

JAMUR PATOGEN TANAMAN TERBAWA TANAH

Arthur Pinaría Ph.D

UNSRAT PRESS
2023



JAMUR PATOGEN TANAMAN TERBAWA TANAH

Arthur Pinaría Ph.D

**UNSRAT PRESS
2023**

**JAMUR PATOGEN TANAMAN
TERBAWA TANAH**

Arthur Pinaría Ph.D

**UNSRAT PRESS
2023**

JAMUR PATOGEN TANAMAN TERBAWA TANAH

Rancang Sampul : Art Division Unsrat Press
Judul Buku : **JAMUR PATOGEN TANAMAN TERBAWA TANAH**
Penulis : **Arthur Pinaría Ph.D**
Penerbit : **Unsrat Press**
Jl. Kampus Unsrat Bahu Manado 95115
Email : **percetakanunsrat@gmail.com**
ISBN : 978-623-5790-71-8

Cetakan 2023

Dilarang mengutip dan atau memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun baik cetak, fotoprint, mikrofilm dan sebagainya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur patut penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, hanya oleh karena kasih dan kemurahanNya maka penulis boleh menyelesaikan buku Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah ini.

Penulisan buku ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan baik dosen maupun mahasiswa dalam mata kuliah Jamur Patogen Tanaman, dan Mikrobiologi di Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi.

Isi dari buku ini sebagian diterjemahkan dari buku “Biology Of Plant Diseases Caused By Soilborne Fungal Pathogens” yang merupakan buku manual workshop kerjasama antara ACIAR, Fakultas Pertanian UNSRAT, Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources, University of Sydney dan Royal Botanic Gardens, Sydney. Buku ini merupakan edisi ke dua . Edisi pertama buku ini diterbitkan pada tahun 2017.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan buku ini masih terdapat banyak kekurangan baik isi, maupun teknik penulisannya. Untuk itu sangat diharapkan kritik bahkan masukan demi perbaikan penulisan ini.

Akhirnya kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penulisan buku ini tiada kata yang pantas dapat disampaikan selain terima kasih sedalam-dalamnya atas segala bantuan yang telah diberikan. Kiranya Tuhan Yang Maha Kuasa yang adalah sumber berkat akan senantiasa memberkati kita sekalian.

Penulis:

Arthur Pinaría Ph.D

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I CIRI-CIRI KUNCI JAMUR PATOGEN TERBAWA TANAH DAN SIFAT PENYAKIT-PENYAKIT TERBAWA TANAH.....	1
Pendahuluan	1
Morfologi	2
Fisiologi dan Ekologi.....	3
Reproduksi	4
CIRI-CIRI KUNCI PATOGEN-PATOGEN TUMBUHAN TERBAWA TANAH.....	5
TIPE-TIPE PENYAKIT YANG DISEBABKAN OLEH PATOGEN-PATOGEN TUMBUHAN TERBAWA TANAH	6
BAB II PENGANTAR EKOSISTIM TANAH.....	9
Pendahuluan	9
Profil Tanah.....	9
KOMPOSISI TANAH.....	10
ORGANISME SELAIN TANAMAN DI TANAH	12
BAB III BIOLOGI AKAR DALAM HUBUNGANNYA DENGAN PENYAKIT DAN PENGELOLAAN TANAH.....	15
Tipe Sistim Perakaran.....	15
Anatomi Akar.....	15
Mikoriza.....	16
Arsitektur Sistim Akar dan Fungsinya.....	16
Pengaruh Pengeleloaan Tanah Pada Arsitektur Akar.....	17

Pengaruh Arsitektur Akar Terhadap Penyakit	17
Pengaruh Penyakit Pada Sistim Perakaran	18
BAB IV KELANGSUNGAN HIDUP JAMUR PATOGEN TANAMAN DI TANAH.....	19
Pendahuluan	19
Klamidospora	20
Sclerotia	20
Klamidospora - Biologi dan Ekologi.....	21
Pembentukan.....	22
Bertahan Hidup.....	22
Perkecambahan	23
1. Fase Bertahan Hidup Sebagai Hifa Di dalam Residu-Residu Tanaman Sakit.....	23
2. Fase Bertahan Hidup Dengan Cara Menyebabkan Penyakit Pada Gulma.....	24
3. Fase Bertahan Hidup Melalui Kolonisasi Superfisial Pada Akar Non Tanaman Inang.....	25
BAB V PERKEMBANGAN PENYAKIT YANG DISEBABKAN JAMUR PATOGEN TERBAWA TANAH	27
Pendahuluan	27
Infeksi	27
Kolonisasi.....	29
Perkembangan Gejala.....	30
BAB VI PENGARUH FAKTOR-FAKTOR LINGKUNGAN PADA PERKEMBANGAN PENYAKIT	31
Pendahuluan	31
Potensial Air Tanah.....	31
Suhu.....	32

Faktor-Faktor Tanah Yang Lain	33
Kerusakan oleh Taifun dan Badai Angin	33
Berkurangnya Karbohidrat Dan Teori Ketahanan Akar	33
BAB VII REPRODUKSI PENYAKIT YANG DISEBABKAN OLEH JAMUR PATOGEN TERBAWA TANAH	35
Pendahuluan	35
Koch's Postulat	35
Inang.....	36
Patogen.....	36
Lingkungan.....	37
BAB VIII DISTRIBUSI DAN EPIDEMIOLOGI JAMUR DI DALAM TANAH.....	39
Pendahuluan	39
Kelompok-Kelompok Fungsional Jamur Tanah.....	40
Kelompok-Kelompok Taksonomi Jamur Tanah	41
Epidemiologi.....	41
Perkembangan penyakit dalam satu musim tanam.....	41
Mikogeografi	42
BAB IX PENGENDALIAN PENYAKIT TERBAWA TANAH	45
Praktek Pengelolaan	45
Pembajakan	45
Pengelolaan Residu-residu	46
Rotasi	46
Gulma dan Padang Rumput	46
Pemupukan dan Kerugian Tanah	47
Cekaman Lingkungan Pada Patogen	47
Waktu Tanam	48

BAB X SELEKSI KULTIVAR TOLERAN ATAU KULTIVAR YANG TAHAN UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT YANG DISEBABKAN OLEH PATOGEN-PATOGEN TERBAWA TANAH	49
Pendahuluan	49
Apa Perbedaan Antara Tahan dan Toleran ?	49
BAB XI JAMUR PATOGEN	51
1. Aspergillus	51
Jamur Hitam Kacang Tanah <i>Aspergillus niger</i>	51
Jamur Kuning <i>Aspergillus flavus</i>	54
2. <i>Cylindrocladium</i>	57
Busuk Akar Hitam	57
Penyakit Kompleks Kering Tebu	60
Penyakit Kompleks Lychee	61
Penyakit Kompleks Kopi	62
Busuk Akar <i>Erwinia</i>	65
Penyakit-Penyakit Disebabkan Oleh <i>Fusarium</i> spesies	67
Layu <i>Fusarium oxysporum</i>	67
Busuk Kaki dan Busuk Akar <i>Fusarium solani</i>	73
Penyakit Bakanae Padi <i>Gibberella fujikuroi</i>	76
<i>Gibberella fujikuroi</i> pada Jagung	78
<i>Gibberella zeae</i>	80
Penyakit-Penyakit Yang Disebabkan Oleh <i>Phytophthora</i> spp.	82
Busuk Jantung Nenas	90
Gummosis pada Durian	92
Gummosis pada Sitrus	95
Strip Hitam pada Karet	96
Hawar <i>Phytophthora</i> Blight pada Taro	97

Layu Cepat Lada Hitam.....	99
Plasmodiophora brassicae	100
Akar Pekuk pada Krusifer	100
Pythium.....	103
Rebah Kecambah dan Busuk Akar	103
Rhizoctonia solani.....	115
Busuk Kecambah dan Busuk Akar	115
Penyakit-Penyakit Disebabkan Oleh Sclerotinia.....	121
Busuk Kepala dan Batang.....	121
Sclerotium rolfsii.....	126
Busuk Batang dan Hawar.....	126
Penyakit Kompleks Eksotik Fusarium	129
Layu Angsana.....	129
Penyakit Eksotik Fusarium	133
Malformasi Mangga Oleh Fusarium subglutinans.....	133
Fusariosis Nenas Oleh Fusarium subglutinans.....	135
Armillaria	137
Penyakit Busuk Akar Eksotik.....	137
Ganoderma	141
Thielaviopsis	143
Busuk Akar Hitam, Thielaviopsis basicola (Berk. & Broome) Ferraris	143
Kanker dan Busuk (butt rot) Thielaviopsis paradoxa	147
Verticillium dahliae.....	148
Layu Verticillium.....	148
BAB XII TEKNIK LABORATORIUM.....	153
Media.....	153

Beberapa komponen media.....	153
Media untuk keperluan Umum.....	155
Media Selektif.....	158
Medium untuk inoculum Alami.....	163
Sterilisasi bahan dan alat.....	163
Prosedur Pengkulturan.....	169
Pengawetan kultur.....	172
Isolasi.....	176
Uji patogenesis.....	183
Pewarnaan Akar untuk Mikoriza dan Jamur Patogen.....	185
DAFTAR PUSTAKA.....	189

BAB I

CIRI-CIRI KUNCI JAMUR PATOGEN TERBAWA TANAH DAN SIFAT PENYAKIT-PENYAKIT TERBAWA TANAH

Pendahuluan

Jamur memiliki banyak fungsi penting dalam atmosfer namun sebagian besar tidak dikenal. Meskipun banyak spesies jamur yang menguntungkan, namun banyak juga spesies jamur yang mengganggu kepentingan manusia. Terdapat sekitar 100.000 spesies jamur yang telah dijelaskan dalam literatur namun masih banyak lagi yang belum teridentifikasi. Banyak diantara jamur hidup secara saprofitik dalam bahan-bahan organik atau dalam tanah. Jamur dalam tanah berfungsi sebagai pengurai yang sangat penting untuk residu tumbuhan dan bahan-bahan organik. Banyak spesies jamur menghasilkan enzim-enzim yang dibutuhkan untuk menguraikan lignin dan selulosa dalam residu tumbuhan, dengan demikian dimulainya aktivitas perombakan dari senyawa-senyawa yang kompleks ini.

Lebih dari 8.000 spesies jamur yang dikenal dapat menyebabkan penyakit pada tumbuhan dan banyak tumbuhan yang rentan terhadap beberapa jenis jamur patogen. Sebagian spesies jamur, mikoriza, hidup secara simbiotik pada atau dalam akar-akar dari banyak jenis tumbuhan. Hubungan ini pada dasarnya bersifat parasitik tetapi dalam banyak situasi mungkin juga dapat menguntungkan bagi tumbuhan dan jamur itu sendiri. Pertumbuhan bagian tertentu dari tumbuhan melalui cara penyerapan beberapa unsur hara atau mineral, sementara jamur mendapatkan akses hara-hara organik dari tumbuhan dimana jamur tersebut berada.

Jamur banyak ditemukan dalam tanah, udara (kebanyakan sebagai spora) dan pada permukaan tumbuhan di seluruh dunia, baik di daerah-daerah beriklim sangat kering, tropis dan dingin. Penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen yang bertahan dalam tanah dan residu-residu pada permukaan tanah disebut sebagai

penyakit terbawa tanah (soilborne diseases). Jadi dalam hal ini tanah merupakan sumber inokulum dari jamur patogen, dimana sebagian besar jamur patogen ini tersebar luas di tanah-tanah pertanian. Namun demikian, beberapa spesies menunjukkan adanya pola penyebaran lokal. Penyakit terbawa tanah ini mungkin tidak terlihat sampai pada bagian atas tanaman walaupun menunjukkan gejala-gejala seperti pertumbuhan yang terlambat, kelayuan, klorosis dan kematian tanaman. Kerusakan pada bagian akar dan jaringan-jaringannya tidak kelihatan karena tersembunyi dalam tanah.

Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen terbawa tanah ini sulit untuk dikendalikan karena dapat bertahan hidup untuk suatu periode yang lama tanpa adanya tanaman inang, bahkan terkadang memiliki inang yang luas termasuk gulma. Pengendalian secara kimia biasanya sering tidak mempan, terlalu mahal, atau tidak praktis, dan sulit untuk mengembangkan varietas tanaman yang resisten. Penyakit-penyakit ini juga sering sulit untuk didiagnose secara tepat dan patogen-patogennya sering sulit ditumbuhkan dalam kultur untuk diidentifikasi secara tepat.

