebih baik dibandingkan tanaman lain dengan tingkat populasi hama/penyakit yang sama. Sedangkan Painter (1951) mendefinisikan resistensi tanaman merupakan sifat-sifat tanaman yang dapat diturunkan dan dapat mempengaruhi tingkat kerusakan oleh serangga.

Suatu varietas tanaman dapat disebut tahan apabila:

- memiliki sifat-sifat yang memungkinkan tanaman itu menghindar, atau pulih kembali dari serangan hama penyakit (pada keadaan yang akan mengakibatkan kerusakan pada varietas lain yang tidak tahan)
- memiliki sifat-sifat genetik yang dapat mengurangi tingkat kerusakan yang disebabkan oleh serangan hama.

- memiliki sekumpulan sifat yang dapat diwariskan, yang dapat mengurangi kemungkinan hama untuk menggunakan tanaman tersebut sebagai inang,
- atau mampu menghasilkan produk yang lebih banyak dan lebih baik dibandingkan dengan varietas lain pada tingkat populasi hama yang sama.

Pemuliaan tanaman untuk mendapat tanaman tahan terhadap penyakit secara konvensional telah banyak dilakukan dan memberikan hasil. Namun semakin lama teknik tersebut mendapat banyak tekanan karena semakin terbatasnya lahan seleksi, waktu yang relatif lama, kesulitan mengatasi kendala alamiah, seperti inkompatibilitas dan persilangan kerabat jauh. Oleh karena itu diperlukan terobosan yang dapat memberikan harapan bagi masa depan bidang pertanian, yaitu dengan teknik bioteknologi untuk mendapat tanaman tahan penyakit. Teknik tersebut meliputi kultur jaringan tanaman tahan penyakit (kultur meristem, kultur jaringan kalus, kultur sel, isolasi mutan tahan penyakit dari kultur sel tanaman), fusi protoplasma, kultur anther,

penyelamatan embrio, dan teknik rekayasa genetika untuk ketahanan terhadap penyakit (Kristamtini, 2005)

Seleksi dan pemuliaan pada umumnya didasarkan pada usaha mencari resistensi protoplasma (secara fisiologis), resistensi yang berhubungan dengan struktur atau morfologi dari bagian-bagian tanaman tertentu (secara mekanik) atau resistensi yang berhubungan dengan waktu penutupan stomata (secara fungsional). Resistensi fisiologis biasanya didasarkan pada adanya zat tertentu didalam protoplasma yang menghambat infeksi patogen dan perkembangannya lebih lanjut di dalam tanaman. Resistensi mekanik meliputi sifat karakteristik yang dimiliki tanaman yang menyulitkan patogen mengadakan kontak langsung dengan bagian yang akan diinfeksi. Resistensi fungsional meliputi kejadian seperti penutupan stomata pada waktu keadaan lingkungan yang memungkinkan terjadinya penetrasi patogen.

Bioteknologi modern kini dipandang dapat memberikan harapan untuk melengkapi teknik pemuliaan konvensional. Teknik rekayasa genetika tanaman merupakan salah satu teknik bioteknologi modern yang

digunakan para pemulia tanaman untuk mendapatkan varietas baru tahan terhadap penyakit. Rekayasa genetika tanaman dapat dikatakan sebagai usaha untuk memindahkan gen (DNA) tertentu dari satu spesies tanaman ke spesies tanaman yang lain (baik kerabat dekat maupun kerabat jauh), atau sumber gen tersebut dapat berasal dari organisme lain (seperti jamur, bakteri, dan virus), dan mengekspresikannya pada spesies penerima. Sifat tanaman penerima (disebut tanaman transgenik) menjadi berubah/bertambah sesuai dengan sifat yang dibawa oleh gen baru tadi dan tanaman penerima gen baru dikatakan mengalami transformasi.

6. Terapi terhadap tanaman sakit

Tindakan yang bersifat kuratif atau terapiutik meliputi usaha-usaha untuk mematikan patogen di tempat terjadinya infeksi. Senyawa kimia yang bersifat terapiutik dapat meniadakan atau mengurangi penyakit yang sudah terjadi. Hal ini disebabkan karena senyawa kimia tersebut bersifat racun terhadap patogen atau dapat menetralkan daya racun dari zat-zat yang dibentuk

patogen. Perlakuan panas dapat berhasil dengan baik, bila terdapat perbedaan toleransi terhadap panas dengan temperatur tertentu antara bahan tanaman dan patogen.

