

PENYAKIT TUMBUHAN

Dyah Roeswitawati
Henik Sukorini



Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang

PENYAKIT TUMBUHAN

Hak Cipta © Dyah Roeswitawati, Henik Sukorini, 2022
Hak Terbit pada UMMPress

Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang 65144
Telepon: 0812 1612 6067, (0341) 464318 Psw. 140
Fax. (0341) 460435
E-mail: ummpress@gmail.com
<http://ummpress.umm.ac.id>
Anggota APPTI (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia)

Cetakan Pertama, Juni 2022

ISBN 978-979-796-699-7
e-ISBN 978-979-796-700-0

x; 84 hlm.; 16 x 23 cm

Setting Layout : Septian R.
Design Cover : AH. Riyantono

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit. Pengutipan harap menyebutkan sumbernya.

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014
tentang Hak Cipta**

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

PRAKATA

Produksi pertanian di Indonesia sangat penting mengingat tujuan pemerintah meningkatkan swasembada pangan sehingga Negara tidak perlu bergantung terhadap impor hasil produksi pertanian/perkebunan dari Negara lain. Salah kendala penting dalam produksi pertanian adalah penyakit tumbuhan. Penyakit pada tumbuhan memang menjadi faktor utama bila tidak mendapat perhatian dan tindakan menyebabkan tumbuhan mati. Ada beberapa penyakit yang dapat menyerang berbagai jenis tumbuhan, dan jika tidak segera ditangani dengan cepat akan mengakibatkan kerugian produksi.

Penyakit merupakan hasil interaksi dari tiga faktor yaitu: inang (tumbuhan) yang rentan, patogen yang *virulen* (ganas) dan lingkungan yang kondusif (mendukung). Penyakit tumbuhan bisa berkembang apabila terdapat pathogen yang virulen, tanaman inang yang rentan dan kondisi lingkungan yang sesuai. Ketiga faktor ini lebih sering dikenal sebagai segi tiga penyakit tumbuhan, bila salah satu dari ketiga faktor itu tidak tersedia, maka penyakit tumbuhan tidak dapat berkembang. Sehingga perlu dipelajari berdasarkan mekanisme penyakit tumbuhan itu sendiri serta faktor-faktor yang mendukung berkembangnya penyakit tumbuhan. Pathogen tersebut mengakibatkan gangguan pada proses metabolisme dalam tubuh tumbuhan yang mengakibatkan gejala antara lain: pertumbuhan tidak normal dan deferensiasi, diskolorasi (perubahan warna/penyimpangan warna) dari jaringan inang, layu, atau kematian secara cepat, serta kematian atau kerusakan dari jaringan inang. Dengan demikian tumbuhan yang diserang patogen terjadi perubahan dan gangguan pada organ-organ tumbuhan, sehingga pertumbuhan terganggu, tidak dapat bereproduksi secara baik dan akhirnya mati.

Tumbuhan sakit bisa disebabkan oleh faktor biotik (makhluk hidup) dan faktor abiotik (suhu udara, intensitas curah hujan, angin, unsur hara. Faktor biotik adalah mikroorganisme antara lain: jamur, bakteri, virus, dan nematoda, sehingga makhluk hidup yang menyebabkan tumbuhan sakit disebut patogen. Pathogen jamur, bakteri dan virus bila menginfeksi tumbuhan akan menunjukkan gejala: tumbuhan layu; diskolorasi/ terjadi perubahan warna pada daun, batang, buah/ organ penyimpanan; deferensiasi/ perubahan bentuk dan ukuran misalnya kerdil, pertumbuhan memanjang yang berlebihan/ hiperplasia, busuk basah, busuk kering pada batang dan organ penyimpanan. Sedangkan pathogen nematoda, walau kerusakan yang terjadi di bawah permukaan tanah namun mengakibatkan gejala yang muncul di atas permukaan tanah seperti: layu, kerdil, busuk kering, dan sebagainya. Untuk memastikan penyebab pathogen tersebut bisa dilihat dari gejala yang ada. Namun demikian seringkali pathogen yang berbeda menyebabkan gejala yang sama, untuk itu agar lebih selektif harus dilakukan isolasi dan identifikasi.

Kendala yang ada pada saat isolasi dan identifikasi menggunakan mikroskop dan harus telaten karena masing-masing pathogen menghendaki medium selektif. Untuk identifikasi bisa menggunakan bentuk koloni dalam medium selektif, morfologi spora, dan uji biokimia (metabolit yang dikeluarkan oleh pathogen tersebut). Selain tanda-tanda yang sulit terlihat ada juga tanda-tanda yang bisa dilihat secara langsung yaitu tanaman menjadi layu karena kekurangan air, rontok juga salah satunya bisa rontok pada daun, ranting, buah, dan bunga. Perubahan warna yang terjadi pada tumbuhan misal daun menjadi kuning, redup, dan pucat tetapi perubahan warna juga bisa terjadi karena kurangnya cahaya matahari yang mengakibatkan rusaknya klorofil, daun yang berlubang juga salah satu tanda awalnya bisa berupa bercak lingkaran, kerdil, daun mengeriting, busuk pada batang, daun, dan buah. Itu adalah beberapa contoh tanda-tanda penyakit tanaman yang bisa dilihat secara langsung.

Patogen jamur adalah salah satu organisme penyebab penyakit tanaman yang menyerang hampir semua bagian tumbuhan mulai dari akar, batang, ranting, daun, bunga, serta buahnya. Jamur menyebabkan buah menjadi busuk, daun menjadi berbecak kecoklatan dari bercak tadi mengakibatkan jamur dan membuat warna daun menjadi orange

lalu kering dan rontok. Proses fotosintesis juga bisa dipengaruhi oleh keberadaan jamur yang menutupi permukaan daun/batang tumbuhan. Batang yang terserang juga mengakibatkan permukaan kulit kayu membusuk lalu menjalar ke bagian dalam jaringan kayu lalu mengeluarkan getah atau cairan lama kelamaan batang kayu itu akan layu dan mati. Jamur sering terjadi selama cuaca basah dengan menyebabkan bagian atas daun berubah warna, sedangkan bagian bawah jamur berkembang dengan warna putih dan abu-abu. Setelah jamur ada mikroba bakteri yang dapat mengakibatkan busuk pada daun, batang, dan akar tumbuhan dan menyebabkan bau menyengat. Selain bakteri dan jamur ada juga pathogen lain yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan yaitu virus. Virus yang menyerang tumbuhan sangat berbahaya karena dengan mudah dan cepat menyebar ke tumbuhan yang lain dan tumbuhan yang sudah terserang virus sulit untuk disembuhkan. Tumbuhan yang terserang virus ini daunnya berubah warna kuning belang-belang, terkadang melengkung. Beberapa tanaman menunjukkan kekuningan, pertumbuhan kerdil, buah yang terbentuk cacat.

Pada buku ajar ini menjelaskan mengenai: gejala penyakit yang disebabkan oleh masing-masing patogen (jamur, bakteri, virus dan nematoda) dan cara isolasi dan identifikasinya; siklus penyakit tumbuhan, segitiga penyakit tumbuhan (virulensi patogen, inang, dan pengaruh kondisi lingkungan) serta penerapan konsep segitiga penyakit tanaman dalam pengendalian penyakit tanaman. Dengan memahami beberapa unsur tersebut, maka dapat diupayakan minimalisir kejadian penyakit tumbuhan serta upaya strategi cara pengendalian masing-masing patogen. Penulisan buku ajar ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang memerlukan serta mahasiswa pertanian khususnya. Dengan terbitnya buku ajar ini diharapkan dapat menjadi pendukung bahan kuliah dan literatur praktek yang berkaitan dengan ilmu pengendalian penyakit tumbuhan.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan buku ini masih banyak kekurangan. Oleh karenanya penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan penerbitan yang akan datang.

Malang, Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Prakata - v

Daftar Isi - ix

Bab 1. Penyakit Tumbuhan - 1

- A. Pengertian Penyakit Tumbuhan - 1
- B. Mengamati Penyakit Tumbuhan - 2
- C. Gejala Penyakit Tumbuhan - 3
- D. Menentukan Penyebab Penyakit Tumbuhan - 8

Bab 2. Penyakit Tumbuhan Disebabkan oleh Jamur - 13

- A. Pengertian Umum - 13
- B. Morfologi Jamur - 14
- C. Perbanyakan (Reproduksi) Jamur - 15
- D. Klasifikasi Jamur - 16
- E. Ekologi dan Penyebaran - 16
- F. Identifikasi Jamur - 24
- G. Cara Isolasi Patogen Jamur - 26
- H. Siklus Hidup Jamur - 27

Bab 3. Penyakit Tumbuhan Disebabkan oleh Bakteri - 31

- A. Pengertian Umum - 31
- B. Ciri-ciri Bakteri Patogen Tumbuhan - 34
- C. Identifikasi dari Bakteri - 34
- D. Gejala Penyakit Tumbuhan Disebabkan oleh Bakteri - 37

X PENYAKIT TUMBUHAN

- E. Perbanyak Bakteri - 38
- F. Ekologi dan Penyebaran Bakteri - 39
- G. Bakteri-bakteri Penyebab Penyakit - 40

Bab 4. Penyakit Tumbuhan Disebabkan oleh Virus - 45

- A. Pengertian Umum - 45
- B. Ciri-ciri Virus Tumbuhan - 46
- C. Fungsi Biologi Komponen Coding Virus - 50
- D. Infeksi Virus dan Sintesis Virus - 51
- E. Perpindahan dan Penyebaran Virus dalam Tumbuhan - 53
- F. Gejala-gejala yang Disebabkan oleh Virus Tumbuhan - 54
- G. Fisiologi Virus Menginfeksi Tumbuhan - 56

Bab 5. Nematoda Sebagai Penyebab Penyakit Tumbuhan - 59

- A. Pengertian Umum - 59
- B. Struktur Umum dan Biologi Nematoda - 60
- C. Sistem Reproduksi Nematoda - 61
- D. Penyebaran dan Pertahanan Nematoda - 61
- E. Gejala Penyakit yang Disebabkan oleh Nematoda - 62
- F. Identifikasi Nematoda Parasit Terhadap Tanaman - 63
- G. Penyakit-penyakit yang Disebabkan oleh Nematoda - 66

Daftar Pustaka - 75

Indeks - 77

Glosarium - 79

Tentang Penulis - 83

PENYAKIT TUMBUHAN

A. Pengertian Penyakit Tumbuhan

Kondisi penyakit tanaman didefinisikan dalam banyak pandangan. KAwalnya Stakman dan Harrar (1957 dalam Brown, JF, 1980) mendefinisikan bahwa penyakit tanaman adalah sebagai deviasi dari pertumbuhan normal dan struktur yang nampak dari tanaman tersebut lemah atau secara ekonomi nilai mutunya rendah. Banyak penulis berpendapat bahwa tanaman sakit jika diserang oleh beberapa faktor yang bergabung dengan kegiatan sel/jaringan tanaman normal. Dikemukakan pula bahwa sebuah tanaman sakit, seperti deviasi/penyimpangan dari fungsi proses fisiologis secara normal di dalam tanaman. Hal tersebut cukup lama dan intensif dalam menyebabkan gangguan aktifitas utama. Kejadian tanaman yang dipengaruhi gangguan fisiologis ditunjukkan dalam bentuk gejala.

Menurut kamus Inggris Oxford mendefinisikan sebuah penyakit sebagai kondisi "*morbid*" dari batang tanaman atau bagian-bagiannya. Suatu penyakit dapat dihasilkan oleh parasit (insekta, jamur, bakteri, virus dsb) atau pengaruh dari kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Parasit adalah hewan atau tumbuhan yang hidup di dalam organisme lain dan mengambil nutrisi dari organisme lain tersebut. Parasit-parasit yang menyebabkan penyakit sering disebut patogen, kemudian dalam perkembangan penyakit tanaman kondisi parasit dan patogen seringkali dianggap sama.

Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri dan virus dipelajari dalam patologi tumbuhan. Pada beberapa daerah penyakit-penyakit yang disebabkan oleh nematoda juga dipelajari dalam patologi tumbuhan, sementara di lain daerah tidak. Penyakit-penyakit yang dihasilkan oleh serangan Arthropoda (insekta, mite, dsb.) dan Mollusca (snail dan slug) dipelajari oleh ahli Entomologi Pertanian.

Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh non-parasitik (defisiensi nutrisi, kondisi lingkungan yang ekstrim, dsb.) secara normal dipelajari oleh ahli penyakit tumbuhan, ahli fisiologi, ahli agronomi, dan ahli hortikultura. Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh agents yang berbeda dipelajari oleh mereka yang bekerja dalam disiplin ilmu yang berhubungan perbedaan cara yang digunakan untuk mempelajari tipe agents penyebab penyakit. Perbedaan metode yang digunakan untuk mempelajari penyakit yang disebabkan oleh jamur dan virus (keduanya dipelajari oleh ahli penyakit tanaman) yaitu jauh lebih luas perbedaannya dibandingkan dengan metode yang digunakan untuk mempelajari penyakit yang disebabkan oleh nematoda (ahli penyakit tumbuhan) dan insekta (ahli serangga).

Kenampakan penyakit tanaman yang diakibatkan oleh serangan insekta seringkali sama dengan kenampakan penyakit tanaman yang disebabkan oleh serangan kelompok parasit lainnya. Misalnya *Cochliobolus victorae* menyebabkan penyakit pada tanaman sebagai hasilnya adalah sebuah racun yang diproduksi oleh jamur tersebut. Sama halnya dengan insekta misalnya "*spotted alfalfa aphid*" menyebabkan penyakit sebagai hasil racun yang diinjeksikan dalam jaringan inang tersebut. Pengaruh dari beberapa insekta dan nematoda dalam inang adalah seperti halnya dalam kedua "*sap*" ekstrak dalam jaringan inang tersebut.

B. Mengamati Penyakit Tumbuhan

Meneliti penyakit tanaman adalah memperhatikan pengertian secara alami dari penyakit tanaman, untuk itu harus paham dengan apa yang dimaksud:

1. Apa yang dimaksud dengan penyakit tanaman.
2. Apa gejala penyakit tanaman.
3. Apa penyebab penyakit tanaman.
4. Bagaimana penyebab dari terbentuknya penyakit tanaman.
5. Bagaimana tanaman tahan terhadap parasit.
6. Bagaimana parasit tanaman menyebar.
7. Bagaimana parasit menyerang tanaman dan apa hubungannya hingga bisa masuk dalam jaringan inang.

8. Bagaimana tanaman tahan oleh serangan parasit dan apakah faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan tanaman terhadap penyakit.
9. Apa faktor-faktor yang mempengaruhi epidemi.
10. Bagaimana kehilangan yang disebabkan oleh penyakit tanaman disa ditafsirkan.
11. Apakah strategi yang tersedia untuk mengendalikan penyakit tanaman.

Dalam kondisi alami komunitas tanaman seringkali berasosiasi dengan spesies yang berbeda, yang mana beberapa diantaranya diserang oleh parasit sementara yang lain tidak. Secara individual dari spesies sering menunjukkan banyak variasi dalam suseptibilitasnya terhadap parasit. Keberadaan non-inang dalam populasi tanaman akan terdapat sebuah penghalang terhadap perkembangan parasit dalam inang yang disukai tersebut. Selanjutnya keberadaan kultivar tidak disukai dalam populasi inang akan membebani perkembangan populasi parasit lebih lanjut. Perbedaan genetik dari komposisi komunitas tanaman secara alami akan mempengaruhi pengurangan kepadatan dari jaringan inang yang tersedia untuk diserang oleh parasit. Faktor inilah yang dapat membatasi laju dari perkembangan epidemi dalam komunitas tanaman secara alami.

C. Gejala Penyakit Tumbuhan

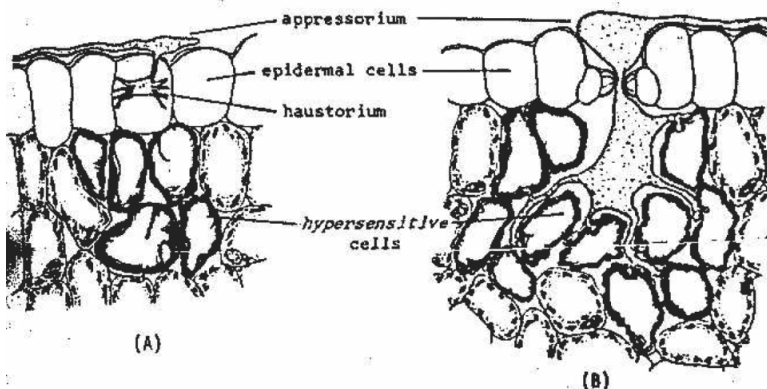
Tanda-tanda eksternal atau gejala dari penyakit tanaman dihasilkan dari gangguan yang ditimbulkan oleh parasitik atau non-parasitik agents. Gejala disebabkan oleh tidak berfungsinya salah satu sistem atau kombinasi dari beberapa sistem dalam jaringan inang. Gangguan dapat dihasilkan dari kerusakan-kerusakan didalam kemampuan tanaman: menyerap dan mentranslokasikan air dan nutrisi; terhadap pengurangan kemampuan berfotosintesis; atau terhadap ketidakmampuan tanaman bereproduksi secara normal. Kerusakan/gangguan tersebut berperan penting terhadap gejala-gejala umum dari penyakit termasuk ketidakhematan (pemborosan, misalnya proses transpirasi yang berlebihan), pertumbuhan terhambat dan berkurangnya hasil.

Gejala-gejala penyakit diklasifikasikan dalam banyak pendapat oleh penulis yang berbeda. Dengan beberapa perkecualian, gejala penyakit dapat dibedakan secara garis besarnya dalam empat katagori.

1. Kematian atau kerusakan dari jaringan inang.
2. Layu, kematian secara cepat.
3. Pertumbuhan tidak normal dan deferensiasi.
4. Diskolorasi (perubahan warna / penyimpangan warna) dari jaringan inang.

1. Kematian atau Kerusakan Jaringan Inang

Beberapa anggota dari sebagian besar kelompok parasit tanaman dapat menyebabkan kematian atau kerusakan jaringan inang. Beberapa parasit mengeluarkan enzim yang menyebabkan kematian dan hancurnya jaringan. Misalnya beberapa jamur dan bakteri patogen hanya dapat memperoleh nutrisi dari sel inang yang mati yang mereka bunuh dengan sekresi enzim ekstra seluler dalam perkembangannya. Patogen selanjutnya tumbuh dalam jaringan yang mati tersebut. Beberapa dari penyakit busuk buah, tuber dan jaringan penyimpanan lainnya hasil dari reaksi enzimatik yang merusak jaringan inang. Beberapa nematoda membunuh sel inangnya dengan sekresi enzim dalam sel sebelum nematoda tersebut menghisap keluar isi sel.



Gambar 1.1. Jaringan Tanaman yang Terinfeksi oleh Jamur dan Jamur tersebut Mengeluarkan Toksin yang Menyebabkan Kematian Jaringan Tanaman

Parasit menyebabkan kematian dari jaringan inang dengan sekresi komponen racun. Jamur *Cochliobolus victorae* yang menyerang kultivar tertentu dari oat mengeluarkan sebuah racun (*victorin*) yang menghasilkan gejala dari penyakit pada jaringan inang yang

suseptibel, tetapi pada jaringan yang resisten tidak. Seperti juga jamur yang menyebabkan penyakit milo dari sorghum (*Periconia circinata*) menghasilkan racun periconin yang menyebabkan blight kecambah, busuk mahkota dan busuk akar dari kultivar sorghum tersebut yang suseptibel terhadap racun. Produksi racun tidak terbatas pada jamur patogen, bakteri *Pseudomonas tabacci* menyebabkan penyakit *wildfire* tanaman tembakau. Contoh jaringan yang terkena racun akibat infeksi patogen (jamur atau bakteri) seperti disajikan pada Gambar 1.1.

Bercak nekrotik yang dihasilkan oleh serangan parasit mungkin dapat setempat atau dapat juga meluas. Penyakit-penyakit bercak nekrotik setempat sering ditunjukkan seperti penyakit leaf spot (*Cercospora*, *Septoria*, dsb.). Perluasan atau penyebaran bercak nekrotik, arel penyebarannya hingga seluruh organ atau tanaman tersebut mati. Perluasan bercak nekrotik dapat dihasilkan dari bercak tunggal atau gabungan dari sejumlah bercak-bercak individual. Perluasan bercak-bercak nekrotik terjadi pada penyakit seperti *potato blight* (*Phytophthora infestans*) dan *taro blight* (*Phytophthora colocasiae*).

2. Layu, Dieback dan Asosiasi Gejala-gejala

Sebagai kondisi yang digunakan untuk menunjukkan sebuah kehilangan kesegaran dan jatuhnya bagian tanaman yang ada di atas permukaan tanah. Sebuah tanaman atau bagian tanaman layu bila kekurangan air dalam jaringannya, hal ini terjadi bila kehilangan air lebih banyak dibanding air yang diikat (*up take*).

Layu dapat dihasilkan dari stau atau kombinasi faktor-faktor berikut ini:

- a. Gangguan absorpsi air oleh akar, halini dapat dihasilkan dari kekurangan air dalam tanah disebabkan oleh kemarau, kerusakan dari jaringan akar oleh parasit.
- b. Gangguan aliran air oleh tanaman (rusaknya sistem vaskuler oleh parasit atau kesalahan fungsi air akibat invasi patogen.
- c. Hilangnya kendali dari transpirasi. Beberapa patogen menunjukkan intervensi dengan tanaman sehingga tanaman tidak mampu mengatur laju transpirasi.

Gejala termasuk kematian secara cepat bagian-bagian cabang dan akr dari tanaman. Umumnya gejala dieback pada ujung dari bagian tanaman, selanjutnya ke bagian-bagian yang lebih tua (tanaman bagian

bawah). Layu disebabkan oleh gangguan keseimbangan air dalam tanaman akibat dari disintegrasi / penyimpangan jaringan (terutama akar) atau pengeblokan (*blocking*) dari pembuluh xilem. Pada beberapa kasus, tipe gejala layu dihasilkan dari absorpsi atau up take dari garam-garam beracun termasuk herbisida.

Damping off, hōdala nama yang diberikan terhadap statu penyakit yang busuk kecambah dekat permukaan tanah (*post-emergence damping off*) atau halangan terjadinya perkecambahan (*pre-emergence damping off*). Bilamana statu perkecambahan tahan terhadap *damping off*, *damping off* yang sebenarnya biasanya disebabkan oleh infeksi satu atau kombinasi dari genus jamur *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium* atau *Phytophthora*). Gejala-gejala mirip *damping off* dapat dihasilkan dari serangan parasit-parasit lain termasuk inserta, khususnya *cutworm*, *weevil*, *beetles*.

3. Pertumbuhan Tidak Normal dan Deferensiasi

Pada tanaman sehat morfogenik dan proses metabolisme pertumbuhan, differensiasi seluler dan organogenesisnya teratur. Tanaman normal reaksi tersebut tampak seimbang dalam bagian-bagian secara dinamis. Penyimpangan dari reaksi kompleks tersebut akan memisahkan sistem keseimbangan dan dapat memainkan pertumbuhan tidak normal dan differensiasi. Pertumbuhan tersebut dimodifikasi oleh parasit atau oleh agents non-patogenik seperti hormon herbisida. Beberapa parasit mampu merubah aktifitas keseimbangan hormonal dari inang menjadi tidak normal dan usuran sel meningkat (*hipertrophy*) atau berakibat peningkatan jumlah sel dari aktifitas merestematik (*hiperplasia*). Perubahan tersebut menghasilkan pertumbuhan tidak normal dan deferensiasi (perubahan) jaringan inang yang umumnya disebut "*galls*", nodul, jaringan kalus, dan sapu.