Morfologi

Jamur berbentuk seperti benang, multisel, tidak bergerak (non-motile) dan tanpa klorofil. Unit dasar dari jamur adalah mikroskopik hifa yang berbentuk benang, yang sebetulnya sebuah tabung yang memiliki dinding kuat yang menutupi sitoplasma dan inti. Pada jamur tingkat tinggi, hifa dibagi menjadi sel-sel oleh dinding-dinding pemisah yang disebut septa. Pori atau lobang kecil di setiap septa memungkinkan terjadinya interaksi antara sitoplasma dalam sel-sel tetangga. Jamur yang masuk kategori "lower fungi" dikenal sebagai anggota dari Kingdom Chromista, tidak memiliki septa sehingga sitoplasma mengalir secara bebas sepanjang hifa. Hifa bertumbuh dengan perpanjangan bagian ujung yang tipis dan berbentuk plastik, berbeda dengan bagian hifa dewasa yang kuat, dan memiliki dinding yang cukup tebal. Sebagaimana hifa bertumbuh, maka terjadi percabangan lateral dekat pada bagian ujungnya. Cabang-cabang ini juga memanjang dan menghasilkan cabang-cabang yang lain, suatu proses yang menghasilkan suatu pola pertumbuhan radial. Bagian ujung dari beberapa hifa mampu untuk menembus dinding-dinding sel

yang utuh baik jaringan tanaman hidup maupun mati. Kemampuan jamur untuk berkembang dari ujung hifa, bercabang dan berfenetrasike permukaan yang utuh, sehingga memampukannya untuk bergerakke semua arah melewati atau menembus substrat seperti jaringan tumbuhan, bahan organik mati, atau media pertumbuhan yang seperti yang ada dilaboratorium. Proses pertumbuhan yang melewati atau menembus substrat disebut kolonisasi. Hifa-hifa ini secara kolektif membentuk koloni. Koloni baru berkembang dari spora, fragmen hifa atau struktur vegetatif multisel yang disebut sklerotium. Ukuran koloni ditentukan oleh sifat dan seberapa banyak substrat dikolonisasi oleh jamur

Fisiologi dan Ekologi

Karena jamur tidak berklorofil maka mereka membutuhkan sumber senyawa organik eksternal untuk mensintesa berbagai materi yang dibutuhkan bagi pertumbuhan, sehingga jamur disebut bersifat heterotropik. Jamur mengsekresi enzim-enzim yang bisa menguraikan bahan-bahan yang keras menjadi senyawa- senyawa yang larut untuk diserap melalui dinding-dinding bagian luar. Jamur memiliki kemampuan yang sangat bervariasi untuk menggunakan tipe-tipe substrat yang berbeda. Beberapa spesies bersifat parasit obligat dan hanya dapat menggunakan zat hara makanan dari jaringan inang yang hidup. Namun kebanyakan bersifat saprofit dan mendapatkan zat hara atau makanan hanya dari bahan-bahan organik mati seperti residu-residu tumbuhan. Ada juga spesies yang dapat hidup baik secara saprofit maupun parasit. Banyak spesies yang hidup sebagai saprofit pada residu- residu dalam tanah dan mempunyai peran penting dalam proses dekomposisi.

Suhu, potensial air dan pH mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan cara bertahan hidup jamur. Suhu optimum untuk pertumbuhan dari sebagian besar jamur adalah antara 25-28^oC dengan suhu minimum 5-10^oC dan suhu maksimum 33-35^oC. Banyak jamur yang tidak dapat bertumbuh pada suhu, 37^oC. Potensial air optimum untuk pertumbuhan adalah -0.01 sampai - 1.0 Mpa tergantung pada spesies. Pertumbuhan berhenti antara -5 dan - 15.0Mpa. Ada beberapa jamur, termasuk patogen tumbuhan yang penting, mampu hidup pada potensi air yang dapat mengakibatkan

pelayuan tetap pada tanaman pertanian. Kondisi asam (pH 6-6.5) adalah optimum untuk pertumbuhan dari sebagian besar jamur. Meskipun pertumbuhan jamur berhenti pada potensi air rendah namun banyak spesies yang mampu beradaptasi untuk bertahan hidup dengan baik dalam kondisi tersebut, baik sebagai spora resisten, sklerotia, struktur spesial atau hifa dormant dalam residu. Pada umumnya, kondisi kering dan dingin lebih menguntungkan bagi kelanjutan hidup jamur tapi tidak untuk kondisi basah dan panas.

Reproduksi

Jamur dapat bereproduksi secara aseksual dan atau seksual, dengan membentuk spora sebagai unit-unit untuk bertahan hidup dan atau untuk penyebaran. Spora dapat didefinisikan sebagai suatu unit propagatif kecil yang mengandung genom jamur dan persediaan hara makanan yang cukup untuk pembentukan koloni baru. Spora-spora bervariasi dalam ukuran, bentuk, septasi, warna dan ketebalan dinding. Mereka dihasilkan secara langsung dari hifa pada cabang-cabang hifa khusus, atau pada struktur buah (fruiting structure) multisel yang berukuran diameter dari sekitar 0.2 mm sampai lebih dari 600 mm. Meskipun jamur disebut sebagai organisme tidak bergerak (non-motile), beberapa spesies dari Oomycetes menghasilkan spora yang bergerak (motile spores) yang disebut zoospora. Spora-spora ini memiliki dinding tebal dan tetap dimana mereka terbentuk dan bergerminasi apabila mengadakan kontak dengan substrat baru.

Fungsi utama dari spora adalah penyebaran geografik melalui pancaran air hujan atau angin. Spora-spora yang terbentuk biasanya disebarkan oleh air hujan, dalam droplet air yang kecil untuk jarak pendek. Angin memencarkan spora dengan cara injeksi dari struktur tubuh buah (fruiting bodies) ke dalam arus udara atau dibentuk dalam masa bertepung (powdery masses) yang diterbangkan oleh massa udara. Penyebaran oleh angin dapat menerbangkan spora dalam jarak jauh tetapi sebagian besar dalam jarak 100 meter dari tempat asal. Deposisi spora adalah hasil dari gravitasi atau adanya air hujan. Karena sebagian besar spora dideposisikan pada permukaan yang tidak cocok untuk pertumbuhan jamur, maka spora-spora diproduksi dari setiap koloni dalam jumlah yang sangat besar untuk bertahan hidup bagi

suatu spesies jamur, apabila suatu substrat tidak mampu menampungnya lagi.

Spora mempunyai peran yang sangat penting untuk penyakit tumbuhan yang disebabkan oleh jamur. Spora-spora jamur yang terbawa oleh udara memungkinkan terjadinya penyebaran secara cepat dari satu tumbuhan ke tumbuhan yang lain. Spora yang berdinding tebal seperti *clamydospora* mampu bertahan hidup dalam tanah dalam suatu periode yang lama dan memungkinkan patogen untuk bertahan hidup tanpa adanya inang yang cocok. Beberapa patogen mempengaruhi tanaman yang bertumbuh dalam area yang besar, seperti jamur karat batang (*stemrust*) pada gandum, dapat memproduksi spora dalam jumlah yang sangat besar dan dapat diterbangkan ke udara sebagai awan spora yang tidak kelihatan sampai mencapai ratusan kilometer.

Selain spora-spora yang resisten, jamur telah mengembangkan berbagai cara yang lain untuk bertahan hidup. Beberapa spesies membentuk tubuh-tubuh untuk istirahat (*resting bodies*) yang disebut *sklerotia*. Bentuk ini terdiri dari himpunan sel-sel hifa yang padat, bulat atau struktur yang tidak teratur, biasanya berukuran dari 0.1 mm sampai 20 mm. Pada spesies lain, struktur buah seperti *peritesia* bertindak sebagai struktur untuk bertahan hidup dan melepaskan spora-spora apabila kondisi menjadi cocok untuk perkecambahan spora dan pertumbuhannya.

CIRI-CIRI KUNCI PATOGEN-PATOGEN TUMBUHAN TERBAWA TANAH

Gejala-Gejala

Banyak jamur patogen terbawa tanah menyebabkan penyakit pada bagian tumbuhan seperti akar atau batang sehingga mengganggu penyerapan dan translokasi air serta serapan hara dan makanan dari dalam tanah. Oleh sebab itu tanaman menunjukkan gejala-gejala yang sama seperti kekeringan atau kekurangan zat hara makanan seperti layu, menguning, kerdil dan matinya tanaman. Jadi gejala-gejala seperti itu tidak selamanya disebabkan oleh penyakit.

Sebaran Inang

Kebanyakan patogen memiliki inang yang luas dan dapat menyebabkan tipe-tipe penyakit yang berbeda pada inang yang berbeda. Spesies jamur tertentu dapat menyebabkan penyakit busuk akar pada salah satu inang tetapi hanya menyebabkan infeksi superfisial dan tanpa gejala pada akar dari inang yang lain. Rotasi tanaman tidak selalu tepat untuk mengendalikan beberapa patogen karena mereka memiliki inang yang luas, termasuk gulma. Namun demikian, ada patogen yang memiliki inang yang sangat sempit seperti patogen layu forma spesialis *Fusarium oxysporum*. Banyak patogen yang masuk dalam kategori forma spesialis ini dapat bertahan dengan bentuk kolonisasi tanpa gejala pada bagian korteks akar dari tumbuhan bukan inang.

Bertahan Hidup

Pada umumnya jamur-jamur ini dapat bertahan untuk periode yang lama dalam tanah. Beberapa spesies bertahan dalam bentuk hifa yang resisten pada residu-residu tumbuhan, pada batang besar atau potongan-potongan kecil. Inokulum dari patogen tersebut perlahan-lahan menurun sejalan dengan dekomposisi residu. Dekomposisi dipercepat oleh kondisi basa hangat dan kerusakan mekanis sebagai akibat budidaya. Banyak spesies juga bertahan sebagai propagul yang beradaptasi untuk bertahan hidup dalam tanah. Spesies-spesies ini termasuk spora-spora yang berdinding tebal seperti oospora dan chlamidospora, bersama dengan sklerotia dan mikrosklerotia. Cara bertahan hidup dari patogen-patogen akan didiskusikan secara rinci pada bab yang lain.

TIPE-TIPE PENYAKIT YANG DISEBABKAN OLEH PATOGEN-PATOGEN TUMBUHAN TERBAWA TANAH

Busuk Akar

Penyakit ini disebabkan oleh beberapa kelompok jamur dan organisme lainnya. Genus jamur yang penting termasuk *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Cylindrocladium* and *Armillaria*. Penyakit-penyakit ini dicirikan oleh adanya pembusukan pada sistem perakaran. Beberapa patogen umumnya hanya pada bagian akar muda, sedang yang lain mampu menyerang bagian yang lebih tua pada sistem

perakaran. Gejala-gejala yang dapat terlihat adalah pelayuan, kematian dan runtuhnya daun, kematian cabang dan anak cabang dan dalam kasus yang parah terjadinya kematian seluruh bagian tumbuhan. Beberapa contoh dari penyakit-penyakit ini ditunjukkan di bawah.

Busuk Pada Batang, Leher dan Kepala

Penyakit-penyakit ini juga disebabkan oleh berbagai kelompok patogen termasuk spesies dari *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* dan kadang-kadang *Aspergillus niger*. Gejala yang paling jelas dari penyakit-penyakit ini adalah pembusukan pada batang di bagian permukaan tanah. Terkadang pembusukan ini dapat menunjukkan gejala-gejala seperti pelayuan, kematian daun dan kematian tumbuhan. Beberapa contoh dari penyakit ini dapat dilihat di bagian bawah. Pada ekosistem pertanian tropis, jamur-jamur ini dapat menyebabkan pembusukan pada batang, daun dan bagian tumbuhan lainnya selama kondisi basa hangat. Sebagai contoh, *Phytophthora* spp. dapat menyebabkan penyakit busuk hati pada nenas, hawar pada kentang dan tomat serta busuk buah. Sama halnya dengan *Rhizoctonia* spp. dapat menyebabkan hawar daun pada jagung dan busuk kepala pada kubis dalam cuaca basah hangat.

Penyakit Layu

Spesies jamur penting yang dapat menyebabkan penyakit ini adalah *Fusarium oxysporum* dan *Verticillium* spp. Gejala-gejala yang ditunjukkan oleh penyakit ini termasuk pelayuan daun dan nekrosis internal dari jaringan vaskuler pada batang tumbuhan. Beberapa spesies bakteri juga dapat menyebabkan tipe-tipe penyakit yang sama. Sebagian contoh penyakit ini dapat dilihat di bawah ini.