B. Pengendalian Terpadu Penyakit Tanaman

Sistem pengendalian organisme pengganggu tanaman terpadu adalah upaya pengendalian populasi atau tingkat serangan organisme pengganggu tanaman dengan menggunakan satu atau lebih cara dari berbagai cara pengendalian yang dikembangkan dalam suatu kesatuan, untuk mencegah timbulnya kerugian secara ekonomis dan kerusakan lingkungan hidup. Pengertian pengendalian hama/penyakit terpadu (PHT) adalah suatu konsep atau cara berpikir dalam upaya pengendalian populasi atau tingkat serangan hama dengan menerapkan berbagai teknik pengendalian yang dipadukan dalam satu kesatuan untuk mencegah kerusakan tanaman dan timbulnya kerugian secara ekonomis serta mencegah kerusakan lingkungan dan ekosistem. Dengan demikian PHT adalah pengendalian hama dan penyakit tanaman dengan pendekatan ekologi yang bersifat multi-disiplin

untuk mengelola populasi hama dan penyakit dengan menerapkan berbagai teknik pengendalian yang kompatibel.

1. Prinsip dasar sistem pengendalian hama/penyakit terpadu

Prinsip dasar sistem pengendalian hama /penyakit terpadu mencerminkan konsep pe-ngendalian hama dan penyakit yang berwawasan lingkungan serta mendorong penerapan PHT secara nasional untuk pembangunan pertanian yang berkelanjutan. empat prinsip dasar dalam penerapan pht tersebut adalah sebagai berikut ;

a. Budidaya tanaman sehat

Tanaman yang sehat memiliki daya tahan yang baik terhadap serangan hama dan penyakit. tanaman sehat juga memiliki kemampuan lebih cepat dalam menyembuhkan dirinya sendiri dari kerusakan akibat serangan hama dan penyakit tersebut. untuk memperoleh tanaman yang sehat perlu memperhatikan varietas yang akan dibudidayakan, penyemaian dengan cara yang benar, serta pemeliharaan tanaman yang tepat.

b. Memanfaatkan musuh alami

Musuh alami atau agens hayati terbukti mampu menekan populasi hama dan menurunkan resiko kerusakan tanaman akibat serangan hama dan penyakit. pengendalian hama dan penyakit dengan memanfaatkan musuh alami yang potensial merupakan tolok ukur dalam sistem PHT. Pemanfaatan musuh alami di dalam agroekosistem diharapkan mampu menjaga keseimbangan antara populasi hama penyakit dan populasi musuh alaminya. dengan demikian tidak akan terjadi peledakan populasi hama penyakit yang melampaui ambang toleransi tanaman.

c. Pengamatan dan pemantauan rutin

Dalam sistem pengendalian hama terpadu (PHT), pengamatan dan pemantauan per-kembangan populasi hama merupakan bagian terpenting yang harus dilakukan oleh setiap petani. pengamatan dan pemantauan harus dilakukan secara rutin dan berkala, sehingga perkembangan populasi hama, kondisi tanaman serta

perkembangan populasi musuh alaminya dapat diketahui. hasil pemantauan dan pengamatan digunakan sebagai dasar tindakan yang akan dilakukan.

d. Petani sebagai ahli PHT

Sistem pengendalian hama dan penyakit terpadu akan sangat tepat bila dikembangkan oleh petani sendiri. Penerapan PHT harus sesuai dengan keadaan ekosistem setempat sebab setiap wilayah atau daerah memiliki ekosistem yang berbeda-beda. Oleh sebab itu strategi PHT yang dikembangkan pada wilayah tertentu belum tentu cocok jika diterapkan pada wilayah lainnya. Agar setiap petani mampu menerapkan PHT di wilayahnya masing-masing, maka setiap petani harus proaktif untuk mempelajari konsep PHT dan rajin dalam memantau lahan dan tanaman yang dibudidayakannya.