Gall adalah bengkak setempat yang disusun oleh sel-sel yang tidak terorganisir. Pengaruh *gall* pada pertumbuhan tanaman tergantung pada tempatnya. *Root gall*, misalnya dapat menghalangi efisiensi penyerapan air dan nutrisi dan menyebabkan tanaman layu dan tanaman menjadi tidak hemat. *Gall* pada bunga dapat mengganggu kemampuan tanaman untuk memproduksi, *Gall* batang dapat menyebabkan berkurangnya efisiensi dari translokasi air dan nutrisi, seluruh bagian tanaman dapat dan menghasilkan *gall*, misalnya:

- a. *Root gall* pada tanaman *Criciferae* (*Plasmodiphora brassicae*), disebabkan oleh nematoda *Meoidogyne spp.*

- b. *Leaf gall*, yang disebabkan oleh inserta: *trips*, *aphid*, dan lainnya.
- c. *Gall* batang, *crown gall*, disebabkan oleh *Agrobacterium radiobacter var. tumefaciens*.
- d. *Gall* bunga disebabkan oleh *Claviceps purpurea*. Bakteri yang menyebabkan *croen gall* mampu menyebabkan sel tanaman normal dirubah menjadi sel tumor, satu sel tumor diinisiasi oleh bakterium.

Pada tanaman tomat yang bagian daunnya mengakami pencoklatan akibat serangan mikoplasma (*Orosius argentatus*), yang mempunyai kisaran inang luas. Pada tomat, micoplasma yang menyebabkan gejala pada bagian tanaman tetapi bila menyerang bunga menampilkan gejala yang menyolok. Bagian ujung bunga kebanyakan membesar dan perkembangannya tidak sempurna. Bagian sepal sering gagal untuk memisah dan seluruh bunga yang tersisa berwarna hijau, bunga-bunga yang tidak normal tidak membentuk biji.

4. Diskolorasi dari Jaringan Inang

Tipe yang paling umum dari diskolorasi yang terjadi pada tanaman adalah klorosis dan mosaik, kedua-duanya dapat disebabkan oleh sejumlah agensia yang berbeda. Banyak faktor yang menghalangi produksi klorofil atau sebab kerusakannya dapat mengakibatkan terbentuknya jaringan kuning atau mati. Klorosis dapat akibat dari kekurangan elemen-elemen yang dibutuhkan untuk menghasilkan klorofil seperti nitrogen, mangan, magnesium, besi dsb., dari penyebab genetik (albino) atau diserang oleh parasit tanaman. Mosaik, sama halnya pada klorosis kecuali ada yang lain, terjadi pada area hijau gelap dan terang pada jaringan fotosintesis. Mosaik, gejalanya penyakit hadala oleh beberapa virus. Serangan inserta juga menghasilkan tipe dari klorosis dan mosaik. Biasanya kenampakannya adalah "streaky" dan ini disebabkan oleh kerusakan jaringan daun oleh hisapan kupu atau *thrips*, contoh gejala yang sering terjadi adalah "silvering".

Beberapa tanaman menghasilkan pigmen antosianin (perubahan warna merah keunguan/lembayung), dalam tanggapannya terhadap parasit atau ketersediaan nutrisi. Hal tersebut tidak umum untuk bercak local nekrosis yang disebabkan oleh patogen disekeliling zone merah atau lembayung disebabkan oleh produksi pigmen antosianin, seperti statu gejala yang umum pada daun yang diserang oleh serangga tertentu.

Tipe diskolorasi pada tanaman berhubungan dengan proses pembungaan, dimana bagian bunga berkembang secara berbagai tipe dengan warna yang beraneka ragam. Misalnya jika bunga tulip yang diinfeksi tulip virus, mosaik atau gladiolus diinfeksi oleh cucumber mosaik virus, bagian petal bunga menunjukkan pola melingkar dari areal pigmentasi dan warnanya lain, lebih cerah.

Gejala-gejala oleh serangkaian parasit mengakibatkan interaksi antara inang, patogen dan lingkungan. Gejala-gejala khusus dari interaksi antara genotip sebuah partikel inang dan patogen dapat dimodifikasi oleh lingkungan. Sesuai dengan penyebabnya, penyakit tanaman dapat dibedakan dalam dua tipe,

- a. Penyakit-penyakit yang gejalanya diakibatkan oleh serangan organisme hidup. Penyakit-penyakit parasitik terutama disebabkan oleh arthropoda, nematoda, jamur, bakteri dan virus. Parasit-parasit tanaman yang kurang penting termasuk beberapa tumbuhan berbunga, ganggang, protozoa, molluska dan mammalia tertentu.
- b. Non-patogenik atau penyakit fisiologis yang gejalanya disebabkan oleh lingkungan yang merugikan yaitu ketidak seimbangan nutrisi, temperatur yang tidak sesuai, kebocoran oksigen, kelebihan karbon dioksida, kerusakan oleh polutan dsb.

D. Menentukan Penyebab Penyakit Tumbuhan

Seringkali tidak mungkin menentukan penyebab dari penyakit berdasarkan pada gejalanya saja. Misalnya bercak nekrosis likal pada daun, mungkin disebabkan oleh sejumlah agents patogenik dan non-patogenik. Seperti halnya *gall* pada tanaman, mungkin disebabkan oleh insekta, nematoda, jamur bakteri dan virus, dan juga agents non-patogenik seperti hormon yang dikeluarkan oleh tanaman pengganggu (allelapati). Oleh karena hal tersebut penting untuk dapat digunakan sebagai diagnosa penyebab dari partikel penyakit apakah disebabkan oleh agents parasitik atau non-parasitik. Setelah penyebabnya dapat ditentukan, strategi pengendalian yang tepat dapat direkomendasikan.

Pemeriksaan terhadap penyakit tanaman selalu didekati secara lengkap penyebab dan kemungkinan keberadaan agents lain dapat diantisipasi. Tahap pertama menentukan penyebab penyakit tanaman adalah membersihkan berbagai patogenik. Pengamatan secara detil dari

gejala penyakit menggunakan kaca pembesar atau steriomikroskop. Seandainya keberadaan insekta, nematoda atau jamur pada struktur pembuahan, salah satu dapat dicurigai sebagai penyebab hubungan antara keberadaan organisme dan penyakit. Insekta atau jamur dapat sebagai parasit atau saprofit yang hanya berkolonisasi di jaringan inang, secara cepat dibunuh oleh beberapa agents lain.

Seandainya organisme yang berasosiasi dengan gejala penyakit dapat diidentifikasi, dan organisme tersebut menunjukkan parasit yang menyebabkan gejala yang sama pada tanaman, maka diasumsikan bahwa ada hubungan antara keberadaan organisme dengan penyakit. Buku-buku referensi dan daftar penyakit adalah penting dalam memeriksa dan menentukan penyebab penyakit tanaman.

Sebuah kesangsian apakah organisme yang berasosiasi dengan penyakit adalah suatu parasit dapat dibuktikan dengan yang diteliti melalui penerapan postulat Koch's.

1. Identifikasi Penyakit Menurut Postulat Koch's

Jika patogen ditemukan dalam sebuah tanaman sakit, patogen diidentifikasi secara khusus, bila patogen diketahui menyebabkan sebuah penyakit dan diamati secara terpecah bahwa tidak ada agents penyebab lain yang mempengaruhi. Kemudian pengamatan penyakit mungkin kurang lengkap. Bila patogen didapat tampaknya menyebabkan penyakit tetapi tidak ada data pendukung yang dilaporkan, kemudian mengikuti tahapan untuk membenarkan/membuktikan hipotesis bahwa patogen yang diisolasi menyebabkan penyakit.

Penerapan dari postulat Koch's untuk situasi penyakit tanaman dapat diringkas sebagai berikut:

- i. Patogen harus ditemukan bersama-sama dengan penyakit pada seluruh tanaman sakit yang diuji.
- ii. Patogen harus dapat diisolasi dan ditumbuhkan pada biakan murni dalam media nutrisi dan ciri-cirinya digambarkan (parasit non-obligat), atau patogen tersebut dapat ditumbuhkan pada tanaman inang yang suseptibel (parasit obligat) dan hal tersebut terlihat dan pengaruhnya dicatat.
- iii. Patogen dari biakan murni harus dapat digunakan pada tanaman sehat dari spesies yang sama atau varietas yang sama yang mana kenampakannya penyakit yang dihasilkan terhadap tanaman yang

diinokulasi penyakitnya harus sama. Tanaman sehat dari spesies kultivar inang yang sama dapat diinokulasi dengan parasit yang dicurigai. Organisme yang diisolasi pada atau dalam tanaman dapat menghasilkan gejala penyakit atau kerusakan yang sama dengan tanaman dimana agents tersebut diisolasi.

- iv. Patogen harus dapat diisolasi pada biakan murni lagi dan ciri-cirinya harus tepat seperti yang diamati pada tahap ii.

Kalau seluruh tahapan di atas biasanya diketahui sebagai postulat Koch's dilaksanakan dan diikuti dengan benar kemudian patogen yang diisolasi diidentifikasi sebagai organisme yang dapat tanggap terhadap penyakit.

Percobaan selanjutnya mengisolasi parasit dari tanaman sakit yang dinokulasi secara buatan. Bila organismenya sama dengan organisme yang diisolasi sebelumnya, sesuai dengan postulat Koch's membuktikan bahwa organisme tersebut adalah parasitnya. Seandainya organisme yang diisolasi pada tahap ii adalah saprofit atau parasit sekunder, kemudian hal tersebut tidak akan menghasilkan gejala penyakit pada tanaman yang diinokulasi secara buatan. Bilamana organisme yang diisolasi pada tahap iv berbeda dengan yang diisolasi pada tahap ii, dicurigai terjadi kontaminasi dan ada kekeliruan terhadap identifikasi yang dilakukan.

Seandainya organisme yang berasosiasi dengan penyakit tidak mengikuti tapan postulat Koch's secara langsung hal tersebut bukan berarti bukan penyebab penyakit. Hal tersebut mungkin teknik yang digunakan keliru dan teknik khusus digunakan untuk mempelajari berbagai kelompok parasit tanaman. Beberapa jamur dan bakteri dapat dikultur dengan mudah pada media agar buatan yang mengandung nutrisi. Beberapa jamur, seperti *downy mildews*, *powdery mildew* dan karat, semuanya adalah parasit obligat dan tidak dapat dikultur secara cepat di media buatan. Sebagian besar parasit tanaman seperti halnya insekta dan nematoda dan semua virus adalah parasit obligat. Parasit obligat biasanya diisolasi dalam "kultur murni" menggunakan suatu inang yang cocok/sesuai sebagai medium kultur. Tentu saja serangga hama dapat dibesarkan/dipelihara dalam makanan buatan tapi harus dibiakan dalam tanaman inangnya untuk akhirnya menghasilkan gejala serangan yang khusus.

Bilamana organisme tidak dapat diisolasi dari tanaman sakit satu cara untuk menyelidikinya, misalnya virus atau agents non-patogenik yang responsibel terhadap penyakit. Sebelum virus dapat berimplikasi sebagai penyebab penyakit, dibutuhkan petunjuk bahwa penyakit dapat dipindahkan dari tanaman yang sakit ke tanaman sehat. Bila inokulasi sap mekanis gagal memindahkan penyakit kemudian dicoba memindahkan penyakit dengan menyambung tanaman sakit ke tanaman sehat atau menggunakan vektor yang sesuai seperti seekor parasit tanaman berbunga atau serangga. Identifikasi dari sap yang tidak bisa menularkan virus adalah sukar, tanpa pengetahuan yang banyak tentang hubungan antara virus dengan vektornya. Selanjutnya peralatan, pengalaman adalah dibutuhkan untuk identifikasi penyakit-penyakit virus. Bilamana penyakit-penyakit non-patogenik dicurigai, keberadaan kondisi lingkungan selama serangan gejala penyakit dapat diteliti dengan hati-hati. Informasi didapat dari perlakuan yang diberikan pada tanaman yang diteliti (irigasi, pemupukan, penyemprotan, dsb.), dan kemungkina kekurangan nutrisi atau keseimbangan atau kondisi lingkungan yang tidak sesuai.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENYAKIT TUMBUHAN DISEBABKAN OLEH JAMUR

A. Pengertian Umum

Jamur adalah sekelompok parasit tanaman yang secara ekonomis penting. Pada banyak fase pertumbuhan tanaman budidaya (demikian halnya hasilnya) dipengaruhi oleh serangan jamur. Oleh karena itu, program perlindungan tanaman memerlukan banyak pengetahuan biologi dan pathogen jamur termasuk aspek identifikasinya. Tidak seperti tanaman hijau, jamur merusak klorofil dan pigmen fotosintetik lainnya. Heterotrop, mereka mendapatkan kebutuhan energi melalui oksidasi substrat organik. Dalam hal ini jamur harus mengeluarkan enzim yang sesuai untuk menghancurkan berbagai komponen bahan organik untuk diabsorpsi. Tipe enzim diproduksi kebanyakan ditentukan derajat spesialisasi fisiologi dalam klasifikasi jamur. Pada dasarnya tipe substrat yang diperlukan jamur dibedakan dalam dua kelompok ekologi

1. Parasit memperoleh nutrisi tersebut dengan menginfeksi organisme hidup.
2. Saprofit, yang memerlukan bahan organik mati.

Needham, adalah orang pertama yang mendeskripsikan penyakit tanaman disebabkan oleh nematoda. Beliau mendeskripsikan penyakit *gall* pada biji gandum yang sekarang diketahui disebabkan oleh nematoda *Anguina tritici*. Pada penyakit ini biji gandum diserang *gall* yang berisi ribuan larva nematoda.

Jamur yang hidup pada jaringan inang tertentu tidak dapat dikultur pada media buatan, dan diketahui sebagai parasit obligat, dan yang hidup dalam bahan mati dan tidak mampu menginfeksi organisme hidup disebut saprofit obligat. Yang mampu menyebabkan penyakit atau hidup pada bahan organik, menurut keberadaannya disebut parasit fakultatif.

Lebih dari 100 ribu spesies jamur diketahui sebagai saprofit, hidup dalam bahan organik mati yang dapat membantu dekomposisi. Kira-kira 50 spesies menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan. Lebih dari 8000 spesies dari jamur dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Semua tanaman yang terserang oleh berbagai macam jamur dan masing-masing jamur parasit dapat menyerang satu atau beberapa macam tanaman.

Beberapa jamur dapat tumbuh dan berkembang-biak hanya dengan menetap di dalam jaringan tanaman inang selama hidupnya (parasit obligat), disisi lain sebagian dari siklus hidupnya dapat dilengkapi pada media buatan, dan masih dapat tumbuh dan berkembang pada bahan organik mati sebagaimana pada tanaman hidup (non parasit obligat).

B. Morfologi Jamur

Jamur adalah organisme eukariotik yang cirri-cirinya terdiri dari: *non-motile*, multinukleat, filamen-filamen bergabung yang disebut "hifa". Hifa dari jamur secara kolektif membentuk *thallus* vegetatif yang disebut miselium. Tidak seperti dinding sel tanaman, kebanyakan jamur dinding selnya mengandung chitin, hemiselulose (glucose, mannan, galaktan), selulose dan lipid. Chitin predominan pada jamur tingkat tinggi, sementara selulose adalah komponen dinding sel Ascomycetes. Walaupun komponen dinding sel pada takson jamur relative statik, perubahan kimia disebabkan oleh umur dan faktor lingkungan. Pigmentasi dari dinding hifa oleh komponen melanin adalah umum pada beberapa jamur seperti *Aematiaceous*, *Hyphomycetes*. Bila dinding sel tidak berwarna, hifanya hialin.

Kadang-kadang hifa berwarna mungkin sesuai dengan larutan pigmen dalam sitoplasma. Miselia jamur aslinya dari perkecambah yang dibentuk propagul seperti spora. Sebuah tabung kecambah yang terbentuk memanjang dan bercabang membentuk hifa. Percabangan dilanjutkan sesuai pola pertumbuhannya untuk menghasilkan miselium (atau koloni). Pada jamur tingkat tinggi (*Ascomycotina*, *Basidiomycotina*, *Deuteromycotina*) miseliumnya bersepta. Tidak seperti jamur tingkat rendah, terutama septa predominan dihasilkan dari mitosis pada hifa apeks.

Morfologi kebanyakan jamur mempunyai tubuh vegetatif yang terdiri dari perpanjangan filamen secara terus-menerus yang dapat menyilang dinding (septa). Tubuh jamur disebut miselium, yang secara individu bercabang atau filamen dari miselium disebut hifa. Tiap-tiap hifa atau miselium dapat sama tebal atau tipis seperti pita. Hifa dari beberapa jamur hanya 0,5 μm diameternya dan 100 μm lebih panjangnya. Pada beberapa jamur miseliumnya terdiri dari sel-sel yang mempunyai satu atau dua inti tiap selnya.

C. Perbanyakan (Reproduksi) Jamur

Jamur memperbanyak diri dengan spora, spora dapat dibentuk secara aseksual atau dihasilkan dari proses seksual. Pada jamur tingkat rendah spora aseksual dihasilkan di bagian kantung yang disebut sporangium dan dilepas langsung pada saat sporangium membuka. Beberapa spora ada yang mempunyai flagela (alat gerak) yang disebut oospora. Fungi yang menghasilkan spora aseksual disebut konidia dengan melepaskan/mematahkan sel lateral atau spora-spora aseksual (konidia) dihasilkan di dalam struktur dinding yang disebut "*pycnidia*".

Perbanyakan seksual terjadi pada sebagian besar kelompok jamur. Dua sel gamet yang ukurannya tampak sama dan bersatu menghasilkan sebuah *zygot*, disebut "*zygospora*". Disisi lain gamet yang ukurannya tidak sama membentuk *zygot* yang mana *zygot* yang dibentuk disebut oospora. Pada satu kelompok jamur (*Ascomycetes*), spora seksual biasanya jumlahnya delapan dihasilkan dalam sel *zygot*, ascus dan sporanya disebut *ascospora*. Pada kelompok jamur lain (*Basidiomycetes*), spora seksual dihasilkan di luar *zygot* yang disebut basidium dan sporanya disebut basidiospora.

Pada kelompok jamur (jamur tidak sempurna) tidak ada perbanyakan seksual atau reproduksi seksual belum diketahui. Jamur tersebut jelas kelihatan reproduksinya hanya aseksual. Perpaduan dari nukleus seksual dalam *zygot* menghasilkan satu nukleus diploid (2N). Biasanya pembelahan pertama dari nukleus tersebut adalah meiosis sehingga seluruh nukleus mengandung haploid (1N), kecuali tiba-tiba telah bersatunya nukleus gamet.

D. Klasifikasi Jamur

Ada beberapa problem yang berhubungan dengan klasifikasi jamur ada banyak perbedaan dari tulisan yang muncul diantara ahli jamur seperti sistem katagori pengelompokan jamur dalam kelompok taksonomi dari jamur dapat dibedakan berdasarkan kode tata nama botani internasional dengan standar akhiran, yaitu:

Devisio	: mycota
Sub Devisio	: mycotina
Kelas	: mycetes
Sub Kelas	: mycetidae
Ordo	: ales
Famili	: aceae
Genus	: tidak ada standart akhiran
Spesies	: tidak ada standart akhiran

Contoh klasifikasi dari tiga jamur menurut beberapa penulis ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Contoh Klasifikasi Tiga Spesies Jamur Menurut Beberapa Penulis

Kingdom	: Jamur	Jamur	Jamur
Divisio	: Eumycota	Eumycota	Eumycota
Subdivisio	: Mastigomycotina	Ascomycotina	Deuteromycotina
Kelas	: Ooomysetes	Loculoscomycetes	Hyphomycetes
Subkelas	:	Loculoascomycetidae	
Ordo	: Peronosporales	Dothideales	Hyphomycetales
Famili	: Pythiaceae	Dothideaceae	Dematiaceae
Genus	: <i>Phytophthora</i>	<i>Mycosphaerella</i>	<i>Alternaria</i>
Spesies	: <i>P. palmivora</i>	<i>M. musicola</i>	<i>A. brassicae</i>

E. Ekologi dan Penyebaran

Hampir seluruh jamur patogen tanaman melewati sebagian hidupnya dalam tanaman inang dan sebagian di dalam tanah atau

dalam reruntuhan tanaman dalam tanah. Beberapa jamur melewati seluruh hidupnya dalam jaringan inang dan hanya spora dapat mendarat di tanah dimana spora jamur tersebut tidak aktif hingga mereka terbawa biji pada inang yang mana mereka tumbuh dan memperbanyak diri. Jamur lain misalnya *Venturia*, dapat melewati sebagian hidupnya pada inang sebagai parasit dan sebagian pada jaringan mati di dalam tanah sebagai saprofit dalam melengkapi siklus hidupnya secara alami. Ada juga kelompok jamur yang secara terus menerus berasosiasi dengan jaringan inang (apakah hidup atau mati) dan di alam tidak dapat tumbuh pada bahan organik jenis lainnya. Ketiga kelompok jamur yang tumbuh parasit pada inangnya, tapi mereka melanjutkan hidupnya tumbuh dan memperbanyak diri pada jaringan mati dari inang setelah inang tersebut mati, dan dapat melanjutkan hidupnya pindah keluar dari reruntuhan inang dalam tanah atau bahan tanaman lain yang rusak yang mana mereka tumbuh dan memperbanyak sebagai saprofit.

Bahan tanam mati yang mereka butuhkan untuk untuk kolonisasi tidak ada hubungannya dengan seluruh inang yang mereka parasit. Kelompok jamur ini biasanya patogen tanah yang mempunyai kisaran inang luas dan dapat bertahan di dalam tanah selama beberapa tahun tanpa adanya tanaman inang. Walaupun demikian mereka membutuhkan tanaman inang dari waktu ke waktu untuk meningkatkan populasinya. Secara berlarut-larut untuk melanjutkan pertumbuhannya jamur tersebut sebagai saprofit dalam tanah.

Selama jamur fase parasit, posisinya diasumsikan bermacam-macam dalam hubungannya dengan sel dan jaringan tanaman. Beberapa jamur misalnya powderi mildew tumbuh di luar permukaan tanaman, tapi mengirimkan organ hidupnya (*haustoria*) di dalam sel epidermis dari tanaman. Jamur *Venturia*, tumbuh hanya diantara kutikula dan sel epidermal. Hanya tumbuh diantara sel di dalam ruang interseluler dan dapat/tidak dapat mengirimkan *haustoria* di dalam sel.

Obligat parasit hanya dapat hidup dalam berasosiasi dengan sel hidup, tidak dapat memakan sel mati. Disisi lain non-obligat parasit, miseliumnya tidak pernah kontak dengan sel tanaman hidup sebab enzim *macerate* nya dan membunuh sel tanaman. Ketahanan dan keberadaan dari sebagian besar jamur patogen tanaman tergantung pada kondisi umum temperatur dan kelembaban atau keberadaan air

di lingkungannya. Miselium bebas bertahan hanya dalam kisaran temperatur (-5°C hingga 45°C) dan kontak dengan permukaan lembab di dalam atau di luar inang. Beberapa spora dapat menyebar dalam kisaran temperatur dan kelembaban seperti di atas dan membawa jamur langsung ke temperatur rendah pada periode dingin dan panas spora juga dapat berkecambah pada temperatur dan kelembaban yang sesuai. Selanjutnya jamur tingkat rendah memproduksi zoospora membutuhkan air bebas untuk produksi, bergerak dan perkecambahan zoospora.