Penyakit Hawar Bibit (seedling blights) dan Rebah Semai ("damping-off")

Berbagai nama umum dipergunakan untuk penyakit pada bibit seperti hawar dan rebah kecambah. Jamur yang biasanya menyebabkan kematian bibit termasuk *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium rolfsii* dan yang kurang umum adalah *Fusarium* spp. Jamur-jamur ini dapat menginfeksi bibit pada masa germinasi, yaitu fase-fase sebelum keluar dan sesudah keluar (pre- emergence atau post

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

emergence). Faktor-faktor lingkungan dapat mempengaruhi perkecambahan spora yang biasanya akan meningkatkan keparahan penyakit. Kondisi dingin, kering, atau tanah yang sangat basah atau permukaan tanah yang keras mempercepat penyakit bibit. *Pythium*, *Rhizoctonia* dan *Sclerotium rolfsii* biasanya berasosiasi dengan kematian bibit seperti pada beans, kubis, tanaman crusifer lainnya, ketimun dan tomat.

BAB II

PENGANTAR EKOSISTIM TANAH

Pendahuluan

Tanah merupakan ekosistem yang kompleks serta mengandung bahan-bahan organik dan mineral yang terdapat pada berbagai kedalaman dimana didalamnya akar tanaman berkembang dan menyerap bahan makanan. Tanah merupakan ekosistem yang mudah rusak oleh karena itu harus dikelola dengan hati-hati dan tanah juga merupakan sistem yang mengagumkan karena merupakan tempat aktivitas biologi terutama pada saat lembab dan juga merupakan wadah bagi bermacam-macam tipe patogen tanaman seperti jamur, nematode, bakteri dan lain-lain. Tanah merupakan ekosistem yang kompleks mengandung berbagai macam organisme yang berpengaruh pada pertumbuhan dan kelangsungan patogen – patogen tanaman.

Tidak mudah melakukan percobaan pada jamur tanah dan mikroorganisme yang lain di dalam ekosistem tanah karena beberapa alasan antara lain :

- (1) tanah tidak tembus cahaya
- (2) jenis tanah yang beragam
- (3) jamur tanah dan mikroorganisme lainnya mikroskopik
- (4) sukar untuk melakukan pengukuran faktor-faktor lingkungan pada tempat –tempat kecil
- (5) terjadi perubahan yang cepat ketika memindahkan sampel tanah ke laboratorium.

Profil Tanah

1. Permukaan tanah yang terdapat sisa-sisa tanaman dimana sisa tanaman tersebut mengandung bagian dari jamur yang dapat memperbanyak diri (propagule)
2. Lapisan yang merupakan paling banyak terjadinya aktivitas biologi dan aktivitas patogen paling tinggi

3. Profil sub tanah yang kurang patogen disebabkan rendahnya bahan organik dan oksigen
4. Lapisan yang mengandung batu-batuan

Rhizoplane : Permukaan akar yang mengandung lapisan tipis atau jaringan yang tahan terhadap infeksi

Rhizosphere : Tanah disekitar akar yang bisa berpengaruh terhadap aktivitas mikrobial. Di daerah ini terdapat eksudat akar yang dapat menstimulasi aktivitas mikroba dan mempengaruhi perilaku patogen.

KOMPOSISI TANAH

Komponen Tanah

Komponen utama ekosistem tanah adalah :

Non Living	Living
Mineral	Akar
Bahan organik	Biji
Air	Makrofauna dan Mikorfauna
Udara	Mikroorganisme

Struktur Tanah yang tidak mengalami gangguan berbeda strukturnya dengan yang terganggu. Ketika tanah terganggu maka akan terjadi pemotongan sepanjang alur spesifik dalam sub unit atau agregat tanah yang bentuknya beraturan. Ini akan merusak sampai pada tanah yang mengandung partikel pasir dan partikel-partikel tanah lainnya termasuk bahan organik. Beberapa bahan organik tidak bisa diakses oleh mikroba karena melekat pada koloid tanah. Bahan organik akan bersentuhan dengan akar sedangkan rambut akar tidak langsung bersentuhan dengan koloid.

Komponen-Komponen Mineral

Pasir : Fraksi ini tidak reaktif. Sifat utama membuat tanah lebih rapuh.

Koloid debu : Ini sangat penting pengaruhnya terhadap karakteristik fisika, kimia, seperti bahan makanan, pergerakan dan infiltrasi air, penyimpanan air, aerasi. Koloid debu berperan sebagai anion yang besar bersama-sama dengan humus mengikat koloid organik seperti kation-kation Ca, K Mg, Na, H yang penting sebagai nutrisi tanaman.

Bahan Organik

Bahan organik ini mewakili akumulasi tanaman dan sisa organisme yang sudah mati dalam berbagai variasi dekomposisi yaitu :

1. Sebagai granulator tanah yang membuat tanah lebih rapuh
2. Merupakan sumber fosfor dan sulfur serta nitrogen
3. Merupakan sumber energi untuk heterotrof seperti jamur
4. Tidak kekal (cepat terdekomposisi) harus secara teratur diperbaharui. Pembajakan meningkatkan laju pembongkaran melalui aerasi, inkorporasi, dan desintegrasi mekanik.

Bahan organik mengandung komponen-komponen sebagai berikut :

Cepat terurai :	Lambat terurai :
Gula	Hemiselulosa
Tepung	Selulosa
Protein-protein sederhana	Lignin dan Lilin
Protein Mentah (Crude)	

Jamur mempunyai peran dalam dekomposisi bahan organik karena dapat (1) memanfaatkan molekul kompleks dan (2) memasuki matriks yang solid melalui pertumbuhan filamennya.

Ketika terjadi penambahan bahan organik akan meningkatkan aktivitas biologi didalam tanah serta meningkatkan konsumsi oksigen. Ini memungkinkan kekurangan nitrogen bila residu-residu mempunyai ratio karbon/nitrogen tinggi yang akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman.

Air

Fungsi utama air sebagai :

- Agen pencuci
- Nutrisi yang penting
- Media pergerakan larutan nutrisi
- Sebagai energi cadangan bila energi terbatas

Udara Tanah

- Biasanya mendekati 100 % RH, kecuali permukaan tanah dalam keadaan kering atau pada daerah-daerah kering.
- Rendah O₂, dan Co₂ lebih tinggi dibandingkan dengan atmosfer.
- Konsentrasi dari O₂/CO₂ bervariasi.

- Juga mengandung NH₃ dan etilin yang mempengaruhi akar serta pertumbuhan dan perilaku mikroba.
- Mempengaruhi kepadatan tanah, udara, air

ORGANISME SELAIN TANAMAN DI TANAH

Jamur

Spesies jamur yang ditemukan di tanah dapat menyebabkan penyakit itu sebabnya penting untuk diperhatikan karena :

- Penting dalam dekomposisi bahan organik dan berperan penting dalam pemecahan material kompleks menjadi senyawa sederhana yang tersedia bagi kelompok organisme.
- Termasuk parasit bagi jamur lain dan organisme lainnya di dalam tanah. Ada beberapa spesies yang berperan penting dalam pengendalian biologi atau sebagai penghambat penyakit di dalam tanah.

Bakteri

Bakteri merupakan komponen yang penting pada mikroflora tanah dan berperan pada beberapa proses dalam tanah.

- Hanya sejumlah kecil bakteri yang merupakan patogen tanaman penting
- Bakteri berperan penting dalam siklus nutrisi seperti karbon, Nitrogen, Fosfor, Besi dan Sulfur.
- Sejumlah spesies bakteri memperlihatkan peran penting dalam pengendalian biologi dan menghambat penyakit.

Aktinomicetes

Aktinomicetes mempunyai fungsi dan peran yang sama dengan bakteri tetapi dapat tumbuh dan bertahan hidup pada potensial air yang rendah. Oleh karena itu berperan penting untuk menghambat penyakit pada potensial air yang rendah. Beberapa spesies memperlihatkan dapat menghambat aktivitas patogen.

Protozoa

Ada sejumlah tipe protozoa yang berbeda di dalam tanah terutama pada daerah tergenang. Protozoa lebih aktif ketika potensial air tanah tinggi terutama yang tergenang.

Nematode

Nematode umumnya terdapat ditanah dan merupakan parasit pada tanaman. Semua nematode adalah parasit. Beberapa dari nematode makan jamur dan mikroba lainnya.

Biji

Biji-biji gulma umumnya terdapat di dalam tanah.

Cacing Tanah

Bekerja sama dengan bahan organik membongkar tanah

Rayap

Bekerja sama dengan bahan organik membongkar tanah

Tungau

Makan bahan organik

Serangga

Makan akar dan biji

BAB III

BIOLOGI AKAR DALAM HUBUNGANNYA DENGAN PENYAKIT DAN PENGELOLAAN TANAH

Tipe Sistim Perakaran

Paling banyak tanaman dikotiledon mempunyai sistim perakaran dengan satu akar utama, dimana dari akar utama akan muncul cabang-cabang akar. Berlawanan dengan akar tanaman monokotiledon, dimana semuanya adalah akar adventif yang bertumbuh dari nodus-nodus. Ketika batang tertekan, misalnya pada bawang, akar akan muncul dari tingkat yang sama dalam tanaman. Rumput-rumputan dan serealia mempunyai dua sistim akar. Akar seminal jumlahnya berkisar 5-6 yang tumbuh dari nodus-nodus pada biji yang muncul saat proses perkecambahan. Akar seminal berbentuk runcing dan tumbuh kearah bawah. Sistim akar seminal tersambung ke bagian tajuk melalui internodus sub mahkota. Akar mahkota bertumbuh dari nodus-nodus pada batang. Tanaman gandum memiliki sekitar 50 akar mahkota. Akar-akar mahkota lebih tebal dari akar seminal yang berfungsi mengeksplorasi bagian permukaan tanah. Akar mahkota lebih beradaptasi pada cekaman tetapi tidak akan terbentuk ketika permukaan tanah terlalu kering. Pada jagung beberapa dari akar ini bertumbuh dari nodus diatas permukaan tanah dan berperan sebagai akar penyangga untuk mendukung tanaman.

Anatomi Akar

Akar berperan dalam pengambilan dan transpor air dan mineral nutrisi. Bagian utama dari akar adalah stele yaitu selinder vaskuler pada pusat akar. Ini dilindungi oleh lapisan sel-sel yang disebut endodermis yang mengatur aliran air dan larutan ke sel. Disekeliling endodermis terdapat korteks yang terdiri dari sel-sel parenkim . Lapisan luar dari sel-sel akar disebut epidermis . Pada tanaman perinialbiasanya terbentuk jaringan akar melindungi permukaan akar.

Akar bertumbuh dari ujungnya. Sel-sel yang pada ujung akar terbagi secara cepat tetapi terdiferensiasi ke tipe-tipe sel yang berbeda dan berkembang penuh sebagai mekanisme pertahanan penyakit. Cabang-cabang akar muncul dari dalam endodermis dan terus ke korteks. Pada beberapa tanaman terutama serealia, korteks terdapat pada bagian akar yang sudah tua dan rapuh. Ujung akar, cabang akar, dan korteks yang sudah tua merupakan tempat yang mudah untuk diinfeksi oleh jamur.

Mikoriza

Kebanyakan akar tanaman adalah mikoriza pada kondisi alami. Mikoriza adalah simbiosis yang menguntungkan diantara akar tanamandan jamur dan berfungsi sebagai organ tunggal yang terdiri dari dua organisme. Ada beberapa tipe mikoriza tetapi yang paling penting pada tanaman dan pohon tropis adalah Vesicular Arbuscular Mycorrhizae atau VAM. Pasangan jamur yang digunakan untuk mikoriza adalah jamur Zygomycete dan semua parasit obligat. Dan hanya bertumbuh dalam asosiasi dengan akar yang hidup dan tidak dapat dikultur. Ada sekitar 120 spesies jamur VAM, dimana masing-masing dapat membentuk mikoriza.