2. Komponen penting pengendalian hama dan penyakit terpadu

Terdapat 7 komponen dalam penerapan pengendalian hama terpadu (PHT), yaitu sebagai berikut:

a. Pengendalian secara fisik dan mekanik

Pengendalian secara fisik merupakan upaya atau usaha dalam memanfaatkan atau mengubah faktor lingkungan fisik sehingga dapat menurunkan populasi hama dan penyakit. tindakan pengendalian hama secara fisik dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu ; pemanasan, pembakaran, pendinginan, pembasahan, pengeringan, lampu perangkap, radiasi sinar infra merah, gelombang suara dan penghalang /pagar/barier.

Pengendalian secara mekanik yaitu pengendalian yang dilakukan secara manual oleh manusia. pengendalian secara mekanik dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan waktu yang lama, efektifitas dan efesiensinya rendah, tetapi tidak berpengaruh negatif terhadap lingkungan. beberapa contoh tindakan secara mekanik dalam pengendalian hama antara lain sebagai berikut: memangkas cabang, ranting atau bagian tanaman lainnya yang terserang penyakit, dan pembungkusan buah.

b. Pengendalian secara kultur teknis

Beberapa upaya yang termasuk pengendalian secara kultur teknis adalah:

(a) Sanitasi

Sanitasi merupakan usaha untuk memperkecil kesesuaian hama dan penyakit terhadap ekosistem yang disenangi. Beberapa hama dan penyakit dapat bertahan hidup di luar tanaman inang, misalnya di sisa-sisa tanaman yang masih hidup atau yang sudah mati. Tindakan yang dapat dilakukan adalah:

- Memangkas dan memusnahkan bagian tanaman yang sakit atau membongkar dan memusnahkan seluruh bagian tanaman yang terserang, terutama pada penyakit yang disebabkan oleh virus seperti penyakit keriting pada tanaman cabai
- Membersihkan areal pertanian dari tumpukan sampah atau gulma, karena dapat menjadi sumber berbagai penyakit tanaman. Kumbang kelapa, misalnya, selalu memilih tumpukan sampah untuk meletakkan telurnya.

- Membersihkan kebun dari sisa-sisa tanaman yang terserang atau sisa-sisa tanaman setelah proses panen
- Membersihkan peralatan yang terkontaminasi penyakit tanaman
- Membersihkan tangan setelah memegang tanaman atau bagian tanaman yang terserang

(b) Pengolahan tanah.

Tindakan membalik tanah dapat menyebabkan matinya hama dan penyakit tanaman yang bersembunyi di dalam tanah, misalnya ulat tanah (*Agrotis epsilon*). Pembalikan tanah menyebabkan hama dan penyakit tanaman mati, karena terkena sinar matahari secara langsung selama beberapa hari atau termakan oleh predator, seperti burung, karena keadaannya menjadi terbuka.

(c) Pengelolaan air.

Prinsipnya adalah memberikan air dalam jumlah dan waktu yang tepat bagi tanaman melalui sistem irigasi dan drainase yang tepat. Keadaan tersebut akan dapat mengendalikan kelembaban di sekitar

tanaman dan menciptakan kondisi yang tidak sesuai bagi hama dan penyakit tanaman tersebut.

(d) Pergiliran tanaman

Pergiliran tanaman bertujuan untuk memutuskan rantai makanan bagi hama dan penyakit di suatu tempat dengan cara tidak menanam satu jenis tanaman secara terus-menerus dan menanam tanaman yang bukan inang dari hama dan penyakit tanaman tersebut.

(e) Pemberaan lahan

Pemberaan atau tindakan mengosongkan lahan untuk beberapa waktu lamanya, dengan maksud untuk memutuskan rantai makanan bagi hama dan penyakit tertentu.

(f) Pemupukan berimbang,

Pemupukan dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman, terutama pada masa pertumbuhan cepat, yaitu pada saat pembentukan daun, cabang, dan akar. Kondisi kekurangan atau kelebihan unsur hara dapat berakibat buruk bagi pertumbuhan tanaman

(g) Penggunaan mulsa

Berfungsi antara lain untuk mencegah perkembangan hama dan penyakit, terutama bagi hama dan penyakit yang pada periode tertentu dapat hidup di dalam tanah.