Zoospora dapat berpindah hanya pada jarak yang sangat pendek (beberapa milimeter, mungkin centimeter). Hanya beberapa Myxomycetes dan Phycomycetes yang menghasilkan zoospora. Sebagian besar dari jamur patogen tanaman tergantung pada sebarannya dari tanaman ke tanaman dan ke bagian yang berbeda dari tanaman yang sama dalam penyebaran oleh agents seperti angin, air, burung, insekta, hewan lain dan manusia. Jamur terutama menyebar dalam bentuk spora. Potongan dari hifa dan masanya keras dari miselium diketahui sebagai sclerotia dapat juga disebarkan oleh agents yang sama.

Penyebaran spora pada hampir semua jamur adalah pasif, walaupun kemampuan sebaran pada beberapa jamur adalah kuat. Jarak sebaran spora bermacam-macam tergantung agents yang menyebarkannya. Angin adalah agents yang dapat menyebarkan spora paling penting bagi kebanyakan jamur dan dapat membawa spora melebihi jarak terjauh. Untuk jamur spesifik, agents lain seperti air atau serangga dapat memainkan peranan yang lebih penting dibanding angin dalam penyebaran sporanya.

Jamur yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman dapat diklasifikasikan dalam Tabel 2.2. dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2. Genus Jamur Tingkat Rendah yang Bersifat Patogen Tanaman

Kelas	Ordo	Genus
Myxomycetes	Physarales Plasmodiphorales	Fuligo, Macilago, dan Physarum, menyerang tanaman rendah. <i>Plasmodiphora</i> , <i>P. brassicae</i> , menyerang akar tanaman <i>crusifer</i> . <i>Polymyxa</i> , <i>P. graminis</i> , parasit pada gandum dan serealia lainnya. <i>Spongospora</i> , <i>S.subterranea</i> , penyebab <i>scab powdery</i> pada urbi kentang.
Phycomycetes Sub kelas: a. Chytridiomycetes	Chytridiales	<i>Olpidium</i> , <i>O. brassicae</i> , parasit pada akar kobis. <i>Physoderma</i> , <i>P. maydis</i> , menyebabkan pencoklatan pada jagung. <i>Synchytrium</i> , <i>S. endbioticum</i> menyebabkan kentang kerdil. <i>Urophlyctis</i> , <i>U. alfalfa</i> , penyebab kerdil.
b. Oomycetes	Saprolegniales Pheronosporales Famili: a. Pythiaceae b. Albuginaceae c. Peronospoceae	<i>Aphanomycetes</i> , penyebab busuk akar pada kebanyakan sayur-sayuran. <i>Pythium</i> , penyebab <i>damping off</i> dan busuk akar pada kecambah. <i>Albugo</i> , <i>A. candida</i> , penyebab karat putih pada <i>crucifer</i> . <i>Plasmopara</i> , <i>P. viticola</i> , penyebab <i>downy mildew</i> pada anggur. <i>Peronospora</i> , <i>P. nicotianae</i> penyebab <i>downy mildew</i> pada tembakau. <i>Bremia</i> , <i>B. lactucae</i> penyebab <i>downy mildew</i> pada selada. <i>Sclerospora</i> , <i>S. graminicola</i> , pada <i>grasses</i> . <i>Pseudoperonospora</i> , <i>P. cubensis</i> , penyebab <i>downy mildew</i> pada <i>cucurbitaceae</i> . <i>Rhizopus</i> , penyebab <i>sott-rot</i> pada buah dan sayur.
c. Zygomycetes	Mucorales	<i>Choanephora</i> , <i>C. cucurbitarum</i> penyebab <i>sott-rot</i> pada jeruk nipis.

Tabel 2.3. Genus Jamur Tingkat Tinggi yang Bersifat Patogen Tanaman

Kelas	Ordo	Genus
Ascomycetes Sub Kelas		
a. Hemiascomycetes	Taphrinales	Taphrina, penyebab daun keriting pada buah-buahan.
b. Euascomycetes	a. Erysiphales	<i>Erysiphe</i> , penyebab <i>downy mildew</i> <i>Micrphisphaera</i> , penyebab <i>downy mildew</i> . <i>Podosphaera</i> , <i>P. leucotrica</i> penyebab <i>downy mildew</i> . <i>Uncinula</i> , <i>U. necator</i> penyebab <i>downy mildew</i> pada anggur.
	b. Spaeriales	<i>Ceratocystis</i> , <i>C. ulmi</i> <i>Diaphorthe</i> <i>Endothia</i> , <i>E. parasitica</i> <i>Glomerella</i> , <i>G. eingulata</i> , penyebab antraks pada apel. <i>Gnomonia</i> penyebab antraks atau <i>leaf spot</i> . <i>Rosellinia</i> penyebab antraks atau <i>leaf spot</i> . <i>Valsa</i> , penyebab kanker pada pohon. <i>Xylaria</i> , penyebab kanker pada pohon.
	c. Hypocreales	<i>Claviseps</i> , <i>C. purpurea</i> <i>Gibberella</i> . <i>Nectria</i> , penyebab kanker pada pon.
	d. Myriangiiales	<i>Elsinoe</i> , penyebab kanker pada pon sitrus.
	e. Dothidiales	<i>Dibotryon</i> , <i>D. morbosum</i> <i>Dothidella</i> , <i>D. ulei</i> <i>Guignardia</i> , <i>G. bidwellti</i> <i>Mycosphaerella</i> , penyebab spot pada banyak tanaman <i>Ophiobolus</i> .
	f. Pleosporales	<i>Physalospora</i> , <i>P. obtusa</i> <i>Venturia</i> , <i>V. inaequalis</i> <i>Coccomyces</i> , <i>C. hiemalis</i> .
	g. Helotiales	<i>Diplocarpon</i> , <i>D. rosae</i> <i>Laphodermium</i> <i>Monilia</i> , <i>M. fructicola</i> <i>Rhytisma</i> , <i>R. acerinum</i> <i>Sclerotinia</i> , <i>S. sclerotiorum</i> .
	h. Pezizales	<i>Pseudopeziza</i> , <i>P. medicaginis</i> .

Lanjutan Tabel 2.3.

b. Homobasidiomycetes	b. Uredinales	<i>Cronartium</i> , <i>C. ribicola</i> , penyebab penyakit karat. <i>Gymnosporangium</i> , <i>G. juniperi-virginiana</i> , penyebab penyakit karat. <i>Melampsora</i> , <i>M. lini</i> , penyebab penyakit karat.
	a. Exobasidiales	<i>Phragmidium</i> , penyebab penyakit karat. <i>Puceinia</i> , penyebab penyakit karat. <i>Uromyces</i> , <i>U. phaseoli</i> , penyebab penyakit karat pada kacang-kacangan. <i>Corticium</i> <i>Exobasidium</i> , penyebab <i>gall</i> pada tanaman hias.
	b. Polyporales	<i>Fomes</i> , penyebab busuk tanaman pohon. <i>Pellicularia</i> (<i>Sclerotium</i>). <i>Polyborus</i> , penyebab busuk akar dan batang tanaman hutan. <i>Poria</i> , penyebab busuk batang tanaman hutan. <i>Stereum</i> , <i>Thanatephorus</i> penyebab busuk akar dan batang (<i>Rhizoctonia</i>) <i>Typhula</i> .
	c. Agaricales	<i>Armillaria</i> , <i>A. mellea</i> , penyebab busuk akar tanaman pohon. <i>Lenzites</i> , penyebab <i>browning</i> tanaman berkayu. <i>Marasmius</i> <i>Peniophora</i> , <i>Pholiota</i> , penyebab busuk putih tanaman hutan. <i>Pleurotus</i> , penyebab busuk putih tanaman hutan. <i>Schizophyllum</i> , penyebab busuk putih tanaman hutan.

Jamur (Sempurna/Seksual) yang Parasit Terhadap Tumbuhan

Sebagian besar jamur parasit adalah patogen aktif yang menyebabkan kerusakan pada tanaman inang pada fase *asexual* (tidak sempurna) dari pertumbuhannya. Secara lengkapnya fase sempurna pada siklus

hidup Namur (biasanya pada jaringan inang yang mati atau hampir mati), tersedia inokulum tambahan yang biasanya tahan terhadap lingkungan yang ekstrim. Namur parasit tanaman dalam subdivisi Mastigomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina dan Basidiomycotina.

Subdivisio Mastigomycotina

Kelompok Namur ini relatif kecil, terdiri dari 190 genus dan 1.100 spesies. Menghasilkan potongan (aseksual) zoospora dan chytrid menghasilkan potongan gamet. Disini jamur tergantung pada keberadaan air bebas untuk reproduksi pada beberapa fase dari siklus hidupnya. Klasifikasi dari Mastigomycotina terutama berdasarkan pada struktur dan posisi dari flagela pada sel motil. Cara perbanyakan seksual adalah lebih variabel dibanding kelompok jamur lain. Dua kelas dari Mastigomycotina terdiri dari Chytridomycetes dan Oomycetes yang spesiesnya parasit.

Kelas Chytridomycetes

Jamur menghasilkan zoospora dengan tipe cambuk tunggal, flagelum muncul di bagian bawah. Reproduksi seksual dengan planogamet atau konjugasi gametangia dihasilkan pada sporangium yang istirahat. Beberapa spesies yang diketahui parasit tanaman adalah: Ordo Chytridiales, spesies *Synchytrium endobioticum* (kutil pada kentang) ; *Olpidium* (*Pleotrachelus*) *brassicae* (penyakit olpidium pada crucifer) ; *Physoderma alfalfae* dan *P. maydis*.

Kelas Oomycetes

Jamur dengan zoospora dua flagela masing-masing dengan satu tinsel dan satu cambuk flagela. Pada banyak spesies, sporangia dapat mempunyai konidia fakultatif (konidoforangia). Perbanyakan seksual biasanya heterogamet dengan kontak gametangia menghasilkan bentuk oospora, Empat ordo yang dikenal dalam Oomycetes: Saprolegnales, Leptomitales, Legioniales dan Peronosporales. Kecuali untuk ordo terakhir, paling banyak komponen spesies saprofit di perairan, *Aphanomyces spp.* (Saprolegnales) adalah patogen akar pada banyak tanaman budidaya.

Anggota dari Peronosporales, dindingnya kekurangan khitin tetapi mengandung sejumlah selulose. Zoospora aseksual dibentuk dalam sporangia (atau di dalam visikular di luar pertumbuhan sporangia. Beberapa spesies, kemampuan spora menyebar ditentukan oleh berbagai

agensia. Sporangia dari lingkungan tanah dan air berbeda cirinya dalam zozospora, yang mana berkecambah dengan tabung kecambah. Sporangia merobek daun-daunan, patogen berkecambah langsung dengan tabung kecambah. Fungsi sporangia (fakultatif) sebagai konidia, dengan cara mengatasi kebutuhan air bebas.

Subdivisio Zygomycotina

Jamur yang memperbanyak aseksual dengan membentuk aplanospora *non-motil* dalam sporangia dan seksual dengan kunjugasi gametangia untuk menghasilkan zygospora. Dua kelas yang dikenali yaitu Zygomycetes dan Trichomycetes. Zygomycetes dibedakan dalam dua ordo yaitu Mucorales dan Entomophthorales. Spesies dari Trichomycetes dan Entomophthorales terutama memparasit insekta. Sebagian besar Mucorales adalah saprofit dan sebarannya luas di dalam tanah. Beberapa spesies yang parasit adalah: *Syncephales*, *Piptocephales spp.*, memparasit buah-buahan simpanan; *Rhizopus stolonifer*, *R. arrizus*, dan *Choanephora curcubitarum*. Sporangia biasanya *globuse* (bulat), dan sporangiofor berkembang pada cabang atau tidak bercabang.

Subdivisio Ascomycotina

Jamur ini adalah subdevisio yang paling besar dan terdiri dari 15.000 spesies. Beberapa taksa misalnya yeast adalah uniseluler atau pseudomiselia. Kebanyakan dari spesiesnya mempunyai miselium berseptata. Septa hifa berlubang yang memungkinkan organel (termasuk inti sel) berpindah ke sel lain. Ciri khusus ini adalah menghasilkan askus yang berisi askospora seksual. Aski biasanya berisi struktur pembuahan yang kompleks.

Siklus hidup dari Ascomycotina sering pleomorfik, mempunyai:

- a. Seksual, ascigerous atau fase sempurna.
- b. Asexual, kinidia atau fase tidak sempurna.

Reproduksi asexual dari Ascomycotina meliputi produksi beberapa konidiofor.

F. Identifikasi Jamur

Karakter utama yang membedakan jamur digunakan untuk identifikasi adalah spora (struktur spora). Hal ini diuji di bawah mikroskop langsung setelah dipindahkan dari spesimen.

Spesimen sering disimpan di tempat lembab selama beberapa hari untuk mendukung perkembangan *fructification*, atau jamur dapat diisolasi dan ditumbuhkan pada media buatan, dan identifikasi dibuat berdasarkan hasil *fructification* pada media.

Bentuk, ukuran, warna dan susunan spora pada sporofor atau badan buah adalah cukup mendukung untuk taksonomi dari jamur, klas, ordo, famili, dan genus yang mana khusus dimiliki jamur. Pada beberapa kasus karakteristik ini digunakan untuk kunci analisis menelusuri jejak jamur untuk genus dan spesies yang dimiliki. Satu genus dari jamur ditetapkan gambaran spesifik dari spesies.

Persiapan untuk Isolasi Jamur

Sebelum satu usaha isolasi jamur atau bakteri patogen dari jaringan tanaman sakit, beberapa persiapan yang harus dikerjakan yaitu:

- a. Sterilisasi dari peralatan gelas seperti cawan petri, tabung reaksi, pipet dsb., dengan pemanasan 150°C - 160°C selama 1 jam atau lebih, menggunakan *autoclave*. Atau dengan memasukkannya dalam larutan asam sulfat-potasium dikromat selama satu menit atau lebih, atau dalam 10⁻³ merkuri klorida, atau 5% formalin, atau 95% etil alkohol.
- b. Menyiapkan larutan untuk perlakuan permukaan jaringan yang terinfeksi, sehingga untuk membersihkan atau mengurangi permukaan kontaminan yang menyolok sekali, yang dapat bercampur dengan patogen yang diisolasi. Larutan ini dapat digunakan juga sebagai penghapus permukaan atau mencelupkannya. Sterilan permukaan yang umum digunakan termasuk 5,75% larutan sodium hipoklorid (1 kloroks : 9 air), keduanya digunakan untuk mencelup jaringan yang terinfeksi atau mengusap bagian jaringan yang terinfeksi sebelum diisolasi. Daun yang terinfeksi dicelup dalam 95% etil alkohol selama 3 detik atau lebih, menggunakan merkuri klorid 10⁻³ selama 15-45 detik, atau merkuri klorid 10⁻³ dalam 50% etil alkohol. Jaringan harus dikeringkan dengan kertas steril/kain steril jika diperlukan dengan kedua larutan tersebut di atas tetapi harus dicuci ulang tiga kali dengan air steril.
- c. Persiapan media kultur yang mana jamur atau bakteri patogen akan ditumbuhkan. Hampir tidak terbatas jumlah media kultur yang dapat digunakan untuk menumbuhkan patogen tanaman jamur

dan bakteri. Ada yang larutan atau semi larutan yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri tapi juga jamur pada kasus tertentu. Banyak media mengandung sebuah ekstrak dari sumber alami karbohidrat dan nutrisi lain, seperti ekstrak kentang, tepung jagung, buncis, gandum. Untuk faktor yang tidak tetap ditambahkan agar supaya media padat dan bentuk gel yang mana patogen dapat tumbuh dan diamati.

Media yang paling umum digunakan adalah potato dekstrose agar (PDA), dan dianggap paling baik tetapi tidak untuk semua jamur; water agar atau glukose agar (1-3% glukose dalam water agar) untuk memisahkan beberapa jamur (*Pythium* dan *Fusarium*) dari bakteri; dan nutrisi agar yang mengandung ekstrak daging sapi dan pepton, baik untuk isolasi bakteri patogen tanaman. Jamur dapat juga dipisahkan dalam kultur dari bakteri dengan menambahkan 1-2 tetes larutan asam laktat 25% yang mana menghambat pertumbuhan bakteri, untuk 10 ml dari medium sebelum dituang pada cawan petri. Larutan media kultur disiapkan dalam labu yang kemudian ditutup rapat dan ditempatkan dalam sebuah autoclave pada temperatur 120°C dan tekanan 15 pound selama 20 menit.

Walaupun jamur dapat dikultur pada nutrisi dengan mudah, beberapa diantaranya yang spesifik dan tidak dapat tumbuh pada media nutrisi yang paling umum digunakan. Beberapa kelompok jamur (*Erysiphales*) yang menyebabkan penyakit *powdery mildew* dan *Pronosporales* yang menyebabkan *downy mildew* adalah parasit obligat dan tidak dapat ditumbuhkan pada media kultur. Kelompok jamur lainnya (*uredinales*) yang menyebabkan penyakit karat pada tanaman juga termasuk parasit obligat.

G. Cara Isolasi Patogen Jamur

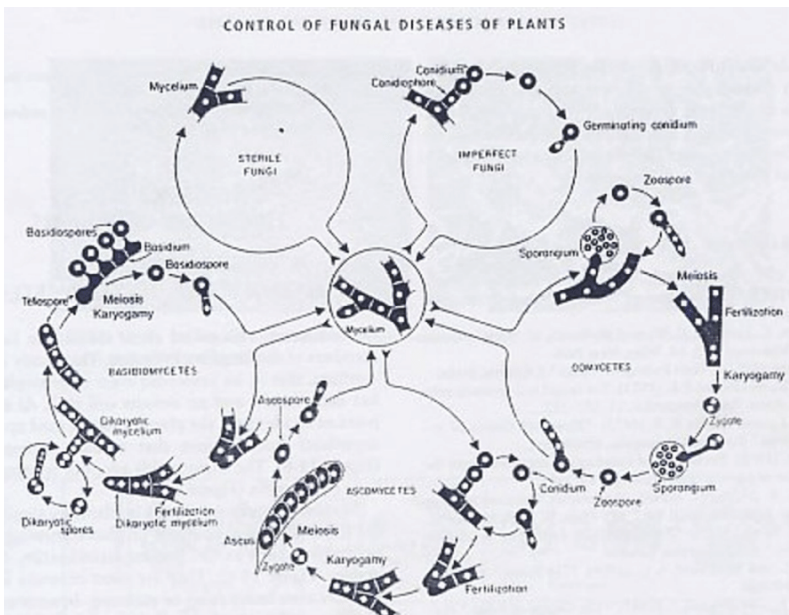
Metode yang paling umum digunakan untuk isolasi patogen dari jaringan yang terinfeksi adalah dengan membersihkannya permukaan dengan kloroks solution. Bagian yang terinfeksi tersebut dipotong menjadi bagian yang lebih kecil menggunakan pisau skalpel. Batasan antara bagian yang terinfeksi dan bagian yang tampak sehat tersebut dipotong bentuk kubus dengan ukuran 5-10 mm kemudian ditempatkan pada tempat yang steril. Terakhir dicuci dengan air steril

dan dikultur pada media yang sudah disiapkan di cawan petri. Setelah diinkubasi biakan murni yang tumbuh pada media bisa diamati di bawah mikroskop.

Isolasi patogen bisa dilakukan dari bagian daun, batang buah, akar, umbi atau bagian lain di bawah permukaan bawah. Isolasi patogen dari jaringan tanaman sakit yang berhubungan dengan tanah ada masalah tambahan dari sejumlah organisme saprofit yang menyerang jaringan tanaman. Untuk itu perlu adanya ulangan dalam mencuci jaringan tanaman yang terinfeksi.

H. Siklus Hidup Jamur

Walaupun siklus hidup dari kelompok jamur terdapat banyak perbedaan, sebagian besar dari jamur-jamur tersebut mempunyai urutan dan tahapan yang sama. Siklus hidup kelompok jamur digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Siklus Hidup dari Kelompok Utama Jamur Patogen

Hampir semua jamur mempunyai fase spora dengan kesamaan inti haploid (memiliki satu set kromosom 1 N). Spora berkecambah dalam hifa yang juga mengandung inti haploid. Hifa dapat juga menghasilkan

spora lagi yang sama (seperti halnya kasus pada jamur sederhana/ tidak sempurna), atau hal tersebut dapat juga fusi dengan hifa yang lain untuk menghasilkan sebuah hifa fertil yang mana inti sel bersatu untuk membentuk satu inti diploid yang dinamakan zigot (mengandung 2 set kromosom atau $2N$). Pada *Phycomycetes*, zigot akan membelah menjadi sederhana, spora haploid yang tertutup siklusnya.

Fase singkat dari sebagian besar *Ascomycetes* dan yang umum pada *Basidiomycetes*, dua inti dari hifa fertil tidak bersatu, tetapi tetap terpisah didalam sel dalam pasangan (dikariyotik atau $N + N$) dan terpisah secara serentak untuk menghasilkan lebih sel-sel hifa dengan pasangan inti.

Pada *Ascomycetes*, hifa dikariyotik ditemukan hanya disisi tubuh buah yang mana mereka menjadi hifa ascogenous. Sejak dua inti dari satu sel dari masing-masing hifa bersatu dalam sebuah zigot ($2N$) yang membelah secara meiosis untuk menghasilkan ascuspora yang mengandung inti haploid. Pada *Basidiomycetes*, spora haploid hanya menghasilkan hifa haploid pendek. Pembuahan di atas, miselium dikariyotik ($N + N$) dapat dihasilkan, dan hal tersebut berkembang di dalam tubuh buah dari jamur. Seperti hifa dikariyotik dapat dihasilkan secara aseksual, spora dikariyotik akan tumbuh lagi di dalam sebuah miselium dikariyotik. Terakhir, pasangan inti dari sel yang bersatu membentuk zigot. Zigot membelah secara meiosis dan menghasilkan basidiospora yang mengandung inti haploid.

Pada jamur sederhana / tidak sempurna, tentunya hanya ditemukan siklus aseksual (spora haploid \rightarrow miselium haploid \rightarrow spora haploid). Seperti halnya pada jamur lain, setelah aseksual yang sama adalah yang paling umum, hal tersebut dapat berulang beberapa kali selama tiap-tiap musim pertumbuhan. Siklus seksual biasanya terjadi hanya sekali setahun.

Gejala yang Disebabkan oleh Jamur Pada Tanaman

Umumnya jamur menyebabkan gejala pada inangnya dan ini dapat terjadi secara terpisah pada inang yang berbeda, secara bersamaan pada inang yang sama, atau berlainan pada inang yang sama. Secara umum jamur menyebabkan nekrosis atau matinya jaringan tanaman, hipertrofi atau hiperplasia, terhambatnya perkembangan organ tanaman dan hipoplasia atau pertumbuhan yang berlebihan dari bagian tanaman atau seluruh tanaman.

Gejala-gejala nekrotik yang paling umum adalah:

Leaf spot, bercak setempat pada daun inang selaras dengan kematian sel dan *collapse*.

Blight, pencoklatan daun, cabang, ranting dan organ-organ pembungaan secara cepat dan mengakibatkan kematian.

Kanker, luka atau bercak nekrotik setempat, cekung, sering di bawah permukaan batang tanaman berkayu.

Busuk akar, penyimpangan atau pembusukan bagian atau seluruh sistem perakaran dari tanaman.