Jamur bertumbuh melalui korteks akar, membentuk struktur pertukaran nutrisi yang disebut arbuskul didalam sel-sel kortikal. Hal ini sama dengan "haustoria rusts" atau "powdery mildew". Jamur memperoleh karbon organik dari akar inang. Dalam proses pertukaran, hifa dari jamur bertumbuh serta melalui tanah menjangkau akar dan mengambil nutrisi seperti fosfor yang kurang bergerak. Beberapa tanaman seperti "palms" dan "citrus" sangat tergantung pada mikoriza dalam pertumbuhannya, sedangkan serealia tidak terlalu tergantung pada mikoriza. Tanaman-tanaman yang tinggi tingkat infeksi mikoriza lebih kering dan toleran terhadap penyakit, dan pertumbuhannya lebih baik dari pada tanah yang miskin nutrisi. Infeksi mikoriza akan berkurang dengan adanya penggunaan pupuk fosfat yang berlebihan, pengelolaan tanah, dan lahan yang bebas gulma.

Arsitektur Sistem Akar dan Fungsinya

Penyerapan air dan nutrisi dilakukan oleh akar penyerap pada lapisan permukaan sistem perakaran. Kelangsungan akar ini hanya

sementar, sebagai contoh strowberi waktu pergantian sekitar 2- 3 minggu. Bagian akar yang tua berfungsi sebagai pembawa air dan nutrisi dari tempat pengambilan ke bagian tajuk. Lokasi optimum dari pengambilan air dan nutrisi dari tanah berbeda. Sebagai contoh pupuk fosfat berada di permukaan tanah sedangkan air bisa berasal dari berbagai kedalaman. Harus diingat bahwa penyerapan air merupakan hal yang sangat penting dan berkaitan dengan penyerapan nutrisi.

Pengaruh Pengeleloaan Tanah Pada Arsitektur Akar

Beberapa cara bertani merubah arsitektur akar dan berpengaruh terhadap penyakit. Yang paling penting adalah :

- Peningkatan kerapatan dan kepadatan tanah membatasi pertumbuhan akar yang membuat tanaman lebih rentan terhadap penyakit. *Fusarium solani* yang menyebabkan busuk akar pada kacang-kacangan akan lebih parah pada tanah yang padat.
- Bentuk dari alat bajak atau aplikasi fosfat pada permukaan tanah dapat menekan akar tanaman menjadi dangkal. Inimengurangi toleransi tanaman terhadap penyakit seperti layu vascular yang ada kaitannya dengan cekaman air.

Pengaruh Arsitektur Akar Terhadap Penyakit

Tempat fenetrasi didalam sistim akar akan berbeda diantara patogen. Pada serealia, Spesies *Fusarium* seperti *F. graminearum* and *F. culmorum* pertama-tama menginfeksi koleoptil yang sudah senesens dan pelepah daun setelah itu menginvasi internodus sub mahkota, mahkota dan dasar batang. *Bipolaris sorokiniana* (busuk akar yang umum) menginfeksi akar-akar yang sudah dewasa dan internodus sub mahkota secara langsung. *Gaeumannomyces graminis* menginfeksi korteks yang senesen pada akar-akar yang sudah tua sesudah itu melebar ke mahkota. Spesies *Pythium* (patogen-patogen yang kurang spesialisasi) menginvasi jaringan juvenil seperti ujung akar dan akar-akar yang muda.

Lokasi dari pada akar sangat relatif terhadap pengaruh dari inokulum, kejadian dan parahnya penyakit. Layu yang diakibatkan oleh *Verticillium* pada tanaman kapas, dimana kultivar yang tahan memiliki akar yang dalam. Karena akar lebih dalam dari pada inokulum ini yang

dinamakan terhindar dari penyakit (disease escape) dan tanaman cenderung kurang dari cekaman air. Pada busuk putih garlic, kerapatan maksimum akar adalah 5-10 cm kedalamannya. Inokulum pada kedalaman ini menyebabkan insiden penyakit yang hebat disebabkan oleh adanya apa yang disebut “plant-to-plant spread” melalui akar-akar tetangga.

Pengaruh Penyakit Pada Sistem Perakaran

Penyakit mempengaruhi sistem akar tanaman melalui beberapa cara. Sebagai contoh *Pythium* dan patogen-patogen yang lain menyerang akar yang muda dan mengganggu ketersediaan makanan di sistem perakaran pada bagian luar sistem perakaran. *Rhizoctonia* dan busuk akar yang lain memotong sistem perakaran melalui pembusukan akar dan menghancurkan akar-akar yang dewasa. Sistem akar seminal pada sereal dapat dipindahkan oleh patogen seperti *Fusarium* dan *Bipolaris* spesies melalui pembusukan pada internodus sub mahkota. Translokasi melalui akar akan terganggu oleh “layu vascular” dan patogen-patogen menyerang stele seperti “take – all”.

BAB IV

KELANGSUNGAN HIDUP JAMUR PATOGEN TANAMAN DI TANAH

Pendahuluan

Karakteristik pertumbuhan filamen jamur menghasilkan kolonisasi yang padat pada substrat. Substrat digunakan oleh jamur tanah dan akar termasuk akar yang sudah senesen dan residu- residu organik lainnya. Secara normal kolonisasi memungkinkan terjadinya kekurangan nutrisi yang tersedia. Jamur mengeksploitasi substrat menjadi nutrisi yang siap pakai, bahkan untuk periode yang lama ketika aktivitas berkurang atau berhenti. Jamur menempati substrat tetapi ketika terjadi kontak dengan mikroflora lainnya beberapa dari jamur menjadi antagonist sehingga kondisi fisik dan kimiawi menjadi tidak menguntungkan. Jamur-jamur bertahan hidup di dalam residu- residu substrat sebagai :

1. Propagul yang tahan (struktur bertahan hidup yang spesial) yang akan dilepaskan ke matriks tanah sebagai residu-residu dekomposisi atau
2. Dalam keadaan dormansi atau hifa yang lambat pertumbuhannya Patogen-patogen tanaman juga bertahan hidup dengan menyebabkan penyakit pada gulma atau kolonisasi pada bukan akar tanaman inang (tanaman dan gulma). Pengetahuan akan bertahan dan lamanya patogen bertahan pada inang normal merupakan hal yang penting dalam hubungannya dengan efektifitas pengontrolan penyakit terutama pengendalian melalui rotasi tanaman dan lamanya lahan kosong.

Patogen tidak hanya bertahan hidup tetapi harus mempunyai cadangan energi sebagai dasar untuk melakukan infeksi. Bertahan hidup sebagai propagul yang tahan dalam bentuk:

1. Klamidospora
2. Oospor
3. Sclerotia

Propagul-propagul yang tahan pada beberapa patogen- patogen tanah, penting untuk bertahan hidup dalam jangka waktu yang lama. Biologi dan ekologi dari propagul-propagul yang perlu dipertimbangkan yaitu:

1. Karakteristik misalnya morfologi
2. Pembentukan
3. Kemampuan hidup
4. Perkecambahan

Klamidospora

Klamidospora adalah bentuk aseksual yang menghasilkan spora, yang berasal dari modifikasi struktur salah satu atau beberapa hifa atau sel-sel konidia yang membuat klamidospora tahan terhadap faktor-faktor lisis yang ada di dalam tanah. Klamidospora berbentuk tunggal, berpasangan, berantai atau rumpun dan memiliki dua dinding yaitu primer dan sekunder. Klamidospora merupakan spora yang tahan lama dan fungsinya untuk tetap bertahan hidup pada kondisi yang kurang menguntungkan. Klamidospora terdapat pada spesies-spesies *Fusarium* dan beberapa jamur yang lain. Harus diingat bahwa klamidospora juga digunakan sebagai spora yang tahan oleh *Phytophthora cinnamomi*.

Sclerotia

Sclerotia merupakan struktur vegetative yang kuat yang dapat bertahan dalam periode yang lama di dalam tanah. Dalam perkecambahan, sclerotia berkembang sebagai :

- a. miselium
- b. spora aseksual
- c. spora seksual

Sclerotia bervariasi dari agregat sel yang kecil (mikrosklerotia) sampai struktur yang besar. Sclerotia menunjukkan diferensiasi jaringan tetapi terbatas dalam pertumbuhan.

Rind = sel-sel tipis yang berwarna tetapi tidak berisi
Cortex = sel-sel yang berada di luar, kaya akan material
Medulla = sel-sel inti, mengandung karbohidrat dan protein

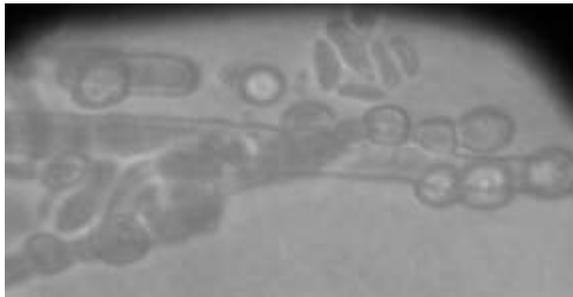
Struktur kladidospora dan sclerotium mempunyai beberapa karakteristik yang umum. Keduanya mempunyai dinding yang protektif dan kaya akan produk-produk simpanan. Produk- produk simpanan ini memungkinkan terjadinya respirasi pada tingkatan yang rendah selama bertahan hidup atau menyediakan energi untuk pematangan hifa baru untuk infeksi atau kolonisasi substrat baru.

Propagul-propagul yang tahan dari patogen-patogen tanaman secara normal akan terbentuk didalam jaringan – jaringan inang atau residu-residu sesudah inang mati. Awal dari kehadiran struktur bertahan hidup dimulai pada residu-residu dari tanaman- tanaman sakit.

Klamidospora - Biologi dan Ekologi

Peran dari kladidospora sebagai struktur bertahan hidup dalam siklus penyakit dikenal pertama kali oleh Walter Burkholder dari Cornell University yang bekerja pada *Fusarium solani* sp. *phaseoli*, penyebab busuk akar pada kacang.

Orang lain belum menghargai betapa pentingnya apa yang ditemukan oleh Burkholder. Ini berlangsung sampai akhir 1950 dan awal 1960. Hal ini mulai menjadi perhatian ketika Departemen Patologi Tanaman Universitas California Berkeley dibawah arahan W.C. Snyder. Kelompok dari Snyder mendemonstrasikan kehadiran dari kladidospora di tanah melalui observasi langsung yang menggunakan wadah cair PCNB media selektif pepton yang dikembangkan oleh Nash dan Snyder. Dengan melihat patogen pada busuk akar kacang mereka menemukan 2000-3000 kladidospora per gram tanah. Mereka juga mendeteksi kladidospora pada kedalaman 60-80 cm tanah lempung berpasir yang diari dan diolah.



Klamidospora Fusarium oxysporum f.sp. vanillae

Pembentukan

Ada bukti yang perlu dipertimbangkan bahwa bentuk klamidospora merupakan turunan dari nutrisi. Pembentukan klamidospora akan berbeda diantara tanah. Sebagai contoh bahwa tanah kaya busuk akar akan melimpah klamidospora dalam bentuk makrokonidia, tanah yang tertekan (busuk akar hanya sedikit) maka lebih kecil klamidospora yang terbentuk. Studi yang tepat dari peran faktor-faktor spesifik dalam pembentukan klamidospora perlu dilakukan.

Dalam kultur agak susah untuk menstimulasi pembentukan klamidospora. Klamidospora yang terbentuk pada media kaya mungkin tidak sama secara struktur dan fisiologi dengan yang terbentuk dari residu-residu di dalam tanah. Klamidospora biasanya lebih mudah terbentuk pada media Water Agar (WA) atau Carnation Leaf Agar (CLA).

Bertahan Hidup

Selama fase bertahan hidup klamidospora harus tahan terhadap:

- a. suhu yang ekstrim dan potensial air (kondisi kering dingin yang mendukung bertahan hidup)
- b. antibiosis- lysis oleh adanya mikroorganisme-mikroorganisme
- c. parasit
- d. predasi.
- e. pH- busuk Fusaria lebih parah pada tanah berpasir yang asam tetapi bila pH naik tidak berpengaruh terhadap jumlah klamidospora atau parahnya penyakit
- f. kondisi anaerobik
- g. gas yang mudah menguap seperti NH_3 , CH_4

Ada bukti bahwa propagul-propagul yang tahan dari patogen-patogen tanaman akan menurun secara drastis pada tanah yang diari dalam periode yang lama. Oleh karena itu, rotasi pada kondisi lahan yang ditanami padi merupakan metode pengontrolan yang penting untuk patogen-patogen tanaman yang terbawa tanah pada areal pertanaman padi.

Dari informasi yang di publikasikan menyatakan bahwa klamidospora dapat bertahan hidup paling kurang 2 tahun pada kondisi kering-dingin.