(h) Penggunaan tanaman perangkap

Cara ini banyak dilakukan pada pertanian organik. Untuk mencegah serangan hama dan penyakit pada tanaman utama dengan cara menanam tanaman perangkap di sekitarnya. Biasanya, digunakan tanaman yang mempunyai warna dan bau mencolok.

Selain itu, Kusnaedi (2003) mengemukakan bahwa pengendalian hama dan penyakit dengan cara kultur teknis dapat dilakukan melalui:

- Pemilihan dan penggunaan bibit. Bila pada bibit atau benih terdapat telur serangga, maka akan terjadi penyebaran hama dan penyakit di suatu lahan yang sebelumnya tidak ada hama atau penyakit tersebut. Sebaiknya bibit atau benih

diperoleh dari produsen yang bermutu dan dapat menjamin kualitas bibit atau benih yang dijualnya.

- Diversifikasi ekosistem, yaitu membuat aneka ragam tanaman (*multiple cropping*) atau kondisi lingkungan yang dapat mengatur dinamika populasi hama dan penyakit tanaman. Fungsi ekosistem ini adalah untuk mendukung peran musuh alami.

c. Pengendalian Dengan Peraturan / Regulasi / Karantina

Pengendalian dengan peraturan perundangan yaitu pencegahan penyebaran / perpindahan dan penularan organisme pengganggu tanaman melalui kebijakan perundangan yang ditetapkan oleh pemerintah. dasar hukum pencegahan dengan peraturan adalah sebagai berikut:

1. UU no. 16 th 1992 : karantina hewan, ikan dan tumbuhan.
2. PP no. 6 th 1995 : perlindungan tanaman.
3. PP no. 14 th 2000 : karantina tumbuhan.

Contoh pengendalian hama dengan peraturan adalah pelarangan pengiriman benih kentang dari batu, malang ke daerah lain yang belum terserang nematoda sista kentang (*Globodera rostochiensis*).

d. Pengendalian Secara Genetik

Dapat dilakukan dengan cara: (a) pemilihan jenis tanaman dan varietas yang tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Program pemuliaan tanaman telah banyak menghasilkan varietas tanaman yang tahan terhadap serangan hama dan penyakit, (b) mempertimbangkan kesesuaiannya dengan kondisi lingkungan di lokasi penanaman. Saat ini terdapat kecenderungan untuk mengusahakan tanaman di luar zona adaptasinya. Contohnya, menanam tanaman dataran tinggi di dataran rendah, sehingga tanaman mudah mengalami stress dan meningkatkan kemungkinan terserang hama dan penyakit.

e. Pengendalian Secara Kimiawi Dengan Pestisida Selektif

Pengendalian hama dan penyakit tanaman secara kimiawi menggunakan pestisida kimia sintetis adalah alternatif terakhir apabila cara-cara pengendalian yang lain tidak mampu mengatasi peningkatan populasi hama yang telah melampaui ambang kendali. Dalam banyak kasus, pestisida memang berhasil menekan populasi hama dan penyakit dalam waktu singkat, bila digunakan dengan tepat sebagai bagian dari strategi penerapan PHT. Pada PHT, pemakaian pestisida yang berspektrum luas, berdosisi tinggi, dan terdiri atas satu jenis saja dalam waktu panjang harus dihindari. Karena, akan menyebabkan kekebalan pada hama dan penyakit tertentu. Tujuan penggunaan pestisida merupakan koreksi untuk menurunkan populasi hama atau penyakit sampai pada batas keseimbangan. Penggunaan pestisida harus tepat sasaran, tepat dosis dan tepat waktu.

f. Pengendalian Dengan Varietas Tahan

Pengendalian dengan varietas tahan mengurangi atau menekan populasi hama penyakit, serangan dan tingkat kerusakan tanaman dengan menanam varietas yang tahan hama ataupun penyakit. Teknik ini sudah sejak lama diterapkan oleh petani. Keuntungan teknik ini adalah tidak membutuhkan biaya yang mahal, efektif dan aman bagi lingkungan. Namun pengendalian dengan varietas tahan juga memiliki kelemahan dan kekurangan, yaitu harga benih/bibit yang mahal. Jika ditanam dalam jangka waktu yang panjang, sifat ketahanannya patah.