Damping off, kematian secara cepat dan *collapse* dari kecambah yang masih muda (patogen ada di dalam biji yang jelek atau di lapang).

Busuk kering dan busuk basah, penyimpangan dari buah, umbi batang, umbi akar, perakaran dan daun yang berdaging.

Busuk pangkal batang, penyimpangan dari bagian batang yang lebih bawah.

Antraknose, nekrotik dan bercak cekung seperti bisul dari batang, daun, buah atau bunga dari tanaman inang.

Scab, bercak setempat pada buah, daun, umbi akar, dari tanaman inang, biasanya tampak bopeng, cekung dan retak (seperti kudis)

Hampir seluruh gejala di atas dapat juga menyebabkan terhambatnya (kerdil) tanaman yang terinfeksi. Gejala-gejala lain seperti karat daun, layu, lapuk, dan penyakit tertentu menyebabkan hiperplasi dari beberapa beberapa organ tanaman seperti akar yang mengelompok, dapat menyebabkan kerdil dari tanaman.

Gelaja-gejala yang berasosiasi dengan hipertropi atau hiperplasia dan perpanjangan dari bagian-bagian tanaman termasuk:

Clubroot, perakaran tampak membesar seperti kumparan.

Gall, bagian yang membesar dari tanaman biasanya berisi miselium jamur.

Wart, bengkak menonjol seperti kutil pada umbi, akar dan batang.

Witches-brooms, percabangan dari ranting-ranting.

Leaf-curls, penyimpangan dari daun (menebal dan keriting).

Wilt, biasanya sebuah gejala sekunder yang umum yang mana daun atau tunas kehilangan turgiditas dan lunglai disebabkan oleh gangguan sistem vaskuler dari akar atau batang.

Rust, bercak, klorosis atau areal nekrotik pada daun, batang, dan buah biasanya ditutup oleh miselium dan fruktifikasi dari jamur.

Pada beberapa penyakit, patogen tumbuh atau menghasilkan beberapa struktur pada permukaan inang. Struktur disini termasuk miselium, sklerotia, sporofor, badan buah dan spora yang menandakan gejala-gejala yang berbeda sehubungan dengan kenampakannya dari jaringan tanaman yang terinfeksi. Sehingga pada mildew misalnya, satu yang paling kelihatan adanya tanda-tanda terdiri dari warna keputih-putihan, tertutup bulu-bulu halus dari miselium dan spora jamur pada daun tanaman, buah, atau batang, sementara gejala yang terdiri dari bercak nekrotik atau klorotik pada daun, buah dan batang, berkurangnya pertumbuhan tanaman, dan sebagainya.

PENYAKIT TUMBUHAN DISEBABKAN OLEH BAKTERI

A. Pengertian Umum

Bakteri adalah organisme prokariotik, umumnya mikroorganisme ini sel tunggal yang mempunyai materi genetic (DNA) tidak dibatasi oleh organel dan tidak tercampur di dalam inti sel. Selnya mengandung sitoplasma yang terdiri dari DNA dan ribosom kecil (70S). Sitoplasma dikelilingi oleh sel membran dan dinding sel. Sel dari semua organisme lain (eukariotik) mengandung membrane yang dibatasi organel (inti sel, mitokhondria, dan pada tanaman hanya kloroplas). Eukariotik juga mempunyai dua tipe ribosom, yang satu besar (80S) pada sitoplasma dan satunya lebih kecil (70S) dalam mitokhondria dan kloroplas. Kenyataannya organel-organel dari sel-sel eukariotik dan prokariotik adalah umum. Seperti beberapa antibiotic yang mempengaruhi bakteri sering menghambat fungsi dari mitokhondria atau kloroplas tetapi tidak mengganggu fungsi lain dari sel-sel eukariotik tanaman.

Bakteri patogenik tanaman sudah diketahui sejak 1882, yaitu kelompok terbesar dari patogenik tanaman prokariotik, menyebabkan berbagai gejala penyakit tanaman dan patogen-patogen prokariotik dari tanaman yang paling banyak dipahami. Banyak tipe dari bakteri pathogen tanaman, misalnya floem yang kritis atau bakteri yang menghambat silem, yang mana selama beberapa tahun terfikir organisme seperti *rickettsia* (*rickettsia like organism/RLO*). Bakteri mengarah pada organisme yang seperti mikoplasma (*mycoplasma like organism/MLO*), menyebabkan penyakit pada tanaman. Pada tahun 1972 ditemukan sifat dan hubungannya dengan bakteri patogenik tanaman lainnya yang masih sedikit dimengerti.

Secara umum klasifikasi dari patogenik prokariotik tanaman adalah sebagai berikut:

Kingdom: Prokariot		
Bakteri, mempunyai membrane sel dan dinding sel		
Devisio : Gracilicute, bakteri gram negatif		
Kelas : Proteobacteria, bakteri yang sebagian besar sel tunggal		
	Famili	Genus
	Enterobacteriaceae	<i>Erwinia</i> , penyebab <i>fire-blight</i> pir dan apel; layu pada jagung; dan <i>soft-rot</i> sayuran berdaging.
	Pseudomonadaceae	<i>Acidovorax</i> , penyebab <i>leaf-spot</i> pada jagung, anggrek, melon. <i>Pseudomonas</i> , penyebab <i>leaf-spot</i> , <i>blight</i> , layu vaskuler, <i>soft-rot</i> , kanker, dan <i>gall</i> . <i>Rhizobacter</i> , penyebab <i>gall</i> pada wortel. <i>Rhizomonas</i> , penyebab busuk akar selada. <i>Xanthomonas</i> , penyebab <i>leaf-spot</i> , <i>blight</i> , layu vaskuler, <i>soft-rot</i> , kanker, dan <i>gall</i> tanaman tahunan. <i>Xylophilus</i> , penyebab nekrosis dan kanker pada anggur.
	Rhizobiaceae	<i>Agrobacterium</i> , penyebab penyakit <i>crown gall</i> . <i>Rhizobium</i> , penyebab bintil akar tanaman legum
	Belum diberi nama	<i>Xylella</i> , penyebab penyakit.
Divisio : Firmicute, bakteri gram positif		
Kelas : Firmibacteria, sebagian besar bakteri sel tunggal		
	Famili	Genus
	-	<i>Bacillus</i> , penyebab busuk pada biji, tuber, kecambah, dan <i>stripe</i> putih pada gandum. <i>Clostridium</i> , penyebab busuk pada biji, tuber, dan daun.
Kelas : Thallobacteria, bakteri bercabang		
	Famili	Genus
	-	<i>Arthrobacter</i> , penyebab <i>blight</i> . <i>Clavibacter</i> , penyebab layu pada alfalfa, kentang dan tomat. <i>Curtobacterium</i> , yebab layu pada kacang dan tanaman lain. <i>Rhodococcus</i> , <i>Streptomyces</i> , penyebab scab pada kentang.

Kingdon : Prokariyot		
Divisio : Terenicutes		
Klas : Mollicutes		
	Famili	Genus
	Spiroplasmataceae	<i>Spiroplasma</i> , penyebab kerdil pada jagung, penyakit pada jeruk sumar disembuhkan. Tidak ditentukan, diketahui seperti fitoplasma (bentuknya seperti <i>micoplasmalike organisms</i> "MLO"), penyebab penguningan, proliferasi / berkembangnya sejumlah tanaman tahunan.
	Belum diketahui	

Kira-kira 1600 spesies bakteri telah diketahui, sebagian sempurna sebagai saprofit yang bermanfaat bagi manusia karena dapat membantu menguraikan sejumlah bahan organik yang dihasilkan manusia, hewan dan factor lainnya setiap tahun sebagai hasil sampah atau oleh kematian hewan dan tumbuh-tumbuhan. Beberapa spesies menyebabkan penyakit pada manusia, termasuk tuberkulosis, *pneumonia*, dan demam typhoid, dan sejumlah penyakit yang sama pada hewan seperti *brucellosis* dan kira-kira 100 spesies dari bakteri menyebabkan penyakit pada tanaman. Sebagian besar bakteri patogenik tanaman adalah saprofit fakultatif dan dapat tumbuh pada media nutrisi buatan, bakteri vaskuler kritis sukar tumbuh pada kultur, dan sebagian darinya masih tumbuh di kultur.

Bakteri dapat berbentuk batang, bulat seperti bola, spiral, filamentous (seperti benang). Beberapa bakteri dapat berpindah langsung pada media larutan dengan alat dari flagela, dimana yang lain tidak mempunyai flagela dan tidak dapat berpindah dengan semdirinya. Dapat merubah dirinya dalam spora dan bentuk filamen tertentu dapat menghasilkan spora yang disebut konidia pada ujung dari filamennya. Bakteri lain tidak menghasilkan spora. Fase vegetatif dari sebagian besar tipe bakteri memperbanyak diri dengan cepat dan sebagai pathogen utama batang dari kenyataanya bakteri dapat memproduksi sel secara hebat pada periode waktu yang pendek.

Penyakit-penyakit bakteri dari tanaman terjadi pada setiap tempat yang lembab dan panas, dan bakteri mempengaruhi berbagai macam tanaman. Penyakit-penyakit bakteri terutama umum dan banyak di daerah tropik dan lembab tetapi di bawah kondisi lingkungan yang disukai, bakteri dapat merusak secara ekstrim dimana saja.

B. Ciri-ciri Bakteri Patogen Tumbuhan

Morfologi

Sebagian besar bakteri pathogen tanaman berbentuk batang kecuali hanya *Streptomyces* yang filamentus. Pada kultur bakteri muda kisaran diameternya dari 0,6-3,5 μm , pada kultur tua atau pada temperatur tinggi, bentuk batang dapat lebih panjang, sama halnya yang filamentus, dan mereka dapat membentuk sebuah kelompok bentuk Y atau V.

Dinding sel dari sebagian besar spesies bakteri diselubungi oleh sebuah perekat, bahan gum yang kalau tipis dan menyebar disebut "*slime layer*" (lapisan lumpur), tapi kalau tebal membentuk sebuah masa tertentu sekeliling sel disebut "*capsule*". Sebagian besar bakteri pathogen tanaman mempunyai seperti benang flagella lembut yang mereka hasilkan lebih panjang dari sel. Pada beberapa spesies bakteri tiap-tiap bakteri hanya mempunyai satu *flagellum* dan yang lainnya mempunyai sebuah berkas flagela pada satu ujung sel (polar flagela), sedang yang lainnya mempunyai peritrikus flagela yang menyebar menutupi seluruh permukaan sel.

Pada spesies *Streptomyces filamentus*, selnya mengandung benang-benang bercabang yang biasanya mempunyai susunan spiral dan menghasilkan konidia dalam rantai di hifa udara. Bakteri tunggal, di bawah komponen mikroskop tampak *hyaline* atau putih kekuningan dan sukar untuk digambarkan secara detil. Pada bakteri tunggal ditumbuhkan (diperbanyak) pada permukaan dari media keras, anak-anaknya segera menghasilkan masa yang dapat dilihat yang disebut koloni. Koloni dari spesies yang berbeda dapat bermacam-macam. Mereka mungkin sebuah fraksi dari satu milimeter hingga centimetre diameternya, dan dapat sirkuler (bundar), oval, atau tidak tentu (tidak rata). Bagian tepinya mungkin halus, berombak (keriting) atau kaku, dan ketinggianya bias datar, tinggi (muncul), atau berkerut. Koloni dari sebagian besar spesies adalah putih atau *gray*, tetapi banyak yang kuning. Beberapa menghasilkan pigmen yang dapat disebarkan dalam agar yang mungkin berpendar oleh sinar ultra violet.

C. Identifikasi dari Bakteri

Ciri-ciri utama dari beberapa genus bakteri pathogen tanaman yang paling umum adalah sebagai berikut:

Agrobacterium, bakteri bentuk batang dengan ukuran lebar antara 0,8-1,5 μm dan panjang hingga 3 μm . Motil dengan 1-4 flagela *peritricous*, bila hanya satu flagela keberadaannya lebih sering lateral dari pada polar. Pola tumbuh pada media yang mengandung karbohidrat, bakteri memproduksi polisakarida sedikit berlebihan, koloni tidak berwarna dan biasanya halus. Bakteri ini menduduki *rhizosfer* dan tanah

Corynebacterium, berbentuk batang lurus hingga sedikit lengkung, ukuran antara 0,5-0,9 μm lebarnya dan 1,5-4 μm panjangnya. Kadang-kadang mempunyai segmen-segmen, noda atau granul-granul, dan membentuk gelombang-gelombang. Bakteri umumnya *non-motil* tapi banyak spesiesnya yang motil dengan rata-rata satu atau dua flagella polar. Gram positif, banyak spesies dari *Corynebacterium* menyebabkan penyakit pada manusia dan binatang.

Erwinia, berbentuk batang lurus, antara 0,5-1,0 μm dengan 1,0-3,0 μm . Motil dan rata-rata mempunyai beberapa flagela *peritrichous*. *Erwinia* hanya patogenik tanaman, bakteri anaerobik fakultatif. Beberapa penulus tetap memakai nama *Erwinia* untuk *Erwinias* yang menyebabkan nekrotik atau penyakit layu (*E. amylovora*, *E. tracheiphila*), tetapi termasuk *Erwinia soft-rotting* (*E. earotovora*) pada satu genus baru *Pectobacterium*.

Pseudomonas, berbentuk batang lurus hingga lengkung, ukuran 0,5-1,0 μm dengan 1,5-4,0 μm . Motil dengan satu atau banyak flagela polar. Beberapa spesies umumnya menduduki tanah atau air segar dan lingkungan laut. Paling banyak spesies *Pseudomonas* patogenik menginfeksi tanaman-tanaman, beberapa menginfeksi manusia dan hewan.

Xanthomonas, berbentuk batang lurus dengan ukuran 0,4-1,0 μm dengan 1,2-3,0 μm . Motil dengan rata-rata sebuah flagela polar, tumbuh pada media agar biasanya berwarna kuning. Sebagian besar tumbuh lambat. Selama spesiesnya patogen tanaman dan didapatkan hanya berasosiasi dengan tanaman-tanaman atau bahan tanam.

Streptomyces, berbentuk ramping, hifa bercabang tanpa dinding menyilang, diameter antara 0,5-2,0 μm . Pada miselium udara yang masak membentuk rantai spora kecil (diameter 1-10 μm),

pertama permukaannya lembut kemudian miselium udara tampak granular, *powdery* atau *velvety* (beludru). Beberapa spesies dan *strain* dari organisme menghasilkan macam-macam pigmen yang mewarnai miselium dan substrat, mereka memproduksi satu atau lebih antibiotik yang aktif melawan bakteri, jamur, ganggang, virus *protozoa* atau jaringan tumor. Semua spesies menduduki tanah. Termasuk gram negatif.

Perbedaan media pada genus di atas dapat memutuskan perkembangan bakteri.

Genus *Streptomyces* dapat dibedakan dengan mudah dari genus bakteri lainnya sebab banyaknya cabang, miselium berkembang dan konidia membentuk rantai melingkar. Identifikasi dari bakteri, genus bentuk batang adalah lebih kompleks dan prosesnya sulit, dan dapat dibuat tidak hanya ciri-ciri yang tampak seperti bentuk, ukuran, struktur dan warna juga komposisi bahan kimia yang dimiliki tidak jelas, reaktifitas antigen, keanekaragaman nutrisi, aktifitas enzimatis, patogenesisnya terhadap tanaman, kelemahan khusus terhadap beberapa virus (*bacteriophage*) dan pertumbuhannya pada media selektif.

Bentuk dan ukuran yang diberikan spesies bakteri dapat pada kultur dengan berbagai umur dari kultur, komposisi dan pH dari media, temperatur dan metode pewarnaan. Bentuk, ukuran, susunan dari sel pada biakan murni adalah kenyataan yang penting dan ciri-ciri yang dapat dipercaya. Keberadaan sejumlah flagela dan susunan dari flagela pada sel bakteri juga menentukan, biasanya setelah flagela pewarnaan dengan warna-warna yang spesifik.

Komposisi bahan kimia dari substansi tertentu pada sel bakteri dapat dideteksi dengan teknik pewarnaan yang spesifik. Informasi tentang ada dan tidak adanya substansi adalah digunakan untuk identifikasi dari bakteri. Reaksi pewarnaan gram membedakan bakteri dalam gram negatif dan positif. Pada reaksi ini bakteri diperlakukan dengan sebuah larutan kristal violet selama 30 detik, kemudian dibersihkan dengan hati-hati, dan diperlakukan dengan larutan iodin, selanjutnya dicuci lagi dengan air dan kemudian alkohol. Bakteri gram positif, menahan kombinasi pewarnaan violet-iodin, sebab sebuah bentuk kompleks tersebut adalah komponen tertentu dari dinding sel dan sitoplasma. Bakteri gram negatif tidak mempunyai sejumlah afinitas (daya tarik-

menarik / daya gabung) untuk kombinasi pewarnaan yang mana dengan dicuci dengan alkohol bakteri tetap seperti kenampakan sebelumnya.

Bakteri patogen tanaman bentuk batang hanya genus *Corynebacterium* adalah gram positif, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* dan *Xanthomonas* adalah gram negatif.

Spektrum nutrisi dari sel bakteri dipelajari berdasarkan substansi yang mana bakteri dapat atau tidak dapat digunakan untuk makanan. *Hidrolase* ekstraseluler misalnya, enzim yang diproduksi jika bakteri tumbuh pada media tertentu, adalah cara determinasi yang penting. Bakteri patogen tanaman juga diuji pada macam spesies dan varietas dari tanaman inang untuk patogeneitasnya pada tanaman. Uji serologi digunakan untuk kecepatan dan akurasi identifikasi bakteri secara nyata dan terpercaya menguntungkan akhir-akhir ini.

D. Gejala Penyakit Tumbuhan Disebabkan oleh Bakteri

Bakteri patogen tanaman menyebabkan berbagai macam gejala pada tanaman yang diinfeksi hampir seperti gejala tanaman yang diinfeksi oleh jamur. Bakteri menyebabkan *leaf-spot*, dan *blight*, *soft-rot* pada buah dan organ penyimpanan, layu, pertumbuhan berlebihan, *scab*, kanker dsb. Beberapa tipe dari gejala yang dapat disebabkan oleh bakteri patogen pada beberapa genus dan masing-masing genus terdiri dari beberapa patogen yang mampu menyebabkan penyakit dengan tipe berbeda. Spesies dari *Agrobacterium* hanya dapat menyebabkan pertumbuhan berlebihan atau proliferasi dari organ. Disisi lain, pertumbuhan yang berlebihan dapat juga disebabkan oleh spesies tertentu dari *Corynebacterium* dan *Pseudomonas*, juga dua spesies patogen tanaman dari *Streptomyces* juga menyebabkan *scab* atau bercak dari tanaman di bawah permukaan tanah. Spesies *Rhizobium* menyebabkan pembentukan bintil pada akar dari tanaman legum.

Bakteri mempunyai dinding sel kaku, tipis dan relatif keras serta sebuah membran sitoplasma di dalam. Bakteri juga mempunyai sebuah membran di sebelah luar yang nampak bergabung dengan lapisan tipis atau kapsul. Dinding sel memungkinkan lintasan nutrisi masuk ke dalam dan lintasan dari bahan kotoran keluar dan enzim pencernaan. Seluruh bahan selain dinding sel merupakan protoplas. Protoplas terdiri dari sitoplasmik atau membran protoplas yang ditentukan derajat

permiabilitas selektif dari berbagai substansi di dalam dan di luar dari sel. Sitoplas adalah campuran protein, lipida, karbohidrat, beberapa komponen organik lain, mineral dan air dan bahan sel kompleks, yang terdiri dari sebuah kromosom sirkuler besar disusun DNA.

Kromosom DNA merupakan tubuh utama dari materi genetik dari bakteri dan tampak seperti bola, lonjong atau bentuk tubuh beku di dalam sitoplasma. Seringkali bakteri juga tunggal atau banyak turunan-turunan dari tambahan materi genetik bulat lebih kecil yang disebut plasmid. Tiap-tiap plasmid terdiri dari beberapa gen *non-essential* dan dapat pindah atau bergerak diantara bakteri atau menetap diantara bakteri dan tanaman seperti kejadian pada penyakit *crown gall*.

E. Perbanyak Bakteri

Bakteri patogen bentuk batang memperbanyak dengan proses aseksual yang diketahui sebagai pembelahan pasangan kembar atau *binary-fission* atau *fission*. Hal ini terjadi dengan pertumbuhan ke dalam dari membran sitoplasmik ke arah pusat sel, pembentukan membran penyekat yang membagi sitoplasma dalam dua bagian yang kira-kira sama. Dua lapisan dari materi dinding sel dilanjutkan dengan dinding sel sebelah luar kemudian pembuatan membran antara dua lapisan. Ketika pembentukan/penyusunan dari dinding sel disini lengkap/selesai, dua lapisan pemisah, dua bagian sel terbagi/terpisah.

Sementara dinding sel dan sitoplasma mengalami pembelahan, bahan inti menjadi pengatur dalam sebuah struktur seperti kromosom melingkari turunan-turunannya dan menyebar diantara dua bentuk sel yang sama dari pembagian satu sel. Plasmid juga membentuk turunan dan menyebar di dalam dua sel yang sama.

Bakteri memperbanyak dalam kecepatan yang mengejutkan. Dalam kondisi yang sesuai, bakteri dapat membelah setiap 20-50 menit, satu bakteri membelah menjadi dua, dua menjadi empat, empat menjadi delapan dan seterusnya. Pada kecepatan ini satu bakterium mungkin diperkirakan dapat menghasilkan 1 juta fragmen/anak bakteri pada kurang lebih satu hari. Bagaimanapun, penyusutan suplai makanan, akumulasi buangan metabolit dan faktor pembatas lain dapat menyebabkan lambatnya perbanyakannya dan akhirnya dapat menghentikannya. Meskipun demikian, bakteri dapat mencapai jumlah

yang hebat sekali dalam waktu singkat dan mereka dapat menyebabkan banyak perubahan bahan kimia dalam lingkungannya. Perubahan disini dapat disebabkan oleh besarnya populasi dari bakteri yang membuatnya banyak perbedaan secara nyata pada dunia kehidupan secara umum dan dalam perkembangan penyakit bakteri dari tanaman secara fakta/dalam kenyataan.

F. Ekologi dan Penyebaran Bakteri

Hampir semua bakteri patogen tanaman berkembang kebanyakan pada tanaman inang sebagai parasit, pada permukaan tanaman khususnya tunas-tunas, sebagai epifit dan sebagian pada tanaman yang sudah lapuk (reruntuhan) atau didalam tanah sebagai saprofit. Terdapat perbedaan besar diantara spesies, dalam derajat perkembangan dalam satu lingkungan atau lain lingkungan.

Beberapa bakteri patogen misal *Erwinia amylospora* yang menyebabkan *fire blight* pada pear menghasilkan populasinya pada tanaman inang sementara didalam tanah jumlahnya menurun dengan cepat dan biasanya tidak memperbesar kejadian penyakit dari musim ke musim. Patogen ini berkembang secara berkelanjutan dari tanaman ke tanaman dalam siklus infeksiya sering melalui serangga vektor dan juga menyebabkan problem tahunan dari inang karena asosiasi bakteri dengan organ-organ perbanyak vegetatif dan biji, sehingga mereka kehilangan kemampuannya bertahan dalam tanah.