Perkecambahan

Klamidospora yang terlindung dari H₂O dan suhu untuk perkecambahan selama fase bertahan hidup di dalam tanah tidak akan berkecambah. Mengapa? Karena adanya apa yang disebut dengan fenomena fungistasis yang muncul untuk mencegah perkecambahan yang tidak menguntungkan. Pertanyaannya adalah :

1. Apa yang menjadi sumber penghambat pengaruh fungistasis? Tidak ada nutrisi?
2. Tidak ada stimulan yang spesifik?
3. Penghambatan kimiawi oleh mikroorganisme antagonistik atau gas-gas yang mudah menguap?
4. Apakah klamidospora memiliki mekanisme dormansi?
5. Apakah klamidospora tetap melakukan respirasi dan jika iya seberapa cepat habisnya energi cadangan endogenus?

Fungistasis barangkali melibatkan interaksi yang kompleks diantara stimulan-stimulan dan penghambat-penghambat perkecambahan. Seperti diketahui perkecambahan dapat distimulasi oleh eksudat-eksudat akar atau oleh nutrisi seperti gula, asam amino, atau menempatkan klamidospora di tanah yang steril. Klamidospora berkecambah ketika H₂O dan suhu menguntungkan dan mudah dijangkau oleh penyebaran akar dan nutrisi yang lain. Akar-akar non inang bisa menstimulasi perkecambahan tetapi sesudah itu mati, apakah ada lebih klamidospora yang dihasilkan atau apakah tabung kecambah rusak seiring dengan berkurangnya jumlah klamidospora. Jarang mendapatkan klamidospora berkecambah 100 % pada tambahan nutrisi. Apakah ini mengindikasikan mekanisme dormansi?

Tiga fase yang menentukan tingkatan populasi klamidospora di dalam tanah dan berpengaruh terhadap parahnya penyakit.

1. Fase Bertahan Hidup Sebagai Hifa Di dalam Residu-Residu Tanaman Sakit

Dalam keadaan saprofit terus menerus, kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang lambat diperlukan oleh jamur. Selanjutnya dalam bentuk hifa jamur menginfeksi sisa tanaman. Beberapa patogen –

patogen juga mengkolonisasi bahan – bahan organik sebagai kompetitif saprofit. Perbedaan antara bertahan hidup dan kolonisasi saprofit dari residu-residu baru tidak selalu tepat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi bertahan hidup dalam bentuk saprofitik :

1. Pembajakan : menyebabkan desintegrasi mekanikal dari residu-residu, meningkatkan dekomposisi oleh adanya aktivitas mikrobia dan aerasi. (laju dekomposisi tergantung pada kelembaban tanah, suhu dan aerasi).
2. Pengelolaan residu-residu- penggabungan vs penyimpanan pada permukaan. Kolonisasi terlebih dahulu pada batang dan daun oleh saprofit dapat mencegah kolonisasi patogen- patogen terbawa tanah ketika tergabung di tanah.
3. Faktor–faktor fisik, H₂O dan suhu meningkatkan dekomposisi residu-residu yang bertentangan dengan kelangsungan hidup dari patogen. Jadi secara normal bertahan hidup yang paling cocok pada kondisi kering basah.
4. Pembentukan antibiotik dari patogen dapat menghambat jamur lain.
5. Lisis oleh bakteri dan actinomicetes
6. Parasit oleh jamur lain
7. Predasi oleh nematode dan mikrofauna yang lain.
8. Fungistasis

Hifa dari jamur patogen tanaman didalam residu-residu biasanya bertahan hidup sampai residu-residu benar-benar terdekomposisi. Pada areal tanah yang ditanami padi yang diiri airdalam waktu yang lama, kemungkinan menyebabkan adanya penurunan kemampuan hidup dari jamur patogen tanaman dalam tanah

2. Fase Bertahan Hidup Dengan Cara Menyebabkan Penyakit Pada Gulma.

Infeksi dan Kolonisasi pada gulma-gulma yang rentan. Infeksi dan kolonisasi yang agresif pada inang gulma yang rentan terhadap penyakit memiliki arti yang lain dimana patogen-patogen

dapat mempertahankan tingkat inokulum pada tanaman inang normal. Gulma berkembang biak didalam tanaman inang atau selama pertumbuhan dalam rotasi tanaman.

Kerapatan gulma serta cara dan waktu pengontrolan terhadap gulma akan berpengaruh terhadap kontribusi gulma yang terinfeksi dan tingkatan inokulum.

Ada sejumlah situasi :

1. Gulma sakit, mati pada tahap bibit. Situasi ini mungkin berkontribusi pada sedikitnya inokulum
2. Gulma sakit, mati pada tahapan pertumbuhan intermediet oleh:
 - (a) penanaman yang agresif mengganggu gulma dan penyatuan dengan matriks tanah ketika dekomposisi berlangsung cepat
 - (b) pembajakan
 - (c) herbisida mematikan yang berada di in situ dimana gulma berada di in situ.

Tanaman tiba-tiba mati untuk itu hanya sebagian yang masih kontak dengan tanah. Jadi,

- a. Ketahanan fisiologi rusak
- b. Tanaman menjadi substrat yang mati, jaringan bagian dalam yang secara temporer masih steril. Jaringan ini masih kaya akan ketersediaan nutrisi.

Dalam situasi ini patogen berkembang biak memperluas kolonisasi pada gulma yang kaya akan nutrisi. Jaringan ini tidak terlalu tahan lama dan patogen tidak berkompetisi dengan mikroorganisme pada beberapa hari sesudah mati. Ini mungkin merupakan kontribusi yang nyata terhadap tingkat inokulum.

3. Gulma sakit memungkinkan matangnya inokulum di tanah

3. Fase Bertahan Hidup Melalui Kolonisasi Superfisial Pada Akar Non Tanaman Inang

Dipertahankan tingkat inokulum oleh kolonisasi superfisial pada akar tanaman yang tidak ada gejala menunjukkan gagalnya rotasi dalam mengendalikan penyakit. Tanaman-tanaman ini kadang-kadang disebut non inang atau gulma.

1. *F. oxysporum* f.sp. batatas,

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

yang menyebabkan layu pada kentang, mampu mengkolonisasi akar dan xylem pada tanaman-tanaman non inang yang umum yang biasanya digunakan dalam rotasi untuk mengendalikan patogen.

2. opulasi klamidospora dari cotton wilt *F. oxysporum* .f.sp. *vasinfectum*, meningkat didalam tanah sesudah rotasi penanaman barley. Jamur mengkolonisasi epidermis dan korteks dari akar barley dan sesudah itu menghasilkan klamidospora.

BAB V

PERKEMBANGAN PENYAKIT YANG DISEBABKAN JAMUR PATOGEN TERBAWA TANAH

Pendahuluan

Ada 3 fase kunci dalam perkembangan penyakit yang disebabkan oleh patogen-patogen tanaman terbawa tanah yaitu :

1. Infeksi
2. Kolonisasi
3. Perkembangan Gejala

Masing-masing fase dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan kondisi biologi tanah. Termasuk faktor-faktor seperti suhu tanah, potensial air ketersediaan nutrisi makro dan mikro, pH, kesehatan tanah secara biologi (kapasitas buffer mikrobia) serta struktur dan tekstur tanah. Faktor-faktor ini mempengaruhi patogen secara langsung ataupun kemampuan akar tanaman inang atau bagian tanaman yang lain untuk tahan terhadap infeksi dan kolonisasi atau toleran terhadap kehadiran patogen.

Infeksi

Infeksi adalah fase kritis pertama dalam perkembangan penyakit. Infeksi adalah proses patogen masuk ke jaringan tanaman seperti korteks akar. Proses ini meliputi 2 fase kunci yaitu fase pra fenetrasi dan fase fenetrasi.

Fase pra fenetrasi. Fase ini meliputi pertumbuhan patogen dari sumber inokulum ke matriks tanah sampai kontak ke permukaan akar. Eksudat dari akar tanaman mempunyai peran kunci dalam stimulasi perkecambahan dari propagul yang dormant seperti sklerotia, klamidospora, oospor atau dalam stimulasi pertumbuhan yang dorman, atau hifa yang tidak bergerak yang menempati residu-residu. Zoospor dihasilkan oleh sporangia dari *Pythium* atau *Phytophthora* tertarik terhadap permukaan akar oleh adanya eksudat akar (kemotaksis).

Mereka mengikuti gradien konsentrasi nutrisi. Pada waktu kontak dengan permukaan akar, zoospor merangsang mereka berkecambah untuk menghasilkan hifa untuk berfenetrasi ke permukaan akar yang ada penghalangnya.

Mikroflora tanah dapat berpengaruh signifikan pada pertumbuhan hifa jamur atau pergerakan zoospor ke arah permukaan akar. Ini adalah karakteristik utama dari fase pra- fenetrasi patogen-patogen terbawa tanah. Mereka tidak terlindung dari antagonis mikrobial, lisis dan kompetisi nutrisi yang hebat selama perkecambahan dan pertumbuhan pada permukaan akar. Oleh karena itu faktor-faktor lingkungan tanah akan berpengaruh terhadap keberhasilan fase pra fenetrasi melalui :

1. pengaruh langsung patogen dan
2. secara tidak langsung, melalui pengaruh aktivitas antagonistik dan mikroorganisme-mikroorganisme yang lain pada daerah rhizosphere akar.

Terjadinya infeksi dapat dikurangi bila tingkat antagonisme alami dapat ditingkatkan melalui perubahan pengelolaan tanah.

Fase fenetrasi. Ketika terjadi kontak antara patogen dengan permukaan akar, selanjutnya terjadi fenetrasi ke epidermis yang merupakan lapisan sel-sel protektif. Hifa jamur beradaptasi melalui tekanan mekanik pada ujung hifa dan pengeluaran enzim yang merupakan titik masuk pada dinding sel epidermal. Alternatif yang lain, hifa dari jamur patogenik melakukan fenetrasi melalui sisi yang luka yang disebabkan oleh nematode, akar yang terpotong oleh serangga atau terbuka secara alami ketika munculnya akar lateral. Adanya sisi yang luka dan terbuka secara alami juga memfasilitasi fenetrasi ke epidermis akar oleh parasit jamur lemah. Oleh karena itu sejumlah jamur dapat ditemukan pada korteks akar, baik yang tidak terdapat gejala dan serta pada akar-akar yang sakit.

Patogen-patogen terbawa tanah umumnya menginfeksi ujung akar yang menyebabkan nekrosis dan mencegah pertumbuhan dari cabang akar. Dengan adanya kerusakan pada ujung akar dapat menyebabkan peningkatan pertumbuhan cabang akar. Rhizoctonia menyebabkan apa yang disebut dengan pengaruh a spear-point ujung akar yang terinfeksi. Pythium dan Phytophthora juga merupakan penyebab yang umum dari kematian cabang ujung akar. "Vascular wilt"

yang disebabkan oleh jamur *Verticillium dahliae* dan *formae speciales* dari *Fusarium oxysporum* menginfeksi cabang ujung akar dan masuk ke pembuluh xylem dan melanjutkan kolonisasi melalui perpanjangan hifa dan pergerakan mikrokonidia melalui fluida xylem.

Beberapa jamur tanah lebih berhasil melakukan infestasi apabila tersedia makanan untuk melakukan fenetrasi ke permukaan tanaman. Sebagai contoh, *Pythium* spp. dan *Sclerotium rolfsii* mengkolonisasi kotiledon dari pea, beans, dan peanuts sebelum menginfeksi jaringan tanaman. Infeksi yang dilakukan oleh *Sclerotium rolfsii* teristimewa oleh adanya bahan organik disekitar sisi fenetrasi pada batang atau hipokotil. *Sclerotinia sclerotiorum* menginfeksi batang, daun dan jaringan kepala melalui perkembangan hifa dari askospor yang berkecambah. Bunga-bunga yang senesen merupakan tempat persediaan makanan untuk mendukung infeksi yang dilakukan oleh *S. sclerotiorum*.

Kolonisasi

Fase ini merupakan perkembangan penyakit meliputi pertumbuhan jamur melalui jaringan inang. Pertumbuhan dari patogen melalui jaringan inang dapat menyebabkan nekrosis tergantung pada respon dari inang. Pelindung internal tanaman dapat membatasi kolonisasi hanya pada beberapa jaringan. Sebagai contoh, endodermis dari akar tanaman agak tahan terhadap fenetrasi dari patogen-patogen jamur dan membatasi pathogen hanya pada jaringan cortical. Jamur penyebab layu vaskular hanya terbatas pada pembuluh xylem sampai tanaman mulai busuk dan rebah.