g. Pengendalian Dengan Agen Hayati

Pengendalian Hayati (*Biological Control*) adalah pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) dengan menggunakan musuh alami atau agensia pengendali hayati. Namun dapat juga disebut mengendalikan penyakit dan hama tanaman dengan secara biologi, yaitu dengan memanfaatkan musuh-musuh alami. Tujuan pengendalian hayati adalah untuk mengurangi laju perkembangan penyakit melalui

penurunan daya hidup patogen pada tanaman, menurunkan jumlah propagul yang diproduksi serta mengurangi penyebaran inokulum, mengurangi infeksi patogen pada tanaman serta mengurangi serangan yang berat oleh patogen (Damiri, 2011).

Kelebihan dalam penggunaan agen pengendali hayati antara lain : Tingkat keberhasilan pengendalian hama yang tinggi dengan biaya yang rendah dalam periode waktu yang lama. Agen pengendalian hayati aktif mencari inang atau mangsanya, tumbuh dan berkembang mengikuti dinamika populasi inang atau mangsanya.

Agen hayati atau Agen Pengendali Hayati adalah setiap organisme atau makhluk hidup, terutama serangga, cendawan, cacing, bakteri, virus dan binatang lainnya yang dapat dipergunakan untuk pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).

Pengendalian hayati secara sempit diartikan sebagai penambahan suatu mikroba antagonis ke dalam suatu lingkungan untuk mengendalikan aktivitas patogen. Pengendalian hayati didefinisikan sebagai usaha mengurangi kepadatan inokulum atau aktivitas patogen

baik dalam masa aktif maupun dormansi dengan menggunakan satu atau lebih organisme yang dilakukan secara alami atau manipulasi lingkungan ataupun inang, dapat juga melalui penambahan organisme antagonis (Baker & Cook, 1974).

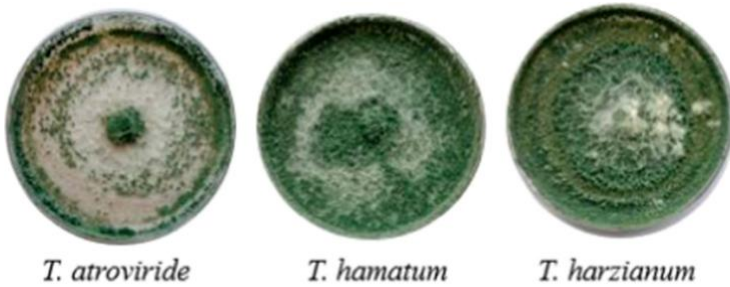
Tabel 10.1 Agensia Pengendali Hayati Tanaman

Nama spesies	Mekanisme pengendalian
Kapang <i>Trichoderma viride</i>	Mikoparasit, pesaing, antibiotik dan enzimatik
Kapang <i>Trichoderma harzianum</i>	
Kapang <i>Trichoderma koningii</i>	
Kapang <i>Trichoderma hamatum</i>	
Kapang <i>Trichoderma pseudokoningii</i>	Pesaing dan antibiosis
<i>Penicillium</i> sp.	
<i>Peniophora gigantean</i>	Mikoparasit
<i>Phytium oligandrum</i>	
<i>Sporodesmium sclerotivorum</i>	
<i>Gliocladium virens</i>	
<i>Laccaria laccata</i>	Pesaing, proteksi silang dengan jenis <i>Fusarium</i> yang tidak virulen
<i>Lactarius</i> sp.	
<i>Fusarium solani</i> ,	
<i>Fusarium oxysporum</i>	Mikoparasit

Ampelomyces quisqualis

Sumber : Damiri, 2011

Contoh jamur yang dapat digunakan dalam pengendalian hayati penyakit tanaman :



Gambar 10.1 Koloni *Trichoderma* sp



Gambar 10.2 Koloni *Fusarium* sp

Keuntungan pengendalian hayati menurut Jumar (2000) adalah: (1) bersifat aman karena tidak menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan, maupun keracunan terhadap manusia dan hewan; (2) tidak menimbulkan resistensi terhadap hama; (3) musuh alami bekerja selektif terhadap mangsa atau inangnya; dan (4) lebih murah dan dapat bersifat permanen dalam jangka panjang. Kelemahan pengendalian hayati diantaranya yaitu: (1) hasilnya sulit diramalkan dalam waktu yang singkat; (2) diperlukan biaya yang cukup besar pada tahap awal baik untuk penelitian maupun untuk pengadaan sarana dan prasarana; (3) pembiakan di laboratorium kadang-kadang menghadapi kendala karena musuh alami menghendaki kondisi lingkungan yang khusus; dan (4) teknik aplikasi di lapangan belum banyak dikuasai.