Patogen lain seperti *Agrobacterium tumefaciens*, yang menyebabkan *crown gall*, *Pseudomonas solanacearum* yang menyebabkan layu bakteri tanaman *solanaceae* dan khusus *Streptomyces scabies*, yang menyebabkan *scab* dari kentang, semuanya adalah ciri-ciri khusus yang menduduki tanah. Misalnya bakteri membentuk populasi didalam jaringan inang, tetapi populasi ini hanya berangsur menurun jika mereka lepas di dalam tanah. Jika inang yang rentan ditanam, pada tanah tersebut bakteri jumlahnya cukup tinggi populasi dapat meningkat dalam tanah dari musim ke musim. Banyak bakteri patogen dapat menyebar dalam tanah misal bakteri masuk tanah dalam jaringan inang dan karena mereka kurang mampu berkompetisi sebagai saprofit, keberadaannya di dalam tanah juga selama jaringan inang tahan diuraikan oleh saprofit atau tergantung pada spesies bakteri dan kondisi temperatur dan kelembaban tanah.

Bila di dalam tanah bakteri hidup sebagaian besar pada bahan tanam, jarang mereka hidup bebas atau sebagai saprofit. Bakteri dapat juga bertahan di dalam atau pada biji, bagian tanaman lain, atau serangga yang didapat dalam tanah. Pada tanaman, bakteri sering bertahan sebagai epifit, pada tunas, pada luka, dalam eksudat, atau disamping beberapa jaringan atau organ yang mereka infeksi.

Penyebaran dari bakteri patogen tanaman dari satu tanaman ke tanaman yang lain atau bagian lain dari tanaman yang sama terutama terbawa oleh air, serangga, hewan lain dan manusia. Keberadaan flagela bakteri dapat bergerak hanya jarak sangat pendek dalam tenaga yang dimilikinya. Hujan oleh pencucian atau pengaruh semburan membawa penyebaran bakteri dari tanaman satu ke lainnya, dari bagian tanaman ke lainnya dan dari tanah ke bagian tanaman yang lebih rendah. Air juga secara terpisah membawa bakteri dalam atau pada tanah ke areal lain dimana tanaman inang mungkin berada. Serangga tidak hanya membawa bakteri ke tanaman tetapi mereka menularkan tanaman-tanaman dengan bakteri dengan dimasukkannya di tempat khusus dalam tanaman dimana mereka hampir dipastikan berkembang.

G. Bakteri-bakteri Penyebab Penyakit

1. Bakteri *Gall*

Gall dibentuk pada batang dan akar tanaman yang terutama diinfeksi oleh bakteri dari genus *Agrobacterium* dan spesies tertentu dari *Corynebacterium* dan *Pseudomonas*. *Gall* dapat tidak berbentuk terdiri dari jaringan-jaringan tanaman yang pertumbuhannya berlebihan atau lebih atau tidak terorganisir, contohnya *gall* sebagian besar *Agrobacterium* dan *Pseudomonas* atau mungkin jaringan tersebut mengalami proliferasi yang berkembang dalam organ yang terorganisir contohnya beberapa *gall Agrobacterium* dan *Corynebacterium*. Spesies-spesies bakteri yang menyebabkan *gall* dan penyakit utama yang disebabkan adalah sebagai berikut:

Agrobacterium, menyebabkan *crown gall* beberapa tanaman berkayu, utamanya buah batu, anggur (*Agrobacterium tumefaciens* atau *biovar 1*), akar berambut dari apel (*Agrobacterium rhizogenes* atau *biovar 2*), beberapa gejala yang tidak dapat digambarkan oleh spesies dari *Agrobacterium*, tetapi dengan plasmid yang mereka bawa (bakteri

membawa tumor induksi (Ti), plasmid yang menyebabkan gejala *crown gall*, dimana bakteri membawa plasmid (Ri), yang menyebabkan gejala *hairy-root*. Strain seluruh spesies yang dapat membawa plasmid Ti, dapat menyebabkan *crown gall*, tetapi lebih jauh hanya strains-strain dari *Agrobacterium tumefaciens* dan *Agrobacterium rhizogenes* ditemukan mengandung plasmid Ri dan menyebabkan *hairy root*. Spesies lain *Agrobacterium radiobacter*, tidak membawa satupun plasmid dan tidak menyebabkan penyakit.

Pseudomonas, menyebabkan penyakit *olive-knot* dan *gall* atau kanker (*Pseudomonas syringae subsp savastanoi*).

Rhizobacter, menyebabkan *gall* tanaman wortel (*Rhizobacter daucus*).

Rhodococcus, menyebabkan *gall* pada daun tanaman pea (*Rhodococcus fasciations*).

Gall disebabkan bakteri masuk tanaman langsung melalui luka dan menstimulir sel untuk memisah dan membesar. *Agrobacterium* dan *Corinebacterium* adalah bakteri yang selalu berada dalam ruang interseluler dan tidak pernah mematahkan sel atau tak pernah menghasilkan bentuk dari lubang kecil. Sementara *gall* yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas*, menyebabkan disintegrasi sel dan bentuk lubang kecil dalam *gall*. *Crown gall* yang disebabkan oleh *Agrobacterium tumefaciens* adalah unik diantara semua *gall* tanaman lainnya, yang mana bakteri memisahkan dan memperbesar sel yang dilanjutkan memisahkan dan menstimulir nutrisi dan tidak terkendalinya hormon dari tanaman induk terhadap pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi. Bakteri *gall* dalam tanah, disebabkan oleh kontaminan peralatan seperti pisau budding dan pruning, oleh air tanah dan percikan hujan.

2. Bakteri Spot dan Blight

Tipe yang paling umum dari penyakit tanaman oleh bakteri adalah kelihatan bercak dengan berbagai ukuran pada daun, batang, bunga *blossom* (bunga yang sedang mekar), dan buah. Pada beberapa penyakit bakteri, bercak *spot* dilanjutkan perkembangan secara cepat dan kemudian penyakitnya disebut *blight*. Pada infeksi parah, *spot* mungkin hingga menghancurkan sebagian besar permukaan tanaman dan tanaman kelihatan *blight*, atau *spot* dapat membesar kemudian menghasilkan luasan yang besar dari jaringan tanaman yang mati dan

tanaman yang *blight*. *Spot* adalah nekrotik melingkar atau membentuk lingkaran dan pada banyak kasus dikelilingi oleh penguningan warna. Pada tanaman dikotiledon, bakteri *spot* pada beberapa inang dipotong oleh pembuluh besar, dan *spot* nampak angular. Untuk alasan yang sama bakteri *spot* pada tanaman monokotiledon tampak seperti *Streak* atau *strip*. Pada cuaca lembab atau basah, jaringan yang terinfeksi sering mengeluarkan masa bakteri yang menyebar ke jaringan baru atau tanaman baru dan memulai infeksi baru.

Hampir semua bakteri *spot* dan *blight* (daun, batang dan buah) disebabkan oleh bakteri genus *Pseudomonas* dan *Xanthomonas*.

Pseudomonas syringae, *patovar* (*pv*), menyebabkan *wild fire* tembakau (*Pseudomonas syringae pv tabacci*), angular *leaf-spot* mentimun (*Pseudomonas syringae pv lacrimans*), *halo-blight* pada kacang (*Pseudomonas syringae pv phaseolicola*), *citrus blast*, *pear blast*, *bean leaf spot* dan *lilac blight* (*Pseudomonas syringae pv syringae*) dan bakteri *speck* pada tomat (*Pseudomonas syringae pv tomato*).

Xanthomonas compestris, *patovar* umumnya menyebabkan *blight* pada kacang (*Xanthomonas compestris pv phaseoli*) angular *leaf-spot* pada kapas (*Xanthomonas compestris pv. malvacearum*), bakteri *leaf-blight* pada padi (*Xanthomonas compestris pv. oryzae*), bakteri *leaf-blight* atau *strip* pada serealea (*Xanthomonas compestris pv translucens*), bakteri *spot* atau buah batu (*X. arboricola pv pruni*), pada tomat dan merica (*Xanthomonas compestris pv vesicatoria*).

3. Bakteri Layu Vaskuler

Layu vaskuler disebabkan oleh bakteri yang menyerang sebagian besar tanaman herba seperti beberapa sayur-sayuran, tanaman pangan di lapang, tanaman hias, dan tanaman-tanaman tropis. Bakteri-bakteri yang menyebabkan layu vaskuler paling penting adalah:

Clavibacter (*Corynebacterium*) menyebabkan busuk melingkar pada tomat (*C. michiganense subsp sepedonicum*) dan bakteri kanker dan layu tomat (*C. michiganense subsp michiganense*).

Curtobacterium (*Corynebacterium*) *flaccumfaciens*, bakteri penyebab layu tanaman kacang-kacangan.

Erwinia, bakteri penyebab layu tanaman cucurbita (*tracheiphila*), layu pada jagung (*Erwinia stewartii*), dan *fire-blight* buah pome (*amylovora*).

Pseudomonas, bakteri penyebab layu pada tanaman solanaceae dan pisang (*Pseudomonas solanaceae*).

Xanthomonas, bakteri penyebab busuk hitam atau tulang-tulang hitam pada tanaman crucifer (*Xanthomonas compestris pv compestris*).

Pada layu vaskuler, bakteri masuk dan memperbanyak didalamnya, dan bergerak melalui pembuluh silem dari jaringan inang. Didalamnya jaringan tanaman, bakteri mengganggu proses translokasi nutrisi dan air, kemudian dalam hal ini menghasilkan layu, kematian dari bagian tanaman dan jatuhnya bagian tanaman yang ada di atas permukaan tanah. Bakteri layu vaskuler seperti halnya jamur layu vaskuler disebabkan oleh *Fusarium*, *Verticillium*, dan *Ophiostoma*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENYAKIT TUMBUHAN DISEBABKAN OLEH VIRUS

A. Pengertian Umum

Virus adalah kesatuan yang amat kecil dilihat dengan mikroskop cahaya, memperbanyak hanya pada sel-sel hidup, dan mempunyai kemampuan menyebabkan banyak penyakit. Semua virus adalah parasit di dalam sel, menyebabkan banyak penyakit pada semua bentuk organisme hidup dari tanaman sel tunggal atau hewan hingga pohon besar dan mamalia. Beberapa virus menyerang manusia dan atau hewan dan menyebabkan penyakit seperti influenza, polio, rabies, cacar, dan kutil. Jumlah virus yang diketahui lebih dari seribu dan hamper setiap bulan dideskripsikan virus baru. Lebih dari separohnya virus yang diketahui menyerang tanaman dan menyebabkan penyakit.

Satu virus dapat menginfeksi beberapa dosen spesies tanaman yang berbeda dan satu tanaman dapat diserang oleh satu atau lebih dari beberapa virus yang berbeda. Satu tanaman umumnya dapat diinfeksi oleh lebih dari satu virus pada waktu yang bersamaan. Walaupun virus adalah agents dari penyakit dan bersama-sama dengan fungsi genetik organisme hidup lainnya mampu bereproduksi, virus juga bersikap sebagai molekul kimia.

Virus amat sederhana, terdiri dari asam nukleat dan protein, dengan protein yang membungkus disekeliling asam nukleat. Walaupun virus dapat membentuk berbagai macam, yang paling umum adalah bentuk batang atau polyhedral atau berbagai macam dari kedua struktur dasar tersebut. Pada tiap-tiap virus selalu ada RNA saja atau DNA saja dan pada kebanyakan virus-virus tanaman hanya satu macam protein. Virus yang lebih besar dapat mempunyai beberapa protein berbeda, masing-masing mungkin mempunyai fungsi yang berbeda.

Virus tidak dipisah-pisahkan dan tidak menghasilkan struktur reproduksi khusus seperti spora, tetapi memperbanyak dengan

menginduksi sel inang untuk membentuk virus lebih banyak. Virus menyebabkan penyakit tidak dengan memakan sel atau membunuh sel tersebut dengan racun, tetapi dengan membingungkan metabolisme dari sel yang mana peranan perkembangannya dibelokan oleh substansi hingga sel tidak normal, dan kondisi fungsi dari kehidupan sel atau organisme menderita.

B. Ciri-ciri Virus Tumbuhan

Virus tanaman berbeda banyak dibanding seluruh pathogen tanaman lainnya, tidak hanya pada ukuran dan bentuk tetapi juga kesederhanaan dari susunan kimianya dan struktur fisik, cara infeksi, perbanyakannya, translokasinya dalam inang, penyebaran dan gejala yang dihasilkan pada inangnya. Sebab ukurannya kecil dan tubuhnya transparan, virus tidak dapat dilihat dan dideteksi dengan menggunakan cara seperti cara yang digunakan untuk pathogen lain. Virus bukan sel dan tidak mengandung sel.

1. Morfologi

Virus tanaman adalah berbeda dalam bentuk dan ukurannya tetapi biasanya digambarkan seperti memanjang (batang/ tangkai keras) atau sebagai *rhabdiviruses* (seperti *bacillus*), dan berbentuk bola (isometric atau *polyhedral*). Banyak virus memanjang seperti TMV dan *barley stripe mosaic virus*, mempunyai bentuk batang keras dengan ukuran sekitar 15 x 300 nm dan 20 x 130 nm berturut-turut. Sebagian besar dari virus yang memanjang tampak seperti benang kecil yang panjang dan fleksibel yang biasanya lebarnya 10-13 nm dan kisaran panjangnya dari 480 nm (*potato virus x*) hingga 2000 nm (*tristesia virus*). Beberapa virus yang memanjang tampak terjadi perbedaan panjang partikelnya.

Rhabdovirus adalah pendek, panjangnya seperti *bacillus* kira-kira tiga hingga lima kali dari panjang dan lebarnya seperti pada kasus *potato yellow dwarf virus* yang ukurannya 75 x 380 nm, *wheat striate mosaic virus* (65 x 270 nm) dan *lettuce necrotic yellow virus* (52 x 300 nm). Virus *spherical*/ bentuk bola yang sebenarnya *polyhedral*, kisaran diameter kira-kira 17 nm (*tobacco necrosis satellite virus*) 60.000 nm (*wound tumor virus*). *Tomato spotted wilt virus* tampaknya fleksibel, bentuk bulat diameter 70-80 nm.

Banyak virus tanaman mengandung lebih dari satu komponen, sehingga *tobacco rottle virus* mengandung dua cabang, satu panjang

ukuran 195-25 nm, dan satunya lebih pendek, panjangnya bervariasi dari 43 hingga 110 x 25 nm, *alfalfa mosaic* virus mengandung lima komponen dengan ukuran 58 x 18; 54 x 18; 42 x 18; 30 x 18; dan 18 x 18 nm. Beberapa virus isometric mempunyai dua atau tiga komponen berbeda, biasanya ukurannya sama tetapi beratnya berbeda seperti mengandung sejumlah asam nukleat yang berbeda.

Permukaan virus bulat dan panjang mengandung sejumlah subunit protein. Pada irisan melintang virus memanjang seperti tabung berlubang dengan subunit protein dibentuk dibagian kulit luar dan asam nukleat. Juga bentuk spiral tersusun melekat antara bagian dalam dan akhir dari dua spiral subunit protein secara berturut-turut. Virus bentuk spherical dapat atau tidak dapat melekat, dapat dilihat kulitnya terdiri dari beberapa subunit protein dengan asam nukleat disamping kulit dan disusun dalam cara yang belum diketahui.

Rabdovirus, *potato yellow dwarf virus*, *lettuce necrotic yellow*, dsb., ditetapak dengan sebuah pembungkus luar atau permukaan membran yang menonjol. Di samping *membrane* ada *nucleocapsid* yang terdiri dari asam nukleat yang tersusun helik dan berhubungan dengan subunit protein.

2. Struktur dan Komposisi

Tiap-tiap virus tanaman terdiri dari sebuah asam nukleat dan sebuah protein. Beberapa virus mengandung lebih dari satu ukuran asam nukleat dan protein, dan beberapa diantaranya mengandung komponen kimia tambahan, seperti poliamina, lipida, atau enzim-enzim spesifik. Masing-masing virus, proporsi asam nukleat dan protein macam-macam, asam nukleat dibuat 5-40% dari virus, sisanya dibuat protein 60-95%. Asam nukleat lebih rendah dan persentase protein lebih tinggi ditemukan pada virus-virus yang memanjang. Sementara virus-virus yang bentuk bulat/seperti bola mengandung persentase asam nukleat lebih tinggi, persentase protein lebih rendah. Berat keseluruhan dari molekul protein dari berbagai partikel virus berbeda dari 4,6 juta unit berat molekul (*bromegrass rattle virus*). Berat asam nukleat sendiri berkisar sekitar hanya antara 1 dan 3 juta ($1-3 \times 10^6$) unit berat molekul tiap-tiap partikel virus, dibandingkan $0,5 \times 10^9$ untuk mikoplasma 1×10^6 , sedangkan untuk spiroplasmos dan lebih dari $1,5 \times 10^9$ untuk bakteri.

3. Komposisi dan Struktur Protein Virus

Protein virus seperti halnya semua protein, terdiri dari asam amino. *Sequence* (rangkaian/urutan) dari asam amino dalam sebuah protein diperintah oleh materi genetik yang dalam virus adalah salah satu *deoxyribose nucleid acid* (DNA) atau *ribonucleid acid* (RNA) dan menentukan protein alami. Komponen protein dari virus tanaman disusun dari ulangan subunit. Kandungan asam amino dan rangkaiannya adalah konstan untuk identifikasi subunit protein dari suatu virus tetapi tidak dapat bermacam-macam untuk virus yang berbeda, perbedaan strain dari virus yang sama dan tetap untuk protein beda dari partikel virus yang sama. Kandungan dan bagian rangkaian dari asam amino diketahui untuk protein dari banyak virus, tetapi hanya untuk protein TMV dan *turnip yellow mosaic virus* susunan lengkap dari asam amino diketahui. Subunit protein dari TMV terdiri dari 158 asam amino pada sebuah rangkaian konstan. Sama halnya subunit protein dari TYMV mempunyai 189 asam amino.

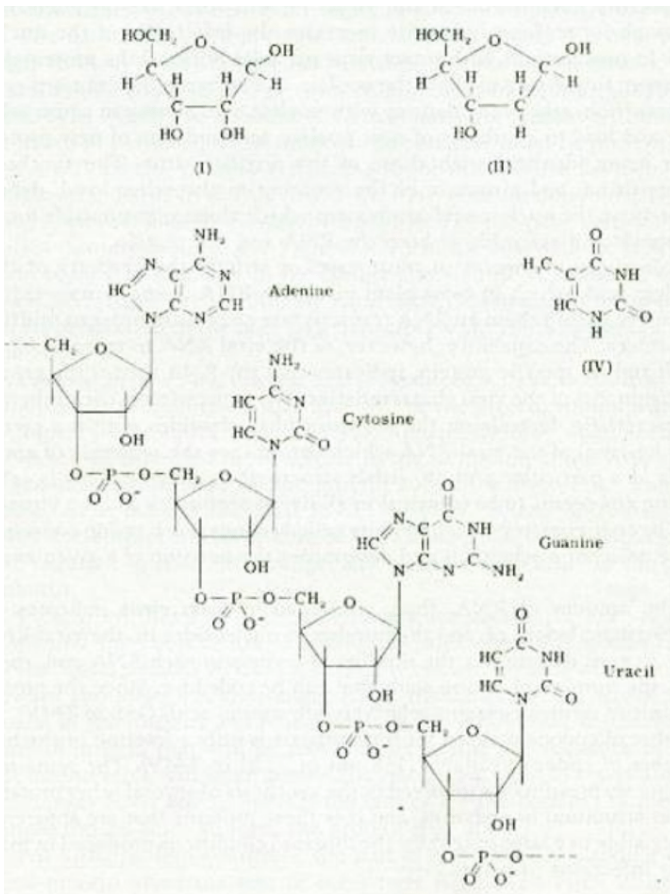
Pada TMV subunit protein disusun dalam sebuah *helix* mengandung 161/3 sub unit tiap putaran (atau 49 subunit tiap tiga putaran). Lubang pusat dari sumbu bawah partikel virus mempunyai diameter 40A. Sementara diameter maksimum dari partikel adalah 180A. Tiap-tiap partikel TMV mengandung subunit protein kira-kira 130 putaran *helix*. Asam nukleat dikemas rapat sekali antara subunit protein *helix*. Pada *rhabdovirus*, *nukleoprotein helix* dibungkus dalam sebuah membran. Pada virus tanaman *polyhedral*, subunit protein dikemas rapat sekali dalam susunan yang menghasilkan bentuk segi 20 atau kelipatan 20 dan membentuk sebuah kulit/mantel (*coat*). Didalam kulit tersebut asam nukleat dibungkus atau diatur sebaliknya.

4. Komposisi dan Struktur Asam Nukleat Virus

Asam nukleat dari sebagian besar virus tanaman terdiri dari RNA. Sampai terakhir ini hanya 3 virus tanaman (*cauliflower mosaic virus*, *dahlia mosaic virus*, dan *carnation etched ring virus*) yang diketahui mengandung DNA. DNA dan RNA adalah panjang seperti rantai yang terdiri dari ratusan atau lebih (sering ribuan) unit yang disebut nukleotida. Tiap-tiap nukleotida terdiri dari sebuah komponen cincin yang disebut ikatan basa pada sebuah gula 5 atom C (*ribose*) pada RNA, *deoxyribose* pada DNA yang mana pada putaran terikat pada asam *phosphoric*. Gula dari satu nukleotida bereaksi dengan fosfat dari nukleotida lain dan hal

ini diulang beberapa kali kemudian terbentuk untaian (*strand*) RNA atau DNA.

Pada RNA virus, satu dari empat basa dapat diikat pada tiap-tiap molekul ribose. Basa-basa tersebut adalah adenin, guanin, sitosin, dan urasil. Dua pertama adenin dan guanin adalah purin, sementara sitosin dan urasil adalah pirimidin. Formula kimia dari basa dan satu kemungkinannya posisinya relatif pada rantai RNA ditunjukkan pada struktur Gambar 4.1.

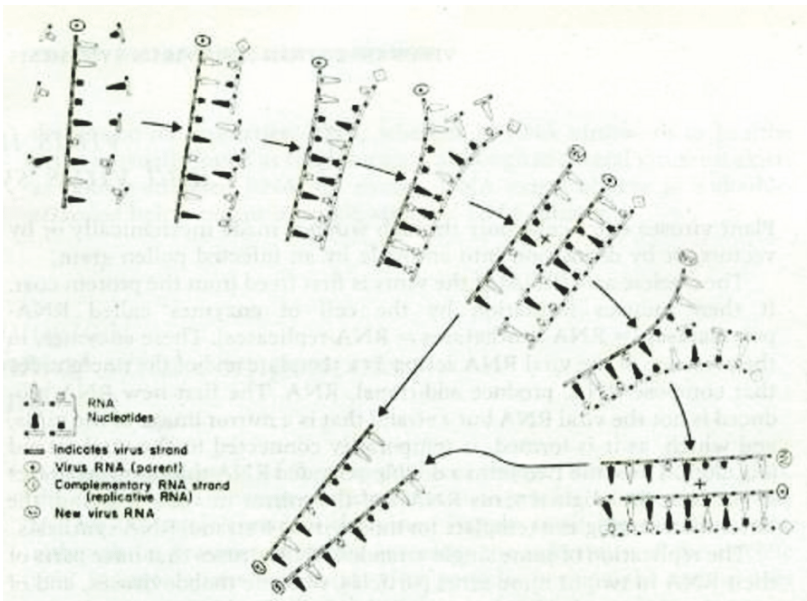


Gambar 4.1. Gambar Susunan Nimia dari Ribonucleid Acid (RNA)

DNA adalah sama seperti pada RNA dengan dua kecil, tetapi sangat penting perbedaannya: oksigen dari gula hidrosil hilang, dan basa urasil diganti oleh basa metilurasil dikenal dengan timin.