Beberapa tanaman inang dapat mentoleransi kolonisasi yang dilakukan oleh patogen, terutama dibawah kondisi yang optimal untuk pertumbuhan dari tanaman dan tidak berkembangnya nekrosis atau gejala yang lain. Namun, kolonisasi terhadap tanaman dipengaruhi oleh kekeringan atau cekaman yang lain dimana jamur dapat menyebabkan nekrosis dan perkembangan gejala-gejala yang lain. Patogen seperti *Sclerotinia sclerotiorum* menghasilkan enzim yang dapat melemahkan dinding sel tanaman yang menyebabkan bocornya sitoplasma hingga ke interseluler sehingga memunculkan karakteristik yang disebut "water soaked" pada jaringan sakit (wet rot).

Perkembangan Gejala

Fase terakhir dari perkembangan penyakit adalah perkembangan gejala yang juga dipengaruhi kondisi lingkungan seperti cekaman kekeringan, suhu dan keadaan nutrisi dari tanaman. Gejala di atas tanah yang disebabkan oleh busuk akar atau penyakit layu vascular biasanya lebih menderita dibandingkan dengan tanaman yang berada pada cekaman oleh karena tanah kering atau kondisi panas dan kering. Keberadaan dari nitrogen pada tanaman umumnya juga merupakan faktor yang berpengaruh pada parahnya gejala.

BAB VI

PENGARUH FAKTOR-FAKTOR LINGKUNGAN PADA PERKEMBANGAN PENYAKIT

Pendahuluan

Potensial air tanah dan suhu mempunyai pengaruh pada tiga fase perkembangan penyakit yaitu; infeksi, kolonisasi dan perkembangan gejala. Faktor-faktor lingkungan lain juga berpengaruh terhadap perkembangan penyakit yaitu; struktur tanah, tekstur dan pH, nutrisi tanah, dan herbisida. Kerusakan sistem perakaran pada tanaman buah-buahan dan tanaman perenial yang disebabkan oleh taifun, angin badai dapat meningkatkan infeksi, kolonisasi dan perkembangan gejala. Berkurangnya karbohidrat pada akar dan daerah batang merupakan daerah yang menguntungkan bagi penyakit.

Potensial Air Tanah

Potensial air tanah umumnya merupakan indikasi ketersediaan air di tanah bagi tanaman atau mikroorganisme. Satuan yang umum digunakan adalah megafasial atau bar. Potensial air tanah adalah ukuran energi yang dibutuhkan untuk mengekstrak air dari matriks tanah. Air bergerak di dalam tanah karena adanya gaya tegangan permukaan. Pada tanah yang lebih kering, akar dan mikroorganisme lebih sulit menyerap air. Titik kritis dalam hubungan dengan air tanah adalah tanah yang jenuh, kapasitas lapang, dan titik layu permanen. Kapasitas lapang mengacu pada proporsi air di tanah sesudah jenuh dan memungkinkan bergerak secara bebas. Titik layu permanen mengacu pada kemampuan tanaman mampu menyerap air dari tanah dan layu. Perlu diketahui bahwa beberapa jamur tumbuh secara aktif pada potensial air yang lebih kering dibandingkan dengan titik layu permanen tanaman.

Air yang bebas penting untuk pergerakan zoospor di dalam tanah. Jadi tanah yang basa merupakan tempat infeksi yang favorit bagi jamur yang menghasilkan zoospor seperti *Pythium* dan *Phytophthora*. Pada tanah lembab terjadi tingkat infeksi yang optimum oleh beberapa patogen tetapi patogen-patogen ini terhambat pada kondisi tanah yang sangat basah atau kering. Pertumbuhan hifa dari jamur *Pythium* dan *Phytophthora* sangat menyukai potensial air yang tinggi (kondisi basah) dan terhambat pada potensial air yang lebih rendah dari -2.0 Mpa. Keadaan seperti ini bertentangan pada *Fusarium spp* yang pertumbuhan terbaiknya terjadi pada potensial air yang moderat dan dapat bertumbuh pada potensial air 5.0 Mpa. Potensial air tanah mempengaruhi fase pra fenetrasi infeksi langsung melalui pengaruh pada patogen dan secara tidak langsung pada aktivitas mikroflora yang akan berpengaruh pada patogen.

Potensial air tanah mempengaruhi potensial air tanaman. Potensial air yang rendah menyebabkan cekaman pada tanaman yang akan mengganggu mekanisme ketahanan tanaman yang menghambat infeksi dan kolonisasi.

Kerusakan pada akar dan batang yang disebabkan patogen mengganggu absorpsi dan translokasi air dan nutrisi. Tumbuhan yang tumbuh dibawah potensial air optimum dan suhu yang moderat toleran terhadap kerusakan. Namun, bila tanaman-tanaman sakit disebabkan oleh karena kondisi panas kering dampaknya terhadap tanaman akan lebih parah. Pohon dan juga tanaman dipengaruhi oleh busuk akar yang umumnya bertahan hidup pada cuaca yang basa tetapi hancur pada kondisi panas kering. Contoh dari pengaruh ini yaitu termasuk busuk akar oleh *Phytophthora* dan penyakit layu vaskular.

Suhu

Suhu mempunyai pengaruh nyata terhadap perkembangan penyakit. Pengaruh suhu terhadap perkembangan penyakit tergantung pada aktivitas patogen pada inang dan mekanisme resistensi dari inang. Beberapa jamur seperti *Sclerotium rolfsii* menyebabkan penyakit lebih parah pada kondisi panas basah sedangkan jamur lain seperti *Sclerotinia sclerotiorum* sangat suka pada kondisi dingin basah.

Faktor-Faktor Tanah Yang Lain

Struktur tanah dan tekstur dapat merugikan pertumbuhan akar. Struktur tanah liat yang miskin dapat membatasi atau mengganggu perkembangan akar. Pada pH yang ekstrim, tidak berimbangnya nutrisi makro dan mikro dapat mempengaruhi perkembangan penyakit. Pengaruh ini akan tergantung pada kombinasi patogen dan inang. Parahnya penyakit dapat dipengaruhi oleh tipe dan banyaknya pupuk nitrogen yang ditambahkan ke tanah. Barangkali akan mempengaruhi fase pra fenetrasi atau ketahanan inang. Disamping itu nitrogen yang tinggi mendorong pertumbuhan negatif serta mengurangi cadangan air tanah dan peningkatan cekaman kekeringan pada periode kering. Potasium juga merupakan nutrisi penting yang mempengaruhi ketahanan inang dan perkembangan penyakit. Elemen mikro seperti Zn, Mn, Bo merupakan faktor-faktor mempengaruhi ketahanan inang.

Kerusakan oleh Taifun dan Badai Angin

Sistim perakaran dari pohon dapat rusak oleh gerakan fisik yang ekstrim dari pohon tersebut. Gerakan dari akar utama akan menyebabkan putus dan robek pada akar-akar lateral kecil. Luka karena adanya kerusakan menciptakan tempat infeksi bagi jamur tanah dan nematode. Disamping itu kebocoran nutrisi dari tempat yang luka menstimulasi perkecambahan dan pertumbuhan dari propagul patogen. Dari observasi lapangan dilaporkan bahwa coffee decline dan lychee decline dipicu oleh badai yang hebat. Pengaruh dari badai ini dapat meningkatkan parahnya penyakit untuk beberapa tahun.

Berkurangnya Karbohidrat Dan Teori Ketahanan Akar

Beberapa ahli mengemukakan berkurangnya karbohidrat akar atau daerah mahkota akan mengganggu mekanisme ketahanan normal sehingga memungkinkan patogen menyebabkan busuk akar atau busuk batang. Salah satu yang menyatakan adalah Prof. Predo Crous yang bekerja di Afrika Selatan, menyatakan bahwa kondisi kering selama musim kering pada basa/kering tropik menyebabkan berkurangnya cadangan karbohidrat pada akar yang akhirnya mengganggu mekanisme ketahanan. Sebagai konsekwensinya, *Fusarium solani* menyebabkan busuk akar yang parah sehingga menyebabkan terjadinya pohon roboh dan mati. Dan mungkin juga terjadi

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

pengurangan cadangan karbohidrat pada hasil buah sedangkan pada pohon menjadi lebih rentan terhadap busuk akar oleh jamur.

Sebagai ringkasan, faktor-faktor lingkungan yang luas mempengaruhi perkembangan penyakit yang disebabkan oleh patogen terbawa tanah. Pentingnya masing-masing faktor tergantung pada interaksi inang dan patogen.

BAB VII

REPRODUKSI PENYAKIT YANG DISEBABKAN OLEH JAMUR PATOGEN TERBAWA TANAH

Pendahuluan

Reproduksi dari penyakit terbawa tanah pada kondisi yang terkendali sangat dibutuhkan postulat Koch's untuk mengetahui penyebab penyakit dan melakukan penelitian pada penyakit tersebut. Dengan tujuan untuk memanipulasi sistim inang-patogen- lingkungan, maka perilaku dari patogen dan inang harus dipelajari sedekat mungkin dilapang. Perkembangan gejala harus diamati melebihi skala waktu yang sama seperti di lapang. Yang penting dari penyakit terbawa tanah adalah interaksi dengan mikroorganisme tanah lain atau microbialbuffering.

Patogen-patogen terbawa tanah terbatas aktivitasnya di tanah oleh kompetisi, antagonisme, organisme tanah lainnya. Kompetisi dan antagonisme cenderung menghambat aktivitas patogen kecuali pada kondisi dimana patogen berada keadaan yang menguntungkan. Sebagai contoh, beberapa spesies *Fusarium* sangat agresif pada tanah yang lebih kering, ketika organisme yang lain kurang aktif, walaupun pertumbuhan terbaik mereka pada tanah basa pada kondisi yang steril. Pada tanah steril dan sebagian steril, patogen terbawa tanah secara aktif mengkolonisasi tanah dan meningkatkan potensial inokulum mereka. Ini menyebabkan lebih parahnya penyakit di lapang dan dalam beberapa contoh memungkinkan infeksi tanaman akan rentan di lapang

Koch's Postulat

Koch postulat merupakan langkah-langkah yang harus diikuti dalam rangka membuktikan organisme sebagai penyebab penyakit. Untuk mendemonstrasikan organisme penyebab penyakit, harus :

1. adanya jaringan yang sakit
2. diisolasi pada kultur murni
3. gejala identik dengan penyakit ketika direinokulasi ke jaringan yang sehat

Inang

Tanaman inang seharusnya merupakan kultivar yang umum seperti yang diamati di lapang. Ketika dilakukan uji patogenisitas ke inang, adalah perlu untuk mengetahui kerentanan inang untuk perbandingan serta mengkonfirmasi apakah teknik yang digunakan sudah tepat.

Patogen

(i) Sumber isolat

Secara normal patogen terbawa tanah mempunyai inang yang luas kecuali layu *Fusarium*. Namun, patogen khusus atau ras geografi dapat terjadi pada beberapa patogen lainnya. Isolat harus berasal dari inang dan areal geografik yang menjadi perhatian. Untuk mengurangi resiko degenerasi kultural dan kehilangan virulens, maka jamur idialnya langsung diisolasi dari tanaman-tanaman yang sakit. Jika dibutuhkan subculture, gunakan media yang bernutrisi rendah.

(ii) Tipe Inokulum

Inokulum harus disimulasi seperti situasi di lapangan misalnya klamidospora, serta hifa pada residu-residu. Lebih bermanfaat menumbuhkan patogen pada residu-residu tanaman yang steril dan menggunakan residu-residu yang sudah terkolonisasi sebagai sumber inokulum.

(iii) Banyaknya Inokulum

Banyaknya inokulum harus dibandingkan dengan apa yang dilapangan jika berlebihan dapat menyebabkan penyakit pada tanaman yang secara normal resisten atau tahan. Sebagai contoh, 1-2 % volume dari material tanaman yang di hancurkan atau 100 – 1000 klamidospora per gram tanah sudah cukup.