C. Soal Diskusi

1. Mengapa keberadaan penyakit pada area pertanaman perlu dikendalikan?
2. Apa saja yang perlu dipertimbangkan dalam pengendalian penyakit tanaman?

3. Kapan sebaiknya pengendalian penyakit tanaman dimulai?
4. Apakah petani perlu memandau perkembangan tanaman budidayanya di lapangan?
5. Apakah setiap upaya pengendalian harus menggunakan pestisida?
6. Apakah ada cara pengendalian selain pestisida?
7. Apa yang dimaksud dengan pengendalian penyakit secara terpadu?
8. Bagaimana konsep pertanian OPT secara terpadu?
9. Apakah sebaiknya pengendalian penyakit tanaman juga dilakukan secara terpadu?
10. Apakah kebaikan dan kelemahan pengendalian terpadu?

DAFTAR PUSTAKA

Abadi, A.L. 2003. *Ilmu Penyakit Tanaman* Jilid 2. Bayumedia Publishing. Malang.

Adilah, N.F., Hidayat, S.H. 2014. Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning dan Pertanaman Populasi Kutukebul pada Beberapa Genotipe Cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 10 (6): 195-201.

Agrios, G.N. *Plant Pathology* 5th Edition. Academic Press.

Alexopoulos, C.J., Wims, C.W. 1997. *Introductory Micology 3rd Eds.* New York

Djiwanti SR dan Supriasi 2008. Determinasi Nematoda Parasit *Aphelenchoides* sp. Penyebab Penyakit Hawar Daun Sambiloto (*Andrographis paniculata*). Jurnal Littri Vol. 14 (2) : 61 – 66

Dropkin Victor. 1992. *Pengantar Nematologi Tanaman.* Gadjah Mada University Press : Yogyakarta

<https://docplayer.info/32412640-Universitas-gadjah-mada.html>

Hull, R. *Comparative Plant Virology Second Edition.* Academic Press.California

Katadata.co.id, 2019. Jumlah Penduduk Indonesia 269 Juta Jiwa, Terbesar Keempat di Dunia
<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/04/29/jumlah-penduduk-indonesia-269-juta-jiwa-terbesar-keempat-dunia> (unduh tanggal 7 Juni 2019)

Katadata.co.id, 2019. Berapa Jumlah Penduduk Dunia?
<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/04/23/berapa-jumlah-penduduk-dunia> (unduh tanggal 7 Juni 2019)

Li R, Salih S, Hurtt S. 2004. *Detection of geminiviruses in sweetpotato by polymerase chain reaction*. Plant Dis. 88(12):1347–1351. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.12.1347>.

Mirsam H, Supramana, dan Gede Suastika 2015. Identifikasi Nematoda Parasit pada Tanaman Wortel di Dataran Tinggi Malino, Sulawesi Selatan Berdasarkan pada Ciri Morfologi dan Morfometrik. J Fitopatol Indonesia Volume 11 (3): 85–90 DOI: 10.14692/jfi.11.3.85

Sasrahidayat, I.R. 2011. Ilmu Fungi (Mikologi). Universitas Brawijaya Press. Malang.

Sinaga, M.S. 2003. Dasar-Dasar Ilmu Penyakit Tanaman. Penebar Swadaya. Jakarta.