C. Fungsi Biologi Komponen Coding Virus

Walau kelihatannya tiap-tiap virus menghasilkan mantel protein yang diketahui fungsi dari protein adalah untuk menyediakan sarung pelindung terhadap asam nukleat dari virus. Protein itu sendiri tidak mampu menginfeksi (menularkan) walau keberadannya secara umum meningkat. Dalam inokulasi dengan partikel virus secara lengkap (*virions*), protein tidak tampak membantu atau mempengaruhi asam nukleat dalam fungsinya atau komposisinya, sejak inokulasi dengan asam nukleat sendiri dapat menyebabkan infeksi dan berperan penting dalam sintesis asam nukleat baru dan juga protein baru, kedua-duanya sama dengan virus aslinya. Sintesis, komposisi dan struktur dari protein tergantung pada komponen asam nukleat yang dapat berpengaruh terhadap sintesis RNA dan protein.



Gambar 4.2. Replikasi Asam Ribonukleat (RNA) dari Virus

Kemampuan infeksi dari virus pada banyak kasus adalah kepemilikan dari asam nukleat yaitu pada sebagian besar virus tanaman adalah RNA. Beberapa virus membutuhkan sebuah enzim transkriptase dalam multiplikasi dan infeksi. Kemampuan dari RNA virus untuk menghasilkan Protein spesifik menunjukkan bahwa gen yang ditetapkan dari karakter virus. Ekspresi dari tiap-tiap karakter

yang diwarisi tergantung pada urutan dari nukleotida dalam luasan tertentu (*cistron*) dari RNA virus yang menentukan urutan asam amino dalam protein khusus juga struktur dan enzim. Hal ini disebut koding dan tampaknya sama pada semua organisme hidup dan virus.

Kode terdiri dari unit-unit koding yang disebut kodon. Tiap-tiap kodon terdiri dari 3 nukleotida berbatasan/berdekatan dan posisinya ditentukan dari sajian asam amino. Jumlah dari RNA, kandungannya dalam tiap-tiap virus menunjukkan kira-kira panjang dan jumlah dari nukleotida dalam RNA virus. Hal tersebut menentukan jumlah kodon pada tiap-tiap RNA dan jumlah asam amino yang dapat dikode. Sub unit protein dari virus kandungannya relatif banyak asam amino (158 pada TMV), jumlah dari kodon dimanfaatkan untuk sintesis, yaitu hanya sebuah fraksi dari jumlah total kodon didapat (158 keluar 2130 pada TMV). Kodon-kodon sisa tampaknya menyebabkan sintesis beberapa protein lain, salah satu struktur atau enzim, dan protein ini respon terhadap kondisi penyakit tanaman secara luas yang dihasilkan beberapa infeksi virus.

D. Infeksi Virus dan Sintesis Virus

Virus tanaman masuk sel hanya melalui luka yang dibuat secara mekanis atau dengan vektor atau dengan pengendapan dalam suatu *ovule* oleh bulir *pollen* yang diinfeksi asam nukleat (RNA) dari virus pertama lepas dari mantel protein kemudian menyebabkan terbentuk enzim oleh sel yang disebut RNA polimerase (= RNA *synthetase* = RNA *replicase*). Enzim ini memainkan keberadaan RNA virus dengan sebuah cetakan dari nukleotida yang menyusun RNA menghasilkan RNA tambahan. Pertama kali RNA baru yang terbentuk adalah bukan RNA virus tetapi sebuah untaian (*strand*) yang mencerminkan sebuah bayangan dari virus dan yang dibentuk sewaktu-waktu berhubungan dengan strand virus. Kemudian bentuk dua buah RNA *strand* ganda (*double stranded*) yang segera terpisah untuk menghasilkan RNA asli dan cermin bayangan (*- strand*), terakhir kemudian porsi sebagai sebuah cetakan untuk sintesis RNA lebih banyak (*+ strand*).

Replikasi dari beberapa RNA virus untaian tunggal (*single stranded*), bagian dari RNA pada dua atau lebih partikel virus, dari beberapa *rhabdovirus* berbeda dengan RNA virus *double stranded*. Pada beberapa virus yang segmen RNA nya beda keberadaannya di dalam dua atau

lebih partikel virus, semua atau sebagian besar dari partikel-partikel harus berada dalam sel yang sama untuk replikasi dan infeksi terhadap perkembangannya. Pada RNA *single stranded rhabdovirus*, RNA tidak menular sebab (-) *strand*, RNA ini harus ditranskripsi oleh enzim yang dibawa virus yang disebut *transcriptase*, dalam satu (+) *strand* RNA pada inang dan akhirnya RNA kemudian replikasi seperti diatas. Pada RNA virus isometrik *double stranded*, RNA digolongkan virus yang sama adalah tidak menular dan tergantung pada replikasi dalam inang pada sebuah enzim *transcriptase* juga dibawa dalam virus.

Asam nukleat virus baru segera diproduksi, hal tersebut menyebabkan sel inang memproduksi molekul protein baru dan adanya sub unit protein akan membentuk mantel protein virus. Kira-kira hanya sebagian dari untaian RNA virus dibutuhkan untuk ikut serta dalam pembentukan protein virus. Tiap-tiap asam amino pada molekul sub unit protein dikode oleh tiga nukleotida dari RNA virus untuk TMV, yang mana RNA terdiri dari 6.400 nukleotida dan proteinnya terdiri dari 158 asam amino, hanya 474 nukleotida dibutuhkan untuk kode menyusun asam amino dalam sub unit protein.

Sintesis protein dalam sel sehat tergantung pada keberadaan asam amino dan kerjasama dari ribosom, mRNA dan tRNAs. Tiap-tiap tRNA hadala spesifik untuk satu asam amino yang mana dibawa ke arah dan sepanjang mRNA. *Messenger* RNA yang dihasilkan dalam inti sel dan menggambarkan bagian dari kode DNA, menetapkan macam dari protein-protein yang akan dihasilkan oleh urutan kode dalam asam amino yang akan disusun. Ribosom seakan-akan untuk perjalanan sepanjang m RNA dan untuk menyediakan energi selama bonding (ikatan) sebelum disusun asam amino hingga terbentuk protein.

Untuk sintesis protein virus, bagian dari RNA virus mengkode untuk memainkan protein virus berperan sebagai mRNA virus memanfaatkan asam amino, ribosom, dan tRNAs dari inang menjadi cetakannya (mRNA), dan protein yang terbentuk secara eksklusif digunakan oleh virus sebagai sebuah mantel atau fungsinya. Selama sintesis virus, bagian dari asam nukleat juga menjadi terlibat dengan sintesis dari protein lain dari mantel protein virus. Beberapa dari protein tersebut adalah enzim, salah satu dari berbagai macam yang ada pada sel inang atau baru sama sekali, yang dapat aktif atau inisiasi dalam reaksi kimia didalam sel dan berubah dapat mempengaruhi arah, fungsi fisiologis

dari sel. Ketika asam nukleat baru virus dan sub unit protein virus dihasilkan, asam nukleat tampaknya bersama-sama sub unit protein sekitarnya dan keduanya bergabung bersama-sama membentuk partikel virus lengkap, sebuah virus. RNA virus dan protein yang disintesis keduanya berkumpul/menyatu untuk menghasilkan virus.

Studi tentang TMV menunjukkan bahwa RNA virus lepas dari mantel protein pindah dalam inti sel dan kemungkinan nukleulus, dimana RNA virus baru kemudian melepaskan dalam sitoplasma, dimana menunjukkan sebagai sebuah mRNA dan bergabung dengan ribosom dan tRNAs menghasilkan sub unit protein virus. Kumpulan dari virus-virus diikuti juga dalam sitoplasma. Pada virus lain, sintesis asam nukleat dan protein seperti halnya perakitan dalam virus terjadi di sel, partikel virus kemudian dilemas dalam sitoplasma. Pertama virus tampak utuh dalam sel tanaman kira-kira 10 jam setelah inokulasi. Partikel virus dapat hidup sendiri atau berkelompok dan dapat masuk dalam tubuh tidak berbentuk (*amorphous*) atau bentuk kristal di dalam sel (sitoplasma, nukleus, dan nukleulus) yang mereka kehendaki.

E. Perpindahan dan Penyebaran Virus dalam Tumbuhan

Untuk menginfeksi sebuah tanaman, virus harus berpindah dari satu sel ke sel lainnya dan harus memperbanyak diri. Pada perpindahannya dari sel ke sel, virus mengikuti lintasan arah plasmodesmata yang menghubungkan sel-sel yang berdekatan. Tampaknya virus tidak bergerak melintasi sel parenkhima, kecuali kalau virus menginfeksi sel dan memperbanyak di dalamnya, kemudian melanjutkan perluasan secara langsung dari sel ke sel. Pada sel parenkhima daun, virus berpindah kira-kira 1 mm atau 8-10 sel per hari.

Sebagian besar virus diketahui dapat berpindah secara cepat melintasi jarak panjang langsung ke floem. Perjalanan virus dalam floem tampak terjadi dalam "*sieve tube*" (pembuluh tapis) yang mana mereka dapat berpindah secara cepat sekitar 15 cm dalam 6 menit pertama. Sebagian besar virus membutuhkan 2-5 hari atau lebih untuk bergerak keluar dari sebuah daun yang diinokulasi. Sekali virus masuk floem, dia berpindah secara cepat dalam floem ke arah daerah tumbuh (*apical meristem*) atau daerah lain untuk keperluan makanan, pada tanaman, seperti tuber dan akar. Sebagai contoh ketika virus kentang dimasukkan dalam pangkal daun dari tanaman kentang yang masih

muda, virus akan bergerak secara cepat ke batang atas, tetapi ketika tanaman membentuk umbi kemudian diinokulasi dengan cara yang sama dengan di atas, virus tidak berpindah ke atas selama lebih dari 30 hari, melainkan bergerak ke arah bawah di dalam umbi.

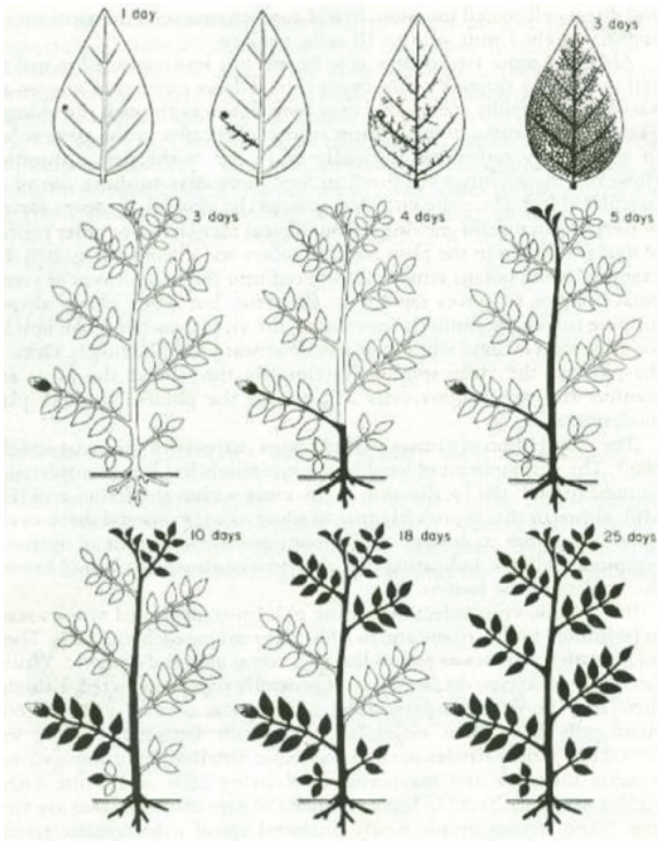
Sekali virus ada di dalam floem, virus akan menyebar langsung ke tanaman dan masuk kembali ke sel parenkhima yang berdekatan ke floem melalui plasmodesmata. Penyebaran virus di dalam tanaman bermacam-macam (tergantung jenis virus dan jenis tanamannya). Pada infeksi virus sistemik, tampaknya beberapa virus berpindah ke beberapa jaringan floem dan beberapa sel parenkhima yang berdekatan. Hal ini seperti pada penyakit daun menggulung (*leaf roller*) pada kentang, kerdil kuning (*dwarf yellow*) pada tanaman serealea. Virus yang menyebabkan penyakit tipe mosaik mungkin polanya berbeda dengan yang menyebabkan bercak lokal (*local lesion*). Virus *mosaic*, menginfeksi sel tanaman diperkirakan mengandung antara 100.000 dan 10.000.000 partikel virus per sel. Penyebaran dari beberapa virus sistemik adalah sangat seksama dan dapat mempengaruhi semua sel hidup tanaman.

F. Gejala-gejala yang Disebabkan oleh Virus Tumbuhan

Gejala yang paling umum yang disebabkan oleh virus adalah berkurangnya laju pertumbuhan tanaman, yang hasilnya dalam berbagai macam terhambatnya pertumbuhan tanaman atau kerdil. Hampir semua penyakit virus kelihatannya menyebabkan pengurangan total hasil dan lama (waktu hidup) dari virus yang menginfeksi tanaman biasanya pendek.

Sebagian besar gejala dari tanaman yang diinfeksi virus biasanya terlihat pada daun, tetapi beberapa virus dapat menyebabkan gejala yang menyerang batang, buah, dan akar dengan atau tanpa adanya perkembangan gejala pada daun. Pada hampir semua penyakit virus tanaman terjadi di lapang, virus berada langsung di tanaman (infeksi sistemik) dan gejala yang dihasilkan disebut gejala sistemik. Pada beberapa tanaman yang diinokulasi secara buatan dengan virus tertentu, dan kemungkinannya pada beberapa infeksi alami, virus menyebabkan pengecilan bentuk, biasanya bercak nekrotik hanya pada titik-titik masuknya (infeksi lokal), dan gejalanya disebut bercak lokal. Beberapa virus dapat menginfeksi inang tertentu tanpa adanya gejala yang tampak pada inang, seperti virus yang disebut "*latent virus*"

dan inangnya disebut "*symptoms carriers*". Pada kasus lain tanaman yang biasanya diinfeksi virus tertentu (*temporarily*), dibawah kondisi lingkungan tertentu (temperatur tinggi atau rendah) dengan gejala yang disebut "*masked*". Akhirnya tanaman dapat menunjukkan gejala *acute* atau parah segera setelah inokulasi yang dapat berperan mematikan inang, bila inang tahan awal tahapan lemah gejala cenderung ringan/kronis (*chronic symptoms*) pada bagian tanaman, kemudian berkembang ke bagian lain dari tanaman dan berperan secara keseluruhan. Disisi lain gejala dapat berkembang meningkat parah dan dapat meningkat secara pelan/lambat secara berangsur-angsur tanaman mengalami kemunduran dengan cepat.



Gambar 4.3. Infeksi Virus Berdasarkan Waktu Setelah Infeksi (1 Hari Setelah Infeksi Sampai dengan 25 Hari Setelah Infeksi Tanaman Secara Keseluruhan Mengalami Klorosis)

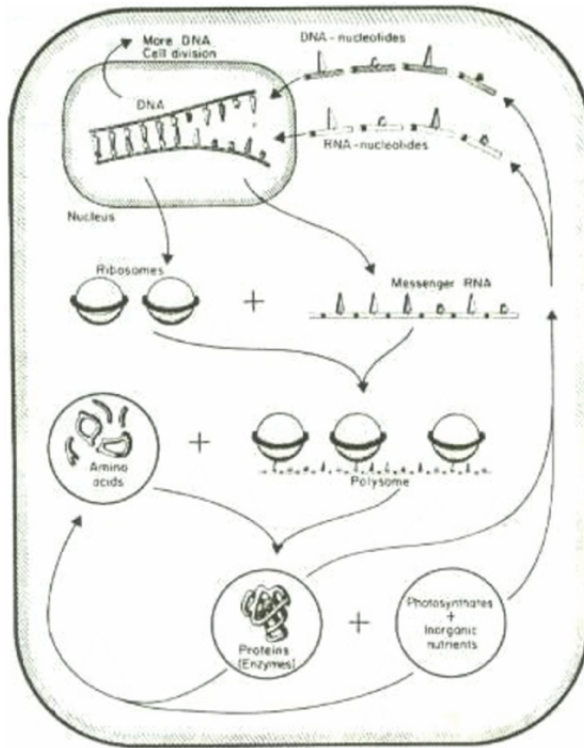
Tipe yang paling umum dari gejala yang dihasilkan oleh infeksi virus sistemik adalah *mosaic* dan *ring-spot*. *Mosaic*, ciri-cirinya adalah hijau mengkilat, kuning atau putih berbaur dengan warna buah atau daun secara normal. Tergantung pada intensitas atau pola dari diskolorasi, tipe gejala *mosaic* dapat digambarkan seperti doreng/loreng, coret-coretan, pola melingkar, pola garis, *veinclearing* (tulang-tulang daun memutih), *veinbanding* (tulang daun mengelompok seperti pita), bintik-bintik klorotik. *Ringspot*, ciri-ciri kenampakannya adalah lingkaran klorotik atau nekrotik *ringspot* tetapi bukan virus, cenderung tidak tampak setelah berlangsung dan tampak kembali dalam kondisi lingkungan tertentu.

Beberapa gejala virus lain yang kurang umum, yang digambarkannya sebagai kerdil (*dwarf*), pertumbuhan terhambat (*stunted*), daun menggulung (*leaf roller*), bercak garis-garis (*streak*) pada tanaman tembakau, cacar (*pox*) pada plum, tumor, *pitting* (bintik-bintik) pada batang dan buah apel, menguning (*yellow*) pada tanaman *beet*, gejala-gejala dapat bergabung bersama-sama dengan gejala lain pada bagian lain dari tanaman yang sama.

G. Fisiologi Virus Menginfeksi Tumbuhan

Virus tanaman tidak mengandung racun, enzim atau substansi lain yang amat berpengaruh dalam patogenisitas dari patogen tipe lain dan dapat menyebabkan berbagai gejala pada inang. Asam nukleat virus (RNA), tampaknya hanya menentukan penyakit. Virus-virus secara umum menyebabkan berkurangnya fotosintesis melalui pengurangan klorofil per daun (dalam efisiensi klorofil dan areal/luas daun per tanaman). Virus biasanya menyebabkan pengurangan dalam jumlah substansi pengatur pertumbuhan (hormon) dalam tanaman, seringkali dengan menyebabkan peningkatan substansi penghambat pertumbuhan. Pengurangan nitrogen larut selama sintesis virus adalah umum dalam penyakit virus tanaman dan pada penyakit mosaic ada pengurangan tingkat karbohidrat secara lambat dalam jaringan tanaman.

Respirasi dari tanaman secara umum meningkat segera setelah infeksi virus, tetapi setelah respirasi dari tanaman yang diinfeksi oleh beberapa virus menunjukkan peningkatan. Sementara dengan virus lain menjadi lebih rendah dibandingkan tanaman sehat, dan dengan virus lainnya dapat kembali normal.



Gambar 4.4. Skema Fungsi Dasar dalam Sebuah Sel Hidup

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

NEMATODA SEBAGAI PENYEBAB PENYAKIT TUMBUHAN

A. Pengertian Umum

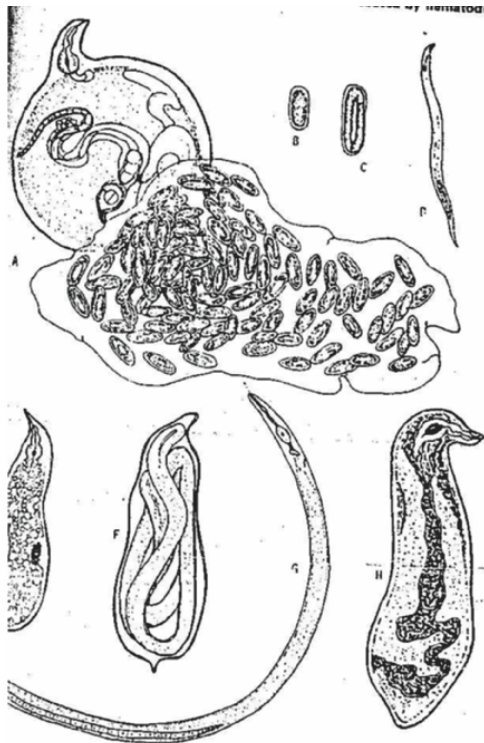
Nematoda adalah satu dari parasit tanaman termasuk kingdom N hewan yang dipelajari dalam penyakit tanaman. Nematoda kadang-kadang disebut eelworm, kenampakannya seperti cacing tetapi jelas berbeda taksonominya dari cacing yang sebenarnya. Ribuan spesies nematode mikroskopis hidup bebas dalam air segar, air garam atau didalam tanah, memakan tumbuhan dan hewan. Sejumlah spesies nematode menyerang manusia dan hewan yang menyebabkan berbagai penyakit. Akan tetapi diketahui sebagai parasit tanaman dan menyebabkan berbagai penyakit tanaman.

Klas nematoda dari filum hewan Aschelminthes terdiri dari cacing tidak bersegmen, disamping biasa disebut nematoda, juga disebut *round worm*, *thread worm* atau *eel worm*. Pada habitat basa nematode secara garis besarnya dapat dibedakan dalam empat kelompok lingkungan: parasit terhadap hewn, parasit terhadap tanaman, spesies yang hidup di laut, spesies yang hidup di tanah dan air tawar. Morfologi nematode yang memparasit tanaman adalah kecil 300-1000 μm , ada yang lebih hingga 4mm, lebarnya 15-35 μm . Karena kecilnya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dan hanya dapat dilihat di bawah mikroskop, Nematoda bentuknya lembut, tubuhnya tidak bersegmen dan tanpa alat tambahan. Betina dari beberapa spesies tubuhnya membengkak. Nematoda mempunyai berbagai ukuran, sebagai parasit dilaporkan panjangnya hingga mencapai 7 meter. Spesies yang memparasit manusia dan hewan-hewan domestic panjangnya bervariasi dari 2-300 mm. Nematoda yang parasit terhadap tanaman adalah kecil, biasanya berkisar antara 0,3 hingga 4 mm panjangnya dan 0,01-0,5 mm lebarnya. Nematoda yang memparasit tanaman sukar dilihat dengan mata telanjang.

Needham, adalah orang pertama yang mendeskripsikan penyakit tanaman disebabkan oleh nematoda. Beliau mendeskripsikan penyakit *gall* pada biji gandum yang sekarang diketahui disebabkan oleh nematoda *Anguina tritici*. Pada penyakit ini biji gandum diserang *gall* yang berisi ribuan larva nematoda.