(iv) Lokasi Inokulum

Inokulum harus mirip dengan keadaan di lapang, sebagai contoh untuk busuk akar gunakan campuran matriks tanah ataulapisan yang tipis atau permukaan untuk crown rot dan collar rots

Lingkungan

(1) Tanah

Bekerja dengan penyakit yang terjadi pada tanah-tanah modifikasi, seperti tanaman-tanaman di rumah kaca, tanah harus merupakan tanah yang alami dilapang yang berasal dari daerah terjadinya penyakit. Ini akan memberikan tingkat yang realistik dari microbial buffering pada penyakit. Pada kebanyakan contoh, tanah harus mempunyai tingkat yang rendah patogen atau bebas penyakit. Tanah bisa ditemukan pada daerah yang tidak ditanami yang dekat dengan tanaman atau dilapang yang tidak menggunakan tanaman – tanaman yang rentan untuk beberapa tahun. Kehadiran patogen- patogen yang lain atau nematode yang berinteraksi dengan penyakit harus dihindari.

(2) Suhu dan Air

Suhu dan air harus berada seperti kondisi yang sama dilapang pada waktu terjadinya penyakit, sehingga mudah untuk melakukan percobaan pot yang akan mempengaruhi hasil. Tanaman yang mengalami cekaman yang disebabkan oleh suhu yang ekstrim atau kelembaban bisa mempengaruhi parahnya penyakit.

BAB VIII

DISTRIBUSI DAN EPIDEMIOLOGI JAMUR DI DALAM TANAH

Pendahuluan

Jamur merupakan komponen utama biomasa mikrobia di dalam tanah. Pentingnya jamur direfleksikan dengan adanya diversivitas dalam jumlah spesies dan fungsinya di dalam tanah. Jumlah total dari spesies jamur tidak diketahui. Institute Mikologi International menduga setidaknya terdapat 1.5 juta spesies dan hanya sekitar 5 % yang secara formal bisa dideskripsikan. Ini artinya hanya yang jamur yang umum atau yang mudah diisolasi atau secara ekonomi penting yang diketahui. Usaha mengukur total diversivitas atau jumlah spesies jamur terutama dengan menggunakan contoh tanah akan membawa pada hasil yang kurang tepat. Beberapa jamur yang diisolasi dari tanah atau tanaman-tanaman yang sakit terutama pada daerah yang tidak dipelajari secara intensif barangkali adalah spesies baru. Sebab paling banyak jamur tidak diketahui dan juga beberapa jamur berperan didalam tanah dimana kita tidak tahu.

Perlu dipertimbangkan yaitu pengaruh praktek pengelolaan pertanian pada aktivitas mikrobial di dalam tanah. Salah satu aspek kunci aktivitas ini adalah diversifitas. Perlu dipertimbangkan bahwa pada tanah yang populasi jamur lebih bervariasi sangat dibutuhkan perhatian, karena tanah-tanah ini mempunyai :

- kekenyalan yang hebat, atau mampu untuk tahan dan pulih dari cekaman
- mikrobial buffering yang hebat atau penekan penyakit tanaman.

Diversifitas ekologi mempunyai 2 komponen yaitu jumlah spesies dan kelimpahan spesies. Mudah untuk dimengerti bahwa ekosistem dengan spesies yang jumlahnya berlebih akan lebih bervariasi, tetapi mengapa kelimpahan penting? Jika mikroflora

didominasi oleh spesies tunggal dan spesies yang lain jarang maka peneliti paling mungkin menemukan spesies yang dominan dan tidak menemukan spesies yang lain. Jika semua spesies berada dalam jumlah yang seimbang maka peneliti barangkali akan menemukan spesies dan flora akan lebih bervariasi. Bila flora didominasi oleh satu atau dua spesies barangkali tidak baik karena tidak mampu tanggap secara cepat terhadap perubahan seperti yang disebabkan oleh praktek pengelolaan tanaman.

Karena tidak praktisnya pengukuran total diversifitas jamur, maka dapat dilakukan pengukuran terhadap jumlah dan kelimpahan spesies kelompok-kelompok indikator. Kelompok- kelompok ini bisa kelompok-kelompok fungsional atau kelompok- kelompok taksonomi.

Kelompok-Kelompok Fungsional Jamur Tanah

Jamur mempunyai peran yang sangat luas di tanah, baik yang menguntungkan walaupun beberapa merupakan patogen tanaman yang merugikan bagi pertanian. Ketika penilaian terhadap kesehatan tanah, jumlah dan kelimpahan spesies memperlihatkan peran yang menguntungkan maka bisa dilakukan pengukuran. Beberapa contoh kelompok-kelompok indikator fungsional yang bisa diukur :

1. Jamur nematopagus : jamur-jamur ini mengurangi populasi nematode di dalam tanah. Sementara umumnya nematode tidak berbahaya bagi tanaman, jumlah nematode parasit tanaman dapat meningkat menjadi sangat besar. Keragaman flora jamur nematopagus akan membantu mengurangi build-up fitonematoda.
2. Jamur pendegradasi selulosa: jamur ini mendegradasi komponen dinding sel utama dari material tanaman yang sangat penting dalam mineralisasi, atau konversi ke bentuk yang bisa digunakan dari nutrisi didalam residu-residu tanaman. Diversivitas flora jamur ini akan meningkatkan kecepatan perputaran kembali nutrisi untuk digunakan tanaman dan juga persaingan substrat bagi patogen fakultatif seperti *Pythium*.

Kelompok-Kelompok Taksonomi Jamur Tanah

Beberapa kelompok jamur sudah digunakan sebagai indikator diversivitas, tetapi kebanyakan pada Fusarium. Hal ini disebabkan oleh pentingnya beberapa spesies dari jamur ini dan dari segi ekonomi serta teknik isolasi yang selektif dan sistim taksonomi. Oleh karena memungkinkan secara kuantitatif maka proses isolasi dan identifikasi dari spesies Fusarium yang muncul di tanah dan membandingkan diversivitas pada daerah yang berbeda. Ini akan didiskusikan pada bagian mikogeografi.

Penting untuk dicatat pada genus seperti Fusarium merupakan wakil dari beberapa kelompok-kelompok fungsional jamur. Pada kebanyakan tanah, spesies Fusarium yang ada bukan merupakan patogen pada tanaman yang sedang bertumbuh. Tanah yang memiliki spesies Fusarium dalam jumlah besar mengindikasikan adanya diversivitas flora jamur total, dan tidak berarti bahwa terdapat populasi patogen yang tinggi.

Epidemiologi

Penyakit yang disebabkan oleh patogen terbawa tanah membahayakan, karena keparahan penyakit meningkat perlahan melewati beberapa musim tanam bersamaan dengan peningkatan tingkat inokulum secara bertahap.

Inokulum dari patogen-patogen ini didalam tanah tidak meningkat secara nyata selama musim tanam pada tanaman inang.

Jamur mengkolonisasi jaringan inang sesudah infeksi dan membentuk struktur bertahan hidup yang spesialisasi di dalam jaringan tetapi propagul ini tetap didalam tanaman sakit atau residu- residu serta tidak menginfeksi tanaman lain. Budidaya sesudah panen akan mengganggu residu-residu dan menyebarkan inokulum baru melalui tanah didaerah sekitar tanaman sakit. Inokulum baru ini akan menambah akumulasi inokulum di dalam tanah dari musim sebelumnya.

Perkembangan penyakit dalam satu musim tanam

Dalam satu musim tanam proporsi tanaman yang terinfeksi oleh patogen meningkat secara bertahap. Laju infeksi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah dan suhu.

Mikogeografi

Beberapa jamur tanah merupakan kategori kosmopolitan karena hampir terdapat diseluruh dunia. Ada beberapa spesies jamur terbatas distribusinya. Studi tentang distribusi jamur disebut mikogeografi. Kelompok-kelompok studi yang paling intensif dilakukan adalah genus *Fusarium*. Hasil dari survey di beberapa negara, memungkinkan untuk mengenal beberapa pola distribusi spesies *Fusarium*. Sebagai contoh :

- (1) Kosmopolitan spesies, terdapat di tanah pada sebagian besar iklim yaitu :
F. oxysporum, *F. equiseti*
- (2) Temperate spesies, hanya terdapat di daerah yang dingin yaitu;
F. acuminatum, *F. sambucinum*
- (3) Tropical spesies, hanya terdapat di daerah curah hujan tropis tinggi yaitu :
F. longipes, *F. beomiforme*

Ternyata iklim terutama suhu dan ketersediaan air membatasi potensi kehadiran jamur pada berbagai tempat di dunia. Mekanisme ini merupakan subjek studi yang terus menerus dilakukan.

Jamur tanah membutuhkan kemampuan bertahan pada keadaan tanpa substrat atau faktor lain seperti air yang terbatas serta mampu dan sukses berkompetisi ketika persyaratan untuk tumbuh tersedia. Fase pertumbuhan dan bertahan dalam siklus kehidupan dipengaruhi oleh suhu tanah dan potensial air yang mana kedua hal ini dikendalikan oleh iklim. Jamur berada di tanah bila terjadi keadaan yang seimbang diantara kondisi yang menguntungkan untuk tumbuh dan tidak menguntungkan untuk bertahan.

Ini bisa diterangkan dengan dengan menguji dua jamur yang ada hubungan sebagai contoh yaitu, *F. acuminatum* dan *F. compactum*. Di alam, *F. acuminatum* ditemukan pada daerah temperate dengan suhu rata-rata tahunan di bawah 230 C sementara *F. compactum* di daerah yang agak panas dengan suhu rata-rata dibawah 170 C dan terutama pada daerah arid. Perbandingan bertahan hidup menunjukkan klamidospora dari *F. acuminatum* mati secara bertahap pada suhu sekitar 300 C, sementara klamidospora dari *F. compactum* sangat tahan terhadap suhu tinggi. Pada sisi yang lain, walaupun *F. compactum*

bertumbuh pada suhu dengan interval yang luas di kultur, tetapi sangat tidak kompetitif dibandingkan dengan jamur tanah lain pada suhu dibawah 20oC, sementara *F. acuminatum* merupakan pesaing yang lebih baik. Distribusi dari dua jamur ini dapat dipahami dimana *F.acuminatum* tidak mampu untuk bertahan pada kondisi yang merugikan pada iklim yang agak panas walaupun dapat tumbuh secara sukses pada bulan-bulan yang lebih dingin. Pada sisi yang lain *F. compactum* dapat bertahan secara baik pada beberapa iklim tetapi hanya bisa sukses berkompetisi bila ada substrat sedangkan suhu tinggi merupakan faktor pembatas bagi jamur ini.

Pengaruh iklim pada distribusi patogen terbawa tanah kurang dimengerti dibandingkan dengan saprofit, karena distribusi inang merupakan faktor pengendali utama, dan karena patogen-patogen tidak terintroduksi ke seluruh daerah – daerah yang potensial. Pemahaman dari dasar-dasar mikogeografi dan penerapannya ke patogen ternyata merupakan hal yang sangat penting untuk melakukan karantina tanaman.

BAB IX

PENGENDALIAN PENYAKIT TERBAWA TANAH

Praktek Pengelolaan

Fumigasi tanah dan penggunaan fungisida dapat digunakan sebagai metode pengendalian untuk penyakit terbawa tanah pada beberapa keadaan. Namun berbagai ahli menyimpulkan bahwa pada pengendalian kebanyakan penyakit tanaman terbaik adalah menggunakan kultivar yang resisten. Selain itu dianjurkan juga pengendalian dimodifikasi melalui praktek pengelolaan. Ketika dipertimbangkan praktek praktek pengelolaan untuk pengendalian penyakit, penting untuk dipastikan apakah sejalan dengan aspek-aspek lain dari sistim pertanian.

Pembajakan

Pembajakan mempengaruhi penyakit dengan beberapa cara:

- (1) Fragmentasi dan matinya inokulum didalam residu-residu
- (2) Perubahan struktur tanah, kelembaban dan lain-lain.
- (3) Mempengaruhi gulma

Karena pengaruh pembajakan kompleks, maka penyakit mempunyai respon yang berbeda terhadap budidaya yang agresif. S penyakit yang sama akan memberikan respon yang berbeda pada lingkungan yang berbeda. Berkurangnya pembajakan akan meningkatkan makin parahnya penyakit-penyakit yang disebabkan oleh Rhizoctonia. Meningkatnya tanah yang terganggu melalui aktivitas penanaman akan mengurangi kerusakan yang diakibatkan oleh Rhizoctonia pada beberapa tanaman. Sclerotia beberapa patogen hanya bisa menginfeksi tanaman ketika berada dekat dengan permukaan tanah. Dengan menguburkan sclerotia dalam-dalam merupakan metode pengontrolan yang efektif untuk Sclerotium rolfsii.