Shivas R dan D Beasley 2005. Pengelolaan Koleksi Patogen Tanaman. Negara Persemakmuran Australia 2005. ISBN 0-9751686-7-3

Taufik M, S H Hidayat , HS. Gusnawaty, R Syaman, R. D R Wulan, dan A L P Putra. 2017. Laporan Pertama Virus Gemini Pada Tanaman Cabai di Sulawesi Tenggara. Di dalam Prosiding Seminar Nasional dan Kongres PFI XXIV Di Hotel Same, Kendari, 3-5 Oktober 2017, hlm 511-520

Sastry KS. 2013. Plant Virus and Viroid Diseases in the Tropics. ISBN 978-94-007-6523-8 ISBN 978-94-007-6524-5 (eBook) DOI 10.1007/978-94-007-6524-5. Springer Dordrecht Heidelberg New York London.

SUMBER GAMBAR

No	Gambar	Sumber
1	Proses Fotosintesis	https://gulpmatrix.com/process-of-photosynthesis/
2	Theophrastus	https://www.sciencephoto.com/media/228935/view/theophrastus-ancient-greek-philosopher
3	<i>Ergot sclerotia</i> pada rye	https://www.sciencephoto.com/media/1026923/view/ergot-sclerotia-on-rye-illustration
4	Franz Unger	https://www.bbaw.de/die-akademie/akademie-historische-aspekte/mitglieder-historisch/historisches-

		mitglied-franz-unger-2835
5	Heinrich Anton de Bary	https://www.nndb.com/people/142/000096851/
6	Gejala Penyakit CVPD pada Tanaman Jeruk	https://i0.wp.com/agrotek.id/wp-content/uploads/2020/10/Cara-Pengendalian-Penyakit-CVPD-pada-Tanaman-Jeruk.jpg?resize=630%2C380&ssl=1
7	Konsep Penyakit Tanaman	https://www.precisionfarmingdealer.com/articles/4343-sustainable-plant-disease-protection-strategies-to-keep-your-customers-crops-healthy
8	Daur Infeksi Penyakit pada Tanaman	https://www.precisionfarmingdealer.com/articles/4343-sustainable-plant-disease-protection-strategies-to-keep-your-customers-crops-healthy
9	Anatomi <i>Paramecium</i> yang Merupakan Bagian dari Protozoa	https://biologytoppers.com/wp-content/uploads/2020/01/Paramecium-Diagram.jpg
10	Daur Hidup Myxomycetes	https://www.researchgate.net/profile/Sydney-Everhart/publication/242179415/figure/fig1/AS:29

		8619308658690@1448207799566/Life-cycle-of-a-myxomycete-Illustration-by-Angela-R-Scarborough.png
11	Daur Hidup Plasmodiophoromycota	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1d/08_08_life_cycle%2C_Plasmodiophora_brassicae_in_cabbage%2C_Plasmodiophoromyces_%28M._Piepenbring%29.png/800px-08_08_life_cycle%2C_Plasmodiophora_brassicae_in_cabbage%2C_Plasmodiophoromyces_%28M._Piepenbring%29.png
12	<i>Plasmodiophora brassicae</i> dan penyakit akar gada pada tanaman kubis	https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.41865
13	Daur Hidup Oomycota	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c0/07_08_life_cycle%2C_Phytophthora_infestans_on_potato%2C_Peronosporales%2C_Oomycota_%28M._Piepenbring%29.png/800px-07_08_life_cycle%2C_Phytophthora_infestans_on_potato%2C_Peronosporal

		es%2C_Oomycota_%28M._Piepenbring%29.png?20150520052350
14	<i>Phytophthora infestans</i> dan penyakit hawar daun kentang	https://idtools.org/tools/1056/images/P.%20infestans%20oosp%20f%20tif1.jpg
15	Daur Hidup Chytridiomycota	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7e/06_11_ciclo_de_vida%2C_Synchytrium_endobioticum_en_papa%2C_Chytridiomycota_%28M._Piepenbring%29.png/800px-06_11_ciclo_de_vida%2C_Synchytrium_endobioticum_en_papa%2C_Chytridiomycota_%28M._Piepenbring%29.png
16	Dauh Hidup Zygomycota	https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:06_07_life_cycle,_Mucor_sp.,_Mucorales,_Zygomycota_%28M._Piepenbring%29.svg
17	Daur Hidup Ascomycota	https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/04_01_02_life_cycle_Ascomycota%2C_ascus_%28M._Piepenbring%29.svg/761px-04_01_02_life_cycle_Ascomycota%2C_ascus_%28