B. Struktur Umum dan Biologi Nematoda

Anatomi, tubuh nematode transparan, ditutup dengan kutikula yang tidak berwarna, kutikula akan berganti kulit jika nematode berhasil ganti fase larva. Nematoda bentuknya panjang silindris, bagian kepala dan ekor meruncing dan bilateral simetris. Pada beberapa genus betina dewasa bentuknya membengkak seperti pada kista nematoda (*Heterodera spp.*, *Globodera spp.*) dan nematoda pembuat simpul akat "root knot" yaitu *Meloidogyne spp.* Ciri-ciri morfologi umum dari nematoda yang parasit terhadap tanaman ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Ciri-ciri Morfologi Umum Nematoda

C. Sistem Reproduksi Nematoda

Nematoda memperbanyak diri secara seksual, walau ada spesies yang biseksual, selain hermaphrodit atau partenogenetik. Pada yang jantan sistem reproduksi dan saluran makanan terbuka dalam kloaka (*cloaca*), pada yang betina dipisahkan antara *vulva* dan anus. Semua nematoda yang memparasit tanaman, kecuali nematoda yang pendek dan gemuk, mempunyai gigi bengkok dan *stilet* yang mana struktur tersebut digunakan untuk menusuk sel tanaman. Bila nematoda tersebut tidak memiliki gigi bengkok dan *stilet*, tidak dapat memparasit tanaman. Tetapi keberadaan *stilet* tidak cukup menunjukkan bahwa spesies tersebut parasit terhadap tanaman. Beberapa pemakan jamur dan predator memiliki *stilet*. Banyak nematoda tanpa *stilet* memakan spora jamur dan bakteri atau predator terhadap nematoda lainnya.

Nematoda betina memiliki satu atau dua gonad, masing-masing dengan ovarium, *oviduct*, *spermatheca*, dan uterus. Sistem reproduksi nematoda jantan mengandung testis dan saluran ejakulasi. Bagian luar tubuh nematoda ditutup oleh kutikula yang fungsinya sebagai pelindung. Nematoda yang bersifat parasit terhadap tanaman dan tanah, kutikulanya relatif lembut. Kutikula tidak mengandung *chitin* tetapi menunjukkan kandungan keratin, komponen seperti keratin, matriks, serat-serat kolagen dan komponen-komponen lain.

Siklus hidup dari nematoda secara normal terdiri dari telur, fase larva dan dewasa, masing-masing fase lamanya dari siklus hidup ditentukan oleh berbagai macam spesies dari nematoda, inang dan faktor lingkungan misalnya temperatur dan kelembaban. Siklus hidup tersebut biasanya lebih pendek pada tanaman sehat dibandingkan dengan yang hidup pada kondisi tertekan. Pada kondisi optimal sebagian besar nematoda parasit melengkapi siklus hidupnya dalam 3-6 minggu.

D. Penyebaran dan Pertahanan Nematoda

Fase yang paling baik dari siklus hidup untuk bertahan dan beradaptasi dalam tanaman inang antar spesies berbeda-beda. Misalnya genus *Ditylenchus*, bertahan paling baik pada fase larva keempat, *Anguina* pada fase larva kedua dan *Heterodera* sebagai kista. Pada banyak spesies, keberadaan tanaman inang dapat menghasilkan

kematian dari individu dalam 2-3 minggu dimana spesies lain dapat bertahan di dalam inang hingga bertahun-tahun. Beberapa spesies dari kista nematoda tetap tinggal tidak bergerak di dalam tanah hingga faktor-faktor yang sesuai untuk menetas yaitu eksudat oleh akar tanaman inang. Pada beberapa spesies keberadaan tanaman inang dapat mengakibatkan kematian individual didalam 2-3 bulan dimana spesies lain dapat bertahan didalam tanah hingga beberapa tahun.

Globodera rostochiensis (nematoda pada tanaman kentang) membutuhkan faktor penetasan khusus untuk menetas telurnya. Faktor tersebut dikeluarkan oleh perakaran dari tanaman solanaceae. Bahan difusi dari akar dan beberapa spesies (misal beberapa anggota dari *famili Cruciferae*) adalah antagonistik terhadap faktor penetasan yang yang dikeluarkan oleh perakaran kentang. Faktor penetasan yang dibutuhkan adalah kondisi lingkungan menguntungkan yang sesuai dalam penetasan tersebut, tidak terjadi secara spontanitas dalam situasi tidak ada tanaman inang. Faktor penetasan yang sesuai dan mempunyai potensi dalam pengendalian biologi nematoda tersebut. Bilamana telur-telur tersebut tidak menetas ketika tanaman inang tidak ada, jumlah keberadaan inokulum di dalam tanah akan berkurang dan tingkat infeksi berikutnya terhadap inang berkurang.

Keberhasilan nematoda sebagai parasit tanaman tergantung pada kemampuannya bertahan dalam kondisi yang merugikan. Semua nematoda yang parasit terhadap tanaman adalah parasit *obligat*, yaitu mereka hanya dapat memperoleh nutrisi dari tanaman-tanaman yang hidup. Konsekuensinya, ketahannya tergantung pada keberadaan tanaman inang atau fase istirahat dalam siklus hidupnya. Nematoda yang parasit terhadap tanaman gerakannya lewat tanah hanya relatif pendek jaraknya, umumnya tidak lebih dari 20-30 cm dalam satu tahun. Penyebaran inokulum biasanya melalui tular tanah dan penularan bagia vegetatif tanaman yang diangkut oleh manusia. Panjangnya jarak angkut dari struktur istirahat dapat terjadi dalam tiupan angin pada tanah, luapan air bah, tanah yang menempel pada hewan piaraan dan hewan yang liar, perlatan-peralatan pertanian dan hasil pertanian.

E. Gejala Penyakit yang Disebabkan oleh Nematoda

Secara umum gejala-gejala dari penyakit yang disebabkan oleh nematoda termasuk kerusakan akar, layu dari bagian tanaman yang

ada di atas permukaan tanah, gejala kekurangan mineral, *dieback* pada tanaman tahunan, dan dalam banyak kejadian penyimpangan dan perubahan warna daun.

Kebanyakan spesies nematoda menyebabkan kerusakan pada akar tanaman yang dapat mengakibatkan bentuk nekrosis atau pertubuhan tidak normal dan perubahan dari jaringan akar. Bercak-bercak pada akar adalah disebabkan oleh spesies dari nematoda dan kenampakannya seperti daerah mikroskopik dan makroskopik dan perubahan warna atau sel-selnya "*collaps*". Spesies lainnya menyebabkan *root knot* atau *gall* yang dihasilkan dari pembesaran sel yang tidak normal pada daerah dimana nematoda makan. Gejala lain dari kerusakan oleh nematoda termasuk percabangan akar secara berlebihan, ujung-ujung akar luka dan busuk akar. Gejala-gejala akar disini biasanya disertai oleh ketidakhematan dari bagian-bagian di atas permukaan tanah.

Beberapa spesies dari nematoda menyebar pada bagian tanaman yang di atas permukaan tanah dan menyebabkan gejala seperti *gall*, bercak nekrotik dan busuk, penyimpangan dari daun dan batang berliku-liku dan perkembangan dari bunga yang tidak normal.

F. Identifikasi Nematoda Parasit Terhadap Tanaman

Nematoda dapat diisolasi dari perakaran tanaman yang terinfeksi atau dari tanah di sekitar akar yang sakit. Caranya dengan melarutkan tanah/akar yang dihancurkan tersebut di atas ke dalam air segar 100-300 cc, nematoda dapat diisolasi menggunakan metode "*Baermann funnel*" atau dengan ayakan. Metode ayakan berdasarkan pada kenyataan bahwa sampel tanah yang kecil 300 cc dicampur air 2 liter. Nematoda akan terapung dalam air dan dapat melewati ayakan melalui lubang-lubang. Campuran air tanah diaduk kemudian dibiarkan 30 detik. Supernatan dituang langsung melalui ayakan 20 mesh (20 lubang persquare inchi). Larutan yang mengandung nematoda kemudian dituang langsung ke ayakan 60 mesh yang lubangnya lebih besar rai nematoda. Terakhir kemudian dituangkan pada ayakan 200 mesh, masing-masing diulang 2-3 kali kemudian diisolasi untuk diuji secara langsung di bawah mikroskop.

Sebagian besar dari nematoda parasit terhadap tanaman termasuk dalam subklas *Secernentea*, *ordo Tylenchida*. Beberapa genus penting

yang termasuk subklas *Adenophorea*, *ordo Dorylaimida* disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Klasifikasi Taksonomi dari Nematoda Parasit Terhadap Tanaman

Filum: Aschelminthes

Klas: Nematoda

Subklas: Secermentea

Ordo	Famili	Genus	Keterangan/Penyebab
Tylenchida	Tylenchidae	<i>Anguina</i>	Gall pada biji
		<i>Ditylenchus</i>	Umbi dan batang
	Tylenchorhynchidae	<i>Tylenchorhynchus</i>	kerdil
	Heteroderidae	<i>Puctodera</i>	Cyst
		<i>Heterodera</i>	
		<i>Globedera</i>	
		<i>Meloidogyne</i>	Root-knot
	Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i>	Spiral
		<i>Rotylenchus</i>	
		<i>Hoplolaimus</i>	Lance
	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i>	Root-lesion
		<i>Radopholus</i>	burrowing
	Nacobbidae	<i>Rotylenchulus</i>	Reniform
	Belonolaimidae	<i>Belonolaimus</i>	Sting
	Dolichodoridae	<i>Dolichodorus</i>	Awl
	Paratylenchidae	<i>Tylenchulus</i>	Citrus
		<i>Paratylenchus</i>	Pin
	Criconematidae	<i>Cryconema</i>	Ring
		<i>Macroposiphonia</i>	
		<i>Hothocriconema</i>	
		<i>Hemicyliophora</i>	Sheath
	Aphelenchoididae	<i>Aphelenchoides</i>	Daun dan tunas

Subklas: Adenophorea

Ordo	Famili	Genus	Keterangan/Penyebab
Dorilaimida	Longidoridae	<i>Longidorus</i>	Needle
		<i>Xiphinema</i>	Dagger
	Trichodoridae	<i>Trichodorus</i>	Stubby-root
		<i>Paratrachodorus</i>	

Nematoda dibagi dalam dua subklas: *Phasmida* dan *Aphasmida*, tergantung pada ada atau tidak adanya *phasmid*. Terdapat pasangan organ-organ lateral yang terjadi pada bagian akar dari beberapa spesiesnya. Secara kenyataan bahwa kondisi *phasmida* sebelumnya digunakan untuk mendeskripsikan sekelompok insekta dari ordo *Orthoptera* oleh karena itu diberikan untuk subklas dari Nematoda kemudian nama subklas diganti *Secernentea* (*Phasmida*) dan *Adenophorea* (*Aphasmida*).

Tabel 5.2. Kelompok Nematoda yang Menyebabkan Penyakit Tanaman menurut organ Tanaman yang Diserang dan Cara Parasitismo yang Ditunjukkan oleh Nematoda

Ordo	Famili	Genus	Keterangan/Penyebab
<i>Meloidogyne</i>	Sedentary	-	<i>Root-knot</i>
<i>Heterodera</i>	Sedentary	-	<i>Cyst</i>
<i>Globodera</i>	Sedentary	-	
<i>Punctodera</i>	Sedentary	-	
<i>Cryphodera</i>	Sedentary	-	<i>Cystoid</i>
<i>Meloidodera</i>	Sedentary	-	
<i>Radopholus</i>	Migratory	-	<i>Burrowing</i>
<i>Pratylenchus</i>	Migratory	-	<i>Root-lesion</i>
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	-	Sedentary	<i>Citrus</i>
<i>Rotylenchulus</i>	-	Sedentary	<i>Reniform</i>
<i>Hemicyliophora</i>	-	Migratory	<i>Sheath</i>
<i>Xiphinema</i>	-	Migratory	<i>Dagger</i>
<i>Trichodorus</i>	-	Migratory	<i>Stubby</i>
<i>Paratrichodorus</i>	-	Migratory	
<i>Belomolaimus</i>	-	Migratory	<i>Sting</i>
<i>Criconema</i>	-	Migratory	<i>Ring</i>
<i>Macroposthonia</i>	-	Migratory	
<i>Nothocriconema</i>	-	Migratory	
<i>Paratylenchus</i>	-	Migratory	<i>Pin</i>
<i>Rotylenchus</i>	-	Migratory	<i>Spiral</i>
<i>Scutellonema</i>	-	Migratory	
<i>Helicotylenchus</i>	-	Migratory	

Tiap-tiap ordo dari nematoda dibagi dalam famili, genus dan spesies berdasarkan pada jumlah dari karakter morfologi yang paling umum digunakan: kutikula yang menghiasi, posisi dan bentuk dari struktur amphidial, karakter dari struktur kepala bagian mulut dan stylet, struktur dari oesofagus, struktur dari gonad termasuk jumlah dan posisi dari ovarium pada betina, dan testes pada pejantan, panjang dan posisi dari rektum dan lokasi dari anus, panjang dan bentuk dari ekor, karakter dari spikula pada pejantan, demikian juga ukuran dari nematoda dan atau tidak adanya berbagai struktur seperti caudal alae pada pejantan. Identifikasi secara positif dari nematoda dibutuhkan pengetahuan dan pengalaman yang cukup tentang parasit tanaman.

G. Penyakit-penyakit yang Disebabkan oleh Nematoda

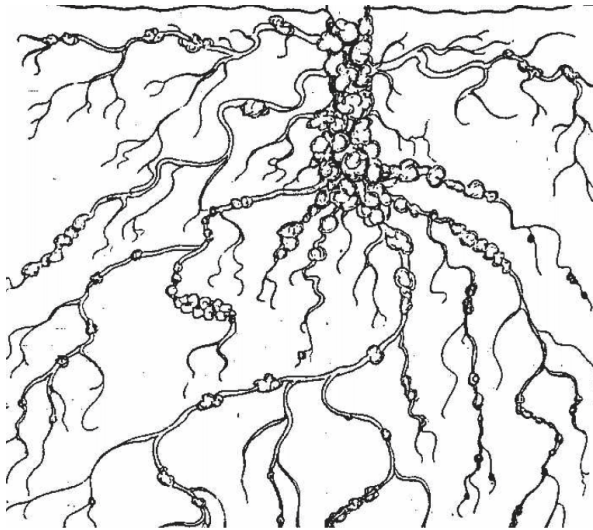
Spesies-spesies Nematoda penting yang berkompeten sebagai parasit spesifik yang menyebabkan penyakit pada tanaman termasuk nematoda *root-knot* (*Meloidogyne spp.*), *cyst-forming* (*Heterodera spp.*, *Globodera spp.*, dan *Punctodera spp.*), *citrus* (*Tylenchulus spp.*), dan nematoda pemakan akar lainnya, nematoda batang dan urbi (*Ditylenchus dipsaci*), nematoda daun tunas (*Aphentelenchoides spp.*), nematoda *gall* biji (*Anguina spp.*) dan nematoda yang menyerang jamur.

1. Nematoda *Root-knot* (*Meloidogyne spp.*)

Root-knot nematoda terjadi di beberapa daerah seluruh dunia tetapi yang paling umum pada area yang mempunyai musim panas dan dingin. Nematoda lebih prevalen pada tanah lempung mengkilat dibanding tanah liat berat. Nematoda *root-knot* paling banyak menyerang spesies tanaman pada tanah setelah diolah dan lebih dari 2000 spesies tanaman dicatat sebagai tanaman inang. Keberadaan *Meloidogyne spp.* sering menghalangi produksi secara ekonomi di tanaman tertentu yang tidak dikendalikan secara prosedural.

Pengamatan *gall* di bawah mikroskop stereo biasanya tampak putih, nematoda betina bentuknya menarik dengan tubuh menonjol keluar dari *gall*. Tubuh betina yang menonjol tersebut sering dibungkus dengan gelatin yang dapat meletakkan ratusan telur. Stadium larva pertama dan kedua dibentuk dalam telur, stadium kedua setelah larva keluar dari telur dan bergerak langsung ke tanah untuk jarak dekat hingga sampai kontak dengan perakaran yang suseptibel. Larva masuk dalam akar,

menetap dan mengakibatkan bentuk sel membesar (biasanya 4 hingga 6 kali). Setelah larva berumur 3 dan 4 bulan kelihatan dewasa. Betina berbentuk bulat yang mana pejantannya panjang silindris. Pejantan dewasa keluar dari perakaran dan hidup bebas di sekeliling tanah di sekitar perakaran. Tanaman yang terinfeksi berat biasanya kerdil dan tidak hemat, dan cenderung layu dimusim panas, keadaan panas sebagai hasil kerusakan yang disebabkan oleh perakarannya.



Gambar 5.2. Gall pada Tanaman Sakit pada Bagian Akarnya

Walaupun larva yang berkembang di dalam jaringan akar adalah pejantan, tetap menyebabkan pembesaran sel, pejantan dewasa tidak memakan jaringan akar. Peranan dari nematoda pejantan dalam menghasilkan gejala penyakit relatif. Terbentuknya sel yang besar di dekat jaringan vaskuler dapat menyebabkan elemen silem hancur dan berubah. Pada fase awal dari perkembangan *gall*, sel-sel korteks membesar dalam ukuran (*hypertrophy*) dan selama fase akhir dari perkembangan, sel-sel korteks meningkat jumlahnya (*hyperplasia*).

Identifikasi spesies dalam genus *Meloidogyne* berdasarkan pada perbedaan morfologi dan perbedaan anatomi pada jantan dan betina dan didukung oleh perbedaan kisaran inangnya. Satu ciri khusus yang digunakan untuk membedakan spesies adalah perbedaan susunan dari daerah *vulva-anus* pada betinanya, sehingga disebut pola perenal. Referensi nematoda *root-knot* pertama kali dipublikasikan oleh Berkeley

pada tahun 1855. Beliau mengamati nematoda yang berasosiasi dengan gejala *root-knot* pada tanaman mentimun di Belanda. Pada satu fase semua nematoda *root-knot* adalah satu spesies (*Heterodera mariondin*). Pada tahun 1949 Chitwood membedakan nematoda *root-knot* dari nematoda *cyst* (*Heterodera spp.*) dan menemukannya pada genus *Meloidogyne*. Lebih dari 30 spesies nematoda *root-knot* dikenal termasuk:

<i>M. arenaria</i>	Aslinya diisolasi dari kacang tanah di USA
<i>M. thamesi</i>	Aslinya diisolasi dari rami di USA
<i>M. brevicauda</i>	Aslinya diisolasi dari tanaman teh di Sri Lanka
<i>M. exigua</i>	Aslinya diisolasi dari kopi di Brazilia
<i>M. hapla</i>	Aslinya diisolasi dari kentang di USA
<i>M. javanica</i>	Aslinya diisolasi dari tanaman tebu di Indonesia
<i>M. incognita</i>	Aslinya diisolasi dari wortel di USA
<i>M. acrita</i>	Aslinya diisolasi dari tanaman kapas di USA
<i>M. inornata</i>	Aslinya diisolasi dari kedelai di Brazilia

Sebagian besar spesiesnya mempunyai kisaran inang yang luas dan banyak, spesies tanaman yang diserang oleh lebih dari satu spesies *Meloidogyne*. Perbedaan kisaran inang diantara spesies, karakter morfologi, Madang-kadang digunakan dalam identifikasi spesies.

2. Nematoda *Cyst*

Lebih dari 70 spesies nematoda *cyst* dideskripsikan, umumnya gejala di atas permukaan tanah yang dihasilkan dari infeksi seperti yang disebabkan oleh nematoda *root-knot* termasuk terhambatnya pertumbuhan "*stunting*" dan ketidak efisienan. Pada beberapa tanaman perakarannya berkembang layaknya kondisi akar rambut, perkembangannya kecil (akar lapar). *Nematoda cyst* tidak menyebabkan pembentukan *gall* secara jelas dalam akar tanaman inangnya.

Identifikasi dari nematoda *cyst* dalam kondisi lapang dapat dicapai dengan baik dengan menguji tanaman selama musim pertumbuhannya di lapang. Penelitian tentang keberadaan nematoda *cyst* biasanya pada akar di dapatkan nematoda betina, tubuh *cyst* betina dibentuk oleh kutikula seperti kantung yang berisi telur. Keberadaan *cyst* di dalam tanah biasanya dapat dilihat dengan memperbanyak tanah kering udara dalam air dan diamati dengan kaca pembesar. Genus *Heterodera*, *Globodera* dan *Punctodera* adalah unik diantara nematoda yang

memparasit tanaman, sebab kutikula betina dibentuk seperti kantung sebagai pelindung *cyst*. Telur berisi larva fase kedua dapat bertahan hingga dua tahun lebih. Nematoda bertahan dalam bentuk tersebut selama kondisi lingkungan tidak baik atau selama tanaman inang yang sesuai tidak ada.

Bila temperatur dan kelembaban tanah sesuai, telur pecah/menetas dan larva fase kedua muncul dari *cyst* langsung dan bergerak ke tanah pada jarak dekat dalam mencari tanaman inang yang sesuai. Larva masuk akar dekat titik tumbuh dan menyebabkan pembengkakan sel. Fase larva kedua *moult* kira-kira satu minggu setelah masuk akar. Fase larva ketiga dan keempat terjadi perbedaan kelamin. Pejantan dewasa yang *slender* dan seperti cacing muncul kira-kira 2 minggu setelah masuk perakaran dan bergerak jauh dalam mencari betina yang muda. Mereka tidak mau makan. Betina dewasa tubuhnya berkembang banyak yang diluar permukaan akar. Siklus hidup dari sebagian besar spesies nematoda *cyst* dilengkapi sekitar 3-4 minggu seperti halnya *Meloidogyne spp.*

Identifikasi beberapa genus dan spesies dari nematoda *cyst* hanya berdasarkan ciri-ciri morfologi saja adalah sulit. Pengetahuan dari kisaran inang adalah penting untuk identifikasi, untuk itu identifikasi didasarkan pada kombinasi ciri-ciri morfologi digunakan untuk identifikasi genus dan spesies termasuk perkembangan *cyst* dan ciri-ciri dari vulva dari pada betina dan spikula pada pejantan.

3. Nematoda Citrus (*Tylenchulus Semipenetrans*)

Nematoda Citrus menunjukkan hubungan dengan melemahnya kekuatan pohon citrus dan pertumbuhan yang merana pada pohon yang baru dipindahkan, hal ini terjadi di beberapa daerah di seluruh dunia. Nematoda pertama kali diteliti pada pohon orange di California dan sekarang diperkirakan 90% pohon citrus di California diinfestasi. Banyak yang memperkirakan bahwa nematoda menyebabkan kehilangan hasil antara 15-30%.

Tiap-tiap ordo dari nematoda dibagi dalam famili, genus dan spesies berdasarkan pada jumlah dari karakter morfologi yang paling umum digunakan: kutikula yang menghiasi, posisi dan bentuk dari struktur amphidial, karakter dari struktur kepala bagian mulut dan *stylet*, struktur dari *oesofagus*, struktur dari *gonad* termasuk jumlah

dan posisi dari ovarium pada betina, dan testes pada pejantan, panjang dan posisi dari rektum dan lokasi dari anus, panjang dan bentuk dari ekor, karakter dari spikula pada pejantan, demikian juga ukuran dari nematoda dan atau tidak adanya berbagai struktur seperti *caudal alae* pada pejantan. Identifikasi secara positif dari nematoda dibutuhkan pengetahuan dan pengalaman yang cukup tentang parasit tanaman.

Pohon yang diinfeksi nematoda citrus biasanya tidak irit (boros) dan pada pohon yang tidak diinfeksi dan sering daunnya banyak dan kecil-kecil. Hasil dan ukuran buah berkurang sebab gejala penyakit yang ada di atas permukaan tanah tidak spesifik. Nematoda citrus *Tylenchulus semipenetrans* memperbanyak diri pada spesies-spesies tanaman buah-buahan yaitu anggur, zaitun, kesemek dan beberapa spesies tanaman lainnya. Dua tipe dari fase larva kedua menetas dari telur, satu tipe lebih pendek dan lebih lebar dari pada lainnya dan berkembang dalam pejantan tanpa makanan, Larva lainnya berkembang dalam betina bergerak keluar dan makan pada bulu-bulu akar. Secara normal kira-kira 25-50 agregat larva dalam fragmen jaringan kortek dan mereka jarang ditemukan di tempat yang tidak terlindung di akar.

4. Nematoda *Radopholus Similis*

Nematoda *Radopholus similis* ini menggali liang dan bersembunyi di dalamnya. Nematoda *Radopholus similis* adalah nematoda parasit tanaman yang paling penting di daerah tropis dan temperatur panas/ sedang. Nematoda ini menyebabkan penyakit busuk akar pada tanaman pisang, merica, dan jeruk. Tanaman pisang yang diinfeksi nematoda akarnya menjadi gelap dan kadang retak, khususnya di dekat umbi/ pangkal batang. Bila akar dipotong memanjang, bagian yang diinfeksi tampak bercak gelap dengan tepi memerah. Tanaman yang terinfeksi parah, perakarannya busuk dan pangkal batangnya busuk dengan cepat dan roboh pada cuaca basah dan angin.

Siklus hidup nematoda *Radopholus similis* berkembang di sekitar perakaran tanaman yang terinfeksi. Nematoda masuk akar dan menancapkan saluran pencernakan dari glandula esofagus kemudian langsung menghisap keluar isi sel sengan stiletnya, mereka langsung pindah menuju jaringan kortek. Kerusakan jaringan sering diperluas oleh *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* dan jamur lain seperti yang menyebabkan pembusukan pada empulur. Pejantan dan betina *Radopholus similis* panjang dan silindris, hidup di perakaran pirang

dimana mereka makan, dan nematoda *Radopholus similis* adalah parasit obligat, tanpa fase resisten pada siklus hidupnya. Konsekuensinya bila akar pisang tidak tersedia dalam jangka panjang, nematoda mati dalam beberapa bulan kecuali mereka ditempat gulma sebagai iang alternatif.

5. Nematoda *Root-lesion (Pratylenchus spp.)*

Nematoda *Pratylenchus spp.* menyebabkan bercak akar, menyebarkan di seluruh dunia dan menyerang akar banyak varietas tanaman. Nematoda menyebabkan berkurangnya pertumbuhan akar dengan terbentuknya bercak pada akar-akar muda, sering diikuti pembusukan akar oleh jamur dan bakteri.

Gejala normal di atas permukaan tanah termasuk kerdil, klorosis, gejala seperti berkurangnya nutrisi dan layu/*dieback* pada beberapa tanaman pohon. Gejala akar termasuk adanya bercak gelap, pada akar kecil-kecil dan rambut-rambut akar tetapi tidak terjadi pada sepanjang perakaran.

Larva dan betina dewasa masuk akar, langsung menuju korteks dan memakan isi sel, nematoda biasanya ditemukan pada posisi memanjang. Siklus hidup *Pratylenchus spp.* secara normal 45-65 hari dari telur ke telur tergantung pada temperatur, spesies inang dan spesies *Pratylenchus spp.* Identifikasi spesies *Pratylenchus spp.*, berdasarkan pada ciri-ciri morfologi termasuk bibir, vulva, ekor, dan organ-organ reproduksi jantan dan betina panjang dan silindris.

6. Nematoda Batang dan Umbi (*Ditylenchus Dipsaci*)

Nematoda batang dan umbi menyebarkan luas pada daerah sedang. Nematoda *Ditylenchus dipsaci* menyerang sejumlah banyak tanaman termasuk bawang, serealia, stroberi dan semanggi. Pada beberapa tanaman menyebabkan kerdil dan kadang-kadang mati. Pada tanaman umbi seperti bawang merah bawang putih, infeksi menyebabkan pangkal daun bengkok dan membusuk seketika. Pada tanaman sorgum gejalanya pemendekan ruas dan bengkoknya bagian tanaman.

Seluruh siklus hidupnya, jantan dan betina bentuknya seperti cacing, tiap-tiap betina terdapat telur hingga 500. *Moult* pertama terjadi dalam telur, fase larva muncul dari telur secara cepat kemudian melalui *moult* kedua dan ketiga dan menghasilkan pradewasa (larva fase keempat). Kondisi lingkungan dapat menahan lamanya periode di dalam jaringan tanaman, biji ataupun tanah. Dalam kondisi yang disukai larva fase

keempat menjadi aktif, bila bagian tanaman yang di atas tanah ditutup dengan plastik lembab, larva berjalan naik di tanaman dan langsung masuk stomata inang, lentisel, pecah atau luka, atau masuk langsung pangkal batang atau daun. Setelah masuk inang, *moult* larva dan menjadi pejantan dewasa, siklus hidup *Ditylenchus dipsaci* biasanya dilengkapi dalam 3-4 minggu.

7. Nematoda Daun dan Tunas (*Aphelenchoides spp.*)

Beberapa spesies dari genus *Aphelenchoides spp.* menyerang daun dan bunga dari banyak spesies tanaman. Tanaman yang diinfestasi menunjukkan pertumbuhan tidak normal, penyimpangan seperti nekrosis dari daun. Pada kondisi yang tidak disukai nematoda bertahan dalam tunas bunga dan titik tumbuh, bila kondisi baik kembali (peralihan musim dingin ke musim panas pada daerah sedang) nematoda menjadi aktif dan memakan ektoparasit dengan memasukan stiletnya dalam sel epidermis inang. Ektoparasitisme umumnya pada mahkota tanaman, aksila daun dan bunga dimana nematoda dilindungi oleh jaringan di sekitar inang. Nematoda menjadi endoparasit pada tanaman yang tidak berbunga dan beberapa tanaman lain seperti *Begonia spp.*, *Hibiscus spp.*

Nematoda menginfeksi tanaman sehat baru atau bagian tanaman dengan bergerak melewati permukaan tanaman yang lembab, masuk dalam jaringan tanaman melau stomata, setelah nematoda menyerang jaringan mesofil dan menyebabkan kematian sel inang. Spesies penting dari *Aphelenchoides spp.* Termasuk *Aphelenchoides fragariae* yang menyerang stroberi, tanaman-tanaman tak berbunga dan *Begonia spp.*; *Aphelenchoides besseyi* yang menyebabkan kerdilnya tanaman stroberi dan memutihnya tanaman padi; *Aphelenchoides ritzemabasi* yang menyebabkan penyimpangan warna daun tanaman *chrisantimum*.

8. Nematoda Penyebab Gall Biji (*Anguina sp.*)

Genus *Anguina sp.* menyerang tanaman rumput-rumputan dan serealea dan biji yaitu menyebabkan sebuah *gall* yang berisi ribuan larva fase kedua, dapat juga menghasilkan *gall* daun. Larva fase kedua menetap tidak bergerak dalam *gall* biji. Larva menetas dari telur setelah kondisi temperatur sesuai atau pada periode musim hujan. Ketika biji sehat berkecambah larva bergerak naik ke permukaan atas yang lembab. Mereka menetap sebagai ektoparasit di sekitar ririk rumbuh hingga fase perkembangan, kemudian menyebar di ovari dan berkembang di biji.

Setelah kawin, masing-masing betina menghasilkan telur. Fase larva kedua ada dalam telur dan menetap dalam *gall* biji hingga panen. Ada beberapa spesies *Anguina sp.* yang menyebabkan *gall* biji pada banyak spesies dalam *Famili Gramíneae*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, 5th ed. 2005. *Plant Pathology, Plant Disease Handbook* (in Jim Cooper. 2006. *Bacterial Plant Pathogens and Symptomology*). WSU County Extension.
- Anamika Sharmaa and Anantanarayanan Raman. 2022. *Gall-inducing Psylloidea (Insecta: Hemiptera) – plant interactions*.
- Ayşe, A. Ş., Filiz, Ü. and Mesut, Y. 2019. Determination of the Biocontrol Efficiency of Native Bacillus and Fluorescent Pseudomonas Isolates Against Rhizoctonia solani Causing Brown Patch Disease on Turfgrass Areas. *J. Turk. Phytopath., Vol. 48 (1-3): 21-29*.
- Bove', J.M., Monique Garnier. 2002. Phloem-and xylem-restricted plant pathogenic bacteria. *Plant Science 163 (2002) 1083-1098*, www.elsevier.com/locate/plantsci.
- Eliana Martínez, Celina Torres, and Jaime Ernesto Díaz. 2017. Identification of Phytopathogenic Fungi in Cultivars of the Heliconiaceae Family. *Revista de Ciencias, vol 21 (2)*. <https://doi.org/10.25100/rc.v21i2.6701>.
- Eric Kenneya and Ioannis Eleftherianosa. 2016. Entomopathogenic and plant pathogenic nematodes as opposing forces in agriculture. *International Journal Parasitology*, doi: 10.1016/j.ijpara.2015.09.005.
- John T. Jones. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology. Volume 14, Issue 9 p. 946-961*.
- Koon-Hui Wang, Ann Macguidwin, Brent S Sipes. 2008. *Plant Nematological Contributions to Phytopathology*. The American Phytopathological Society.
- Leonardo De La Fuente and Saul Burdman. 2009. *Pathogenic and Beneficial Plant-Associated Bacteria*. Agriculture Science.

- Lori M. Carris, Christopher R. Little, and Carol M. Stiles. 2012. *Introduction to Fungi*. Washington State University, Kansas State University, and Georgia Military College. DOI:10.1094/PHI-I-2012-0426-01.
- Pedro W. Crous, David L. Hawksworth, and Michael J. Wingfield. 2015. Identifying and Naming Plant-Pathogenic Fungi: Past, Present, and Future. *Ann. Reviews of Phytopathology*, 2015, 53:247-267.
- Pretorius, J.C., S. Magama and P.C. Zietsman. 2003. Growth inhibition of plant pathogenic bacteria and fungi by extracts from selected South African plant species. *South African Journal of Botany* 2003, 69(2): 186–192.
- Ralph Dean. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. Volume 13, Issue 4 p. 414-430.
- Rubio, L., Luis Galipienso and Inmaculada Ferrio. 2020. Detection of Plant Viruses and Disease Management: Relevance of Genetic Diversity and Evolution. *Front. Plant Sci.*, 17 July 2020, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01092>.
- Sarah D. Williams, Michael J. Boehm and Thomas K. Mitchell. 2017. *Fungal and Fungal-like Diseases of Plants*. Ohio State University Extension.
- Teena Agrawal. 2018. Plant Pathology Introduction. *Ann. Reviews and Research*, Vol 2 (2): 28-32. Junipers Publisher.
- Yan Peng, Shi J. Li, Jun Yan, Yong Tang, Jian P. Cheng, An J. Gao, Xin Yao, Jing J. Ruan 1 and Bing L. Xu. 2021. *Research Progress on Phytopathogenic Fungi and Their Role as Biocontrol Agents*. *Frontiers in Microbiology*, published: 28 May 2021 doi: 10.3389/fmicb.2021.670135.
- Yi Fang and Ramaraja P. Ramasamy. 2015. Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection. *Biosensors* 2015, 4, 537-561; doi:10.3390/bios5030537.

INDEKS

A

Agents: 2, 3, 5, 8, 9, 11, 18, 45.

Allelopati: 8.

Apeks: 14.

Aphid: 2, 7.

Autoclave: 25, 26.

B

Blight: 5, 29, 37, 39, 41, 42.

C

Collapse: 29.

D

Damping off: 6, 29.

Deviasi: 1.

Diploid: 15, 28.

Diskolorasi: 4, 7, 8, 56.

Downy Mildew: 10, 26.

E

Ekstra seluler: 4.

Enzim: 4, 13, 17, 36, 37, 47, 50, 51,
52, 56.

Enzimatik: 4, 36.

Epidemi: 3.

F

Fakultatif: 13, 23, 24, 33, 35.

Filamen: 14, 15, 33, 34.

G

Gall: 6, 7, 8, 13, 29, 38, 40, 41, 60,
63, 66, 67, 68, 72, 73.

Gamet: 15, 23.

H

Haploid: 15, 27, 28.

Hialin: 14.

Hifa: 14, 15, 18, 24, 27, 28, 34, 35.

Hipertrophy: 6.

Hiperplasia: 6, 28, 29.

Hipoplasia: 28.

Houstoria: 17.

I

Inang: 2, 3, 4, 9, 11, 17, 18, 22, 28,
29, 30, 37, 39, 42, 46, 52, 54,
55, 61, 62, 67, 68, 69, 71, 72.

Insekta: 1, 2, 8, 9, 10, 18, 24, 65.

J

Jaringan: 1, 2, 4, 9, 17, 25, 27, 39,
42, 56, 67, 70, 71, 72.

K

Koloni: 14, 34, 35.
Konidia: 15, 23, 24, 33, 34, 36.
Kromosom: 27, 28, 38.
Kultivar: 3, 4, 5, 10.

L

Leaf Spot: 5, 29, 42.

M

Masked: 55.
Mikoplasma: 7, 31, 47.
Miselium: 14, 15, 17, 18, 24, 28, 29,
30, 35, 36.

Mite: 1.

Mitosis: 14.

Morbid: 1.

Morfogenik: 6.

Motile: 14.

Mosaik: 7, 8.

N

Nekrosis: 7, 8, 28, 63, 72.

O

Obligat: 9, 10, 13, 14, 17, 26, 62, 71.

Oat: 4.

Organogenesis: 6.

P

Parasit: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 17, 22, 59,
62, 63, 69, 71, 72.

Patogen: 1, 4, 5, 8, 17, 22, 25, 27,
30, 34, 35, 37, 39, 40, 56.

Patologi: 1.

Periconin: 5.

Pleomorfik: 24.

Powdery Mildew: 10, 26.

Prokariyotik: 31, 32.

Propagul: 14.

S

Sap: 2, 11.

Saprofit: 9, 10, 13, 17, 23, 24, 27,
33, 39, 40.

Sel: 1, 3, 5, 7, 14, 15, 24, 28, 31, 37,
41, 46, 52, 53, 57, 67, 70, 72.

Sekresi: 4.

Slug: 1.

Snail: 1.

Spora: 14, 15, 17, 24, 27, 28, 33, 35,
45, 61.

Spotted: 2, 46.

Suseptibilas: 3.

Suseptibel: 5, 9, 66.

V

Vaskuler: 5, 29, 33, 42, 43, 67.

Victorin: 4.

W

Wildfire: 5.

Z

Zygot: 15.

GLOSARIUM

Agents: sarana atau instrumen.

Alelopati: senyawa biomolekul yang diproduksi oleh organisme.

Apeks: ujung meristem bersama dengan 2-3 primordia daunnya.

Aphid: kutu pada daun anggota dari hemiptera/ homoptera.

Autoclave: alat yang digunakan untuk mensterilkan peralatan laboratorium.

Blight: kata lain dari penyakit hawar, yaitu perubahan warna keabu-abuan pada batang dan daun akibat patogen yang lama kelamaan menjadi kering.

Collapes: sel tidak dapat tumbuh sempurna.

Damping off: mati secara tiba tiba, terjadi pada bibit yang baru saja berkecambah.

Deviiasi: penyimpangan dari kondisi normal.

Diploid: kromosom homolog yang berpasangan atau dua kromosom dalam satu set.

Diskolorasi: perubahan warna, penyimpangan warna dari warna asli.

Downy Mildew: jenis penyakit yang menyerang tanaman, umumnya dikenal dengan nama penyakit embun bulu atau kresak.

Ekstra seluler: adalah cairan yang ditemukan diluar sel, dengan kata lain cairan ekstraseluler adalah cairan tubuh.

Enzim: senyawa kimia berupa protein yang berperan sebagai biokatalisator.

Enzimatik: salah satu proses modifikasi sifat fisika-kimia disebabkan karena adanya aktivitas enzim.

Epidemi: populasi patogen dalam populasi inang.

Fakultatif: mikroorganisme parasit yang dapat bereproduksi di luar sel inang.

Filamen: masa yang berbentuk seperti benang yang tipis.

Gall: bengkak setempat.

Gamet: sel reproduksi yang mengandung satu salinan kromosom.

Haploid: haploid(n) adalah sel yang hanya terdiri satu set kromosom.

Hialin: transparan atau tidak berwarna.

Hifa: struktur fungi berbentuk seperti tabung yang terbentuk dari pertumbuhan spora atau konidia.

Hipertrophy: peningkatan volume organ atau jaringan yang berlebihan sehingga terjadi pembesaran komponen sel.

Hiperplasia: pertumbuhan pada seluruh organ tanaman sehingga ukurannya menjadi lebih besar dari normal.

Hipoplasia: penghambatan pada seluruh organ tanaman sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dari normal atau kerdil.

Housteria: ujung hifa yang menembus jaringan inang yang berfungsi untuk menyerap nutrisi dari tubuh inang.

Inang: tanaman (yang menyediakan makanan/ tempat patogen hidup).

Insekta: kelompok hewan yang tidak bertulang belakang yang dalam satu siklus hidupnya mengalami perubahan bentuk.

Jaringan: kumpulan sel yang mempunyai bentuk dan fungsi sama.

Koloni: massa mikroorganisme (jamur, bakteri) yang terlihat pada media padat.

Konidia: spora yang dibentuk pada ujung hifa khusus yang disebut konidiofor.

Kromosom: molekul seperti benang yang membawa informasi hereditas.

Kultivar: jenis tanaman yang dibudidayakan oleh petani.

Leaf Spot: bercak tutul tutul pada daun akibat terserang pathogen jamur.

Maserasi: proses perendaman sampel menggunakan pelarut organik.

Mikoplasma: prokariota kecil yang ditemukan bebas di tanah dan kotoran sebagai saprofit dan sebagai parasit pada manusia, hewan dan tumbuhan.

Miselium: kumpulan dari beberapa hifa.

- Mite:** kelompok hewan dengan ukuran tubuh kecil, biasa disebut kutu.
- Mitosis:** pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anak dengan jumlah kromosom yang sama seperti sel induknya.
- Morbid:** tidak wajar, tidak normal.
- Morfogenik:** proses pertumbuhan dan diferensial sel-sel individu menjadi jaringan kemudian menjadi organ dan akhirnya menjadi organisme yang dapat dilihat.
- Motile:** memiliki kemampuan bergerak.
- Mosaik:** diskolorasi pada daun, batang tanaman yang disebabkan oleh virus.
- Nekrosis:** kondisi cedera pada sel yang mengakibatkan kematian dini sel-sel dan jaringan hidup.
- Obligat:** mikroorganisme parasit yang tidak dapat bereproduksi di luar sel inang.
- Oat:** nama produk tanaman serealea (*Avena sativa*) yang tumbuh di daerah subtropis.
- Organogenesis:** proses pembentukan organ atau alat tubuh.
- Parasit:** organisme yang hidup pada organisme hidup lain dan menyerap nutrisi organisme lain tersebut.
- Patogen:** organisme yang menyebabkan penyakit.
- Patologi:** ilmu yang mempelajari patogen.
- Periconin:** komponen racun jamur *Periconia circinata*.
- Pleomorfik:** campuran dari komponen sel epitel, mioepitel dan mesenkim yang tersusun dalam beberapa variasi.
- Powdery Mildew:** jenis penyakit yang menyerang tanaman, umumnya dikenal dengan nama penyakit embun tepung.
- Prokariotik:** organisme dengan ukuran mikroskopis yang lebih kecil dari eukariotik dan memiliki materi genetik yang lebih sederhana.
- Propagul:** spora yang telah mengalami perkecambahan.
- Sap:** cairan yang diambil dari bagian tanaman (daun, batang), disebut getah.
- Saprofit:** organisme yang hidup dan mendapatkan nutrisi dari bahan organik yang sudah mati.
- Sel:** unit, struktur terkecil suatu makhluk hidup.

Sekresi: proses melepaskan substansi kimiawi oleh sel tubuh biasanya dalam bentuk lendir.

Slug: kelompok hewan berkaki lunak anggota *mollusca* (siput) tanpa rumah di bagian punggung.

Snail: kelompok hewan berkaki lunak anggota *mollusca* (siput) dengan rumah di bagian punggung keras.

Spora: sel reproduksi yang mampu berkembang menjadi individu baru.

Spotted: belang-belang atau totol-totol.

Suseptibilitas: karakter inang (tanaman) yang mudah dipengaruhi oleh patogen atau dikatakan rentan.

Vaskuler: jaringan pengangkut (*silem, floem*).

Victorin: komponen racun jamur *Cochliobolus victoriae*.

Wildfire: daun dan batang mengering seperti terbakar.

Zygot: sel yang terbentuk sebagai hasil bersatunya dua sel kelamin yang telah masak.

TENTANG PENULIS



Dyah Roeswitawati, Prof., Dr., Ir., Hj., M.S., penulis putra kedua dari pasangan H.R.A. Soeyono Sutowijoyo (alm.) dan Hj. R.A. Soetini. Penulis dilahirkan di kota Kediri Jawa Timur pada tanggal 21 Agustus 1958. Masa kecil penulis dihabiskan di beberapa kota antara lain Kediri, Tulungagung, Ngawi, Madiun, Malang dan Surabaya karena mengikuti almarhum ayah sebagai pegawai negeri

sipil yang setiap 2-5 tahun sekali berpindah dari kota satu ke kota lain, bahkan provinsi satu ke provinsi lain. Sekolah Dasar di selesaikan pada tahun 1969, Sekolah Menengah Pertama diselesaikan pada tahun 1972, dan Sekolah Menengah Atas diselesaikan pada tahun 1975. Pada tahun 1976 penulis melanjutkan kuliah di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Tahun 1980 penulis mendapatkan gelar Sarjana Muda (BSc.), kemudian 1982 menyelesaikan studi di perguruan tinggi yang sama dengan gelar Insinyur. Pada tahun 1981-1982 penulis bekerja sebagai asisten manager Proyek Rehabilitasi dan Perluasan Tanaman Ekspor Dinas Perkebunan Malang, selanjutnya tahun 1982-1983 sebagai manajer. Tahun 1983-1985 sebagai staf ahli Puskud Jatim di Kab./Kodya Kediri, kemudian 1985-1986 sebagai Kabag Tebu Rakyat Intensifikasi Puskud Jatim di Surabaya. Tahun 1986-1988 sebagai kepala Unit Pelaksana Tebu Rakyat Intensifikasi PG Meritjan Kodya Kediri. Pada tahun 1985-1988 penulis bekerja sebagai dosen luar biasa di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang, dan sejak tahun 1988 sampai sekarang sebagai dosen tetap Yayasan Universitas Muhammadiyah Malang.



Henik Sukorini, Ir., M.P., Ph.D. IPM., lahir di Blitar/ 24 Januari 1967, dosen di Fakultas Pertanian-Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang. Lulus Sarjana (S1) Ilmu Hama dan Penyakit Tanaman (1991) Universitas Brawijaya Malang dan Magister (S2) Ilmu Hama dan Penyakit Tanaman. Lulus Program Doktor (S3) dari Kasetsart University, Bangkok, Thailand pada tahun 2013.

Beberapa penelitian yang ditulis (1) *Biodiesel Industrial Waste Based On Jatropha Curcas L As A Fungicide To Control Fusarium Oxysporum And Alternaria Solani*, 2021 (2) *Trichoderma harzianum Rifai AND Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) AS CONTROLLERS OF WHITE ROOT DISEASE (Rigidoporus sp.) IN ARABIKA COFFEE SEEDLING (Coffea arabica L.)*, 2020 (3) *Exploration and Effectiveness of Trichoderma sp. from Jember and Trenggalek, East Java, Indonesia Cacao Plantation as A Biological Control of Phytophthora palmivora*, 2021 *Jurnal Internasional Web Of Conference* (4) *Variability of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici from different altitudes in East Java, Indonesia*, 2020 *Jurnal Internasional Web Of Conference*.