		M._Piepenbring%29.svg.png?20201104231009
18	Daur Hidup Basidiomycota	https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/A_Photoshographic_Atlas_for_Botany_%28Morrow%29/03%3A_Fungi_and_Lichens/3.06%3A_Basidiomycota_%28Club_Fungi%29/3.6.03%3A_Life_Cycles_of_Basidiomycetes
19	Morfologi Sel Bakteri	https://cdn1.byjus.com/wp-content/uploads/2020/01/bacteria-cell.png
20	Siklus Penyakit Bakteri Patogen Tanaman	https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/UnderexploredNichesInResearch.aspx
21	Terjadinya puru mahkota (<i>crown gall</i>) pada tanaman	https://www.researchgate.net/figure/Disease-cycle-of-crown-gall-disease-Adapted-and-redrawn-after-Agrios-1988_fig1_324154694
22	Anatomi Clostridium	https://www.microscope-master.com/clostridium.html
23	Daur Infeksi Patogen <i>Pseudomonas</i>	https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-diagram-of-the-infection-cycle-of-Pseudomonas-

		syringae-a-A-diagram-of_fig6_5431136
24	Contoh beberapa morfologi dari virus	https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9780123785947000214-f21-10-9780123785947.jpg
25	Morfologi Viroid	https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9780123741530000023-f02-01-9780123741530.jpg
26	Mekanisme Patogenik Viroid	https://www.mdpi.com/viruses/viruses-01-00317/article_deploy/html/images/viruses-01-00317-g001-1024.png
27	Gejala penyakit antraknosa yang disebabkan oleh <i>Colletotrichum</i> sp.	
28	Gejala penyakit antraknosa pada tanaman cabai	
29	Gejala penyakit busuk pada tanaman lada yang disebabkan oleh <i>Phytophthora capsica</i>	
30	Gejala penyakit layu bakteri pada Tanaman Tomat	

31	Gejala penyakit layu fusarium pada Tanaman Cabai	
32	Daun tanaman kedelai yang terinfeksi virus.	
33	Dampak nekrosis pada daun	
34	Penyakit Kerdil pada Tanaman Padi	
35	Penyakit Bulai jagung	
36	Tanaman yang Mengalami Etiolasi	
37	Postulat Koch	https://microbenotes.com/robert-koch-and-kochs-postulates/
38	Koloni <i>Trichoderma</i> sp.	https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0570178320300415-gr1_lrg.jpg
39	Koloni <i>Fusarium</i> sp.	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X19301007

Pengantar Ilmu Penyakit Tanaman

Ilmu penyakit tanaman merupakan ilmu yang mempelajari karakteristik penyakit, penyebab penyakit, interaksi tanaman dan patogen, dan lingkungan biotik serta abiotik, faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit dalam suatu populasi atau individual tanaman; dan berbagai cara pengendalian penyakit. Tujuan utama dalam mempelajari ilmu penyakit tanaman adalah mencegah atau menekan seminimal mungkin terjadinya penyakit tanaman, meningkatkan produksi tanaman, menjaga kuantitas dan kualitas hasil panen.

Prof. Dr. Ir. I Ketut Widnyana, M.Si.



I Ketut Widnyana adalah dosen pada Prodi Agroteknologi (S1) dan Magister Perencanaan Wilayah dan Perdesaan (MPWD) Universitas Mahasaraswati Denpasar. Penulis merupakan dosen senior dan menyelesaikan S3 Pengelolaan Sumber daya hayati (Ilmu Pertanian) di Universitas Udayana pada tahun 2014, dan meraih guru besar dalam bidang Ilmu Penyakit Tanaman pada tahun 2019.

Penulis pernah sebagai dosen berprestasi tingkat Universitas, Kopertis 8/LLDikti8, dan nasional. Penulis aktif melaksanakan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat dari dana Dikti, khususnya dalam bidang pertanian dan pengelolaan lingkungan.



Universitas Mahasaraswati Press
Jl. Kamboja 11 A Denpasar 80233
Telp/Fax (0361)227019
unmaspress@unmas.ac.id
<https://lppm.unmas.ac.id/unmas-press>

ISBN 978-623-5839-48-6