Pengelolaan Residu-residu

Menyimpan residu-residu tanaman merupakan sumber penting inokulum untuk beberapa penyakit terbawa tanah. Insiden dari penyakit-penyakit ini bisa dikurangi dengan memindahkan residu-residu melalui pembakaran atau memindahkan secara fisik. Namun, untuk jangka waktu yang lama akan membawa pada kehilangan bahan organik dari tanah dan menghancurkan struktur tanah. Lebih baik menggunakan yang praktis yang memacu hancurnya residu-residu dan kolonisasi yaitu saprofit. Ini termasuk dengan inkorporasi residu-residu ke dalam tanah atau residu-residu dijadikan kompos sebelum dikembalikan ke tanah. Sebagai catatan, inkorporasi beberapa patogen seperti *Sclerotinia*, dapat meningkatkan kelangsungan hidup mereka melalui melindungi mereka dari lingkungan yang ekstrim.

Rotasi

Pengendalian penyakit melalui rotasi tergantung pada :

- (1) Parahnya penyakit atau timbulnya berhubungan dengan potensial inokulum yang khas dari penyakit terbawa tanah.
- (2) Kematian alami inokulum karena ketidakhadiran inang yang rentan
- (3) Inang alternatif yang menarik secara ekonomi yang tidak mendukung patogen.

Walaupun penyakit terbawa tanah jarang memiliki inang spesifik, biasanya ada derajat spesifikasi yang dapat digunakan. Sebagai contoh, kebanyakan patogen-patogen sereal tidak menyerang tanaman broadleaf. Rotasi tanaman sering dijadikan sebagai acuan untuk diikuti, karena adanya akar akan meningkatkan aktivitas mikrobial di dalam tanah hal ini merupakan kesempatan untuk mengurangi bertahan hidup dari patogen. Rotasi (kecuali brassicas) juga mempertahankan jamur mikoriza di dalam tanah. Gulma dapat berperan sebagai inang alternatif harus terkontrol sehingga rotasi menjadi efektif sebagai alat pengendalian.

Gulma dan Padang Rumput

Pada daerah dengan padang rumput, pengendalian rumput-rumputan dapat mengurangi penyakit pada tanaman sereal. Hal utama yang penting, yaitu mengeluarkan semua rumput dan selanjutnya dapat

ditumbuhkan secara bertahap beberapa rumput-rumputan terutama barley. Pengendalian alternatif lainnya yaitu penggunaan gulma sebagai inang penting untuk mengurangi bertahan hidup beberapa patogen. Berlebihnya pertumbuhan gulma pada kondisi hangat dan juga kondisi basa merupakan hal yang menguntungkan bagi patogen seperti *Sclerotium rolfsii*.

Pemupukan dan Kerugian Tanah

Perubahan pH tanah dapat mempengaruhi beberapa penyakit. Sebagai contoh, busuk akar *Phytophthora* akan lebih parah pada tanah netral dan alkalin, dan dapat dikontrol pada tanah yang asam serta tanaman toleran seperti nenas dengan menurunkan pH tanah.

Aplikasi pemupukan sering mengurangi keparahan penyakit. Contohnya busuk akar *Rhizoctonia*, nematode cyst cereal, dan take all melalui aplikasi pemupukan nitrogen. Mekanismenya bervariasi diantara penyakit yang mempengaruhi inang, patogen atau mikroflora tanah dan bentuk dari nitrogen juga penting. Nutrisi lain seperti fosfor, mangan dan elemen lainnya juga berpengaruh terhadap beberapa penyakit.

Secara umum, kekurangan nutrisi tanaman akan lebih parah dengan adanya penyakit. Pada sisi yang lain, akibat dari pemupukan dapat meningkatkan parahnya cekaman air dalam hubungannya dengan penyakit sebab akan membuat tanaman lebih besar yang pada akhirnya membutuhkan air yang lebih banyak.

Cekaman Lingkungan Pada Patogen

Bertahan hidup beberapa patogen dapat dikurangi misalnya dengan peningkatan cekaman pada propagul dari patogen. Ini bisa diakibatkan oleh panas atau cekaman kelembaban atau mengurangi aerasi.

Tanah yang kebanjiran dapat mengendalikan beberapa penyakit. Rotasi pada tanah yang ditanami padi dapat mengendalikan kelayuan dan busuk akar peas yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp pisi dan *F. solani* f.sp pisi secara berturut-turut. Selain mempengaruhi jamur, kebanjiran meningkatkan populasi bakteri pada tanah yang ditanami padi yang merupakan antagoni dari jamur.

Tanah lembab yang panas kebanyakan mematikan patogen. Salah satu dari cara ini yaitu penggunaan solarisasi atau menutupi permukaan tanah dengan menggunakan plastik transparan. Oleh karena itu perlu dijaga agar suhu tanah 40 – 45o C selama beberapa minggu agar efektif.

Beberapa patogen dapat dimatikan dengan fluktuasi kelembaban atau suhu tinggi pada permukaan tanah. *Sclerotiumcepivorum*, white rot of onions, bukan merupakan masalah pada daerah inland di Australia walaupun suhu tanah selama musim pertumbuhan sangat menguntungkan. Suhu tinggi pada permukaan tanah dapat mematikan bagi patogen.

Waktu Tanam

Bila patogen aktif melampaui batas interval kondisi lingkungan dan inang hanya rentan pada saat siklus pertumbuhan, maka disarankan melakukan perubahan waktu tanam. Peluang ini lebih besar pada daerah temperate dibandingkan dengan daerah tropis.

BAB X

SELEKSI KULTIVAR TOLERAN ATAU KULTIVAR YANG TAHAN UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT YANG DISEBABKAN OLEH PATOGEN-PATOGEN TERBAWA TANAH.

Pendahuluan

Perkembangan atau seleksi kultivar yang tahan atau kultivar yang toleran untuk pengendalian penyakit-penyakit ini akan sedikit sulit. Salah satu alasan dari kesulitan adalah penilaian parahnya penyakit yang sulit dan menghabiskan waktu dibandingkan dengan penyakit yang lain misalnya penyakit- penyakit foliar. Alasan lain yaitu beberapa patogen mempunyai inang yang luas sehingga sulit untuk menemukan sumber yang tahan dan toleran.

Jadi penggunaan varietas yang tahan untuk pengendalian merupakan hal umum pada penyakit yang disebabkan oleh jamur yang mempunyai inang yang terbatas seperti layu *Fusarium*. Namun, kasus layu *Fusarium* pada pisang, perkembangan ketahanan pisang sulit karena genotipe-genotipe yang kompleks dari pisang dan masalah persilangan .

Apa Perbedaan Antara Tahan dan Toleran ?

Tahan didefinisikan sebagai kemampuan tanaman untuk mencegah infeksi dan kolonisasi pada tanaman, jadi tidak ada penyakit.

Tanaman yang toleran adalah yang rentan terhadap infeksi dan kolonisasi tetapi mempunyai hasil yang lebih besar dibandingkan kultivar yang lain yang sama tingkatan infeksi dan kolonisasi.

Sebagai catatan ada beberapa contoh kultivar toleran yang memiliki gejala keparahan yang lebih kurang dibandingkan kultivar non toleran tetapi kedua kultivar akan terinfeksi dan terkolonisasi secara seimbang.

Langkah-langkah dalam pengembangan kultivar yang tahan dan kultivar yang toleran.

Langkah 1. Kembangkan Indeks keparahan penyakit, sebagai contoh :

Indeks ini didasarkan pada pengujian ratusan tanaman yang sakit.

Langkah 2. Pengujian lapangan

1. Pilih daerah yang memiliki sejarah penyakit yang parah untuk pengujian kultivar
2. Kultivar – kultivar yang ditanaman diulang pada petak atau baris. Biasanya 4 petak ulangan.
3. Tanaman-tanaman dipanen ketika penyakitnya parah dan lakukan penilaian pada tanaman yang diambil secara acak.
4. Analisa hasilnya. Ulangi percobaan jika ditemukan bukti dari yang tahan dan toleran.
5. Perbanyak galur yang tahan secara vegetativ atau kembangkan melalui program pemuliaan dengan cara persilangan melalui persilangan antara tanaman yang tahan dengan tanaman yang rentan. Hasil persilangan dilakukan seleksi dan backcross dengan tanaman yang induk yang tahan

Pengujian di rumah kaca

- A. Kembangkan teknik inokulasi yang sesuai menggunakan :
 - kultur patogen tipe liar yang segar
 - inokulum yang alami (spora, sclerotia, materi tanaman yang terkolonisasi)
 - tingkat inokulum yang sama pada tanah di lapang
- B. Gunakan beberapa wadah
- C. Panen seluruh tanaman dan nilai keparahan penyakit
- D. Analisa hasilnya. Ulangi percobaan jika ditemukan bukti ketahanan dan toleran.

BAB XI

JAMUR PATOGEN

1. Aspergillus

Jamur Hitam Kacang Tanah Aspergillus niger

Pendahuluan

Jamur Aspergillus ini adalah penyebab dari busuk mahkota, busuk polong dan busuk biji pada kacang tanah dan jamur hitam pada bawang. Penyakit ini dapat menjadi penting secara ekonomis pada kondisi panas.

Gejala Penyakit Kacang Tanah

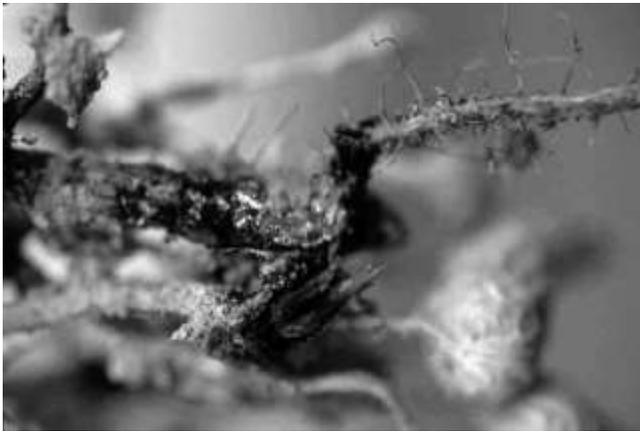
Kecambah dan tanaman yang masih muda lebih peka terhadap pathogen ini, gejala yang sangat jelas adalah tanaman muda menjadi layu dengan cepat. Bagian-bagian tanaman yang terserang ditumbuhi jamur yang berwarna gelap. Infeksi kecambah biasanya terjadi sesudah germinasi. Penyakit ini berkembang dengan cepat dan tanaman yang terinfeksi akan mati 30 hari sesudah tanam.



Gejala Aspergillus niger pada tanaman kacang tanah yang sudah dewasa



Gejala *Aspergillus niger* pada tanaman kacang tanah yang masih muda



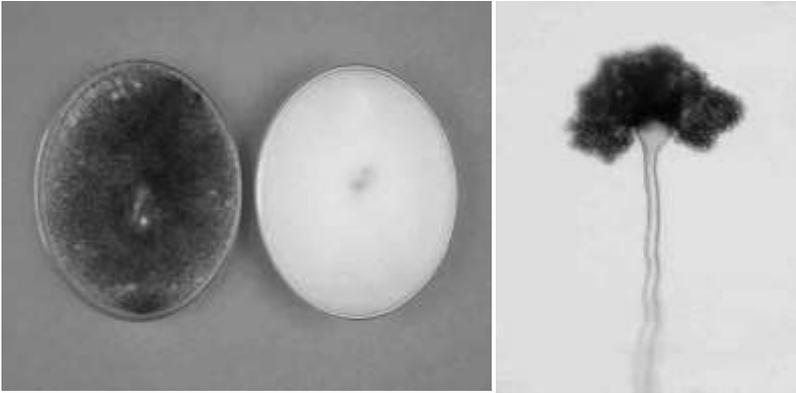
Busuk batang dan akar *Aspergillus niger*

Bawang

Umbi bawang yang terinfeksi terlihat adanya perubahan warna hitam pada bagian leher bawang, bintik-bintik dangkal pada sisik bagian luar, jaringan miselium hitam dan konidia pada bagian luar sisik dan warna hitam pada bagian-bagian terluka. Seluruh permukaan umbi dapat berubah menjadi hitam, dalam kondisi ini bawang akan berkerut dan bakteri-bakteri sekunder akan menyebabkan terjadinya busuk basah pada umbi

Deskripsi Patogen

Bila diisolasi jaringan yang sakit, jamur akan bertumbuh pada berbagai media, paling optimal pada suhu 25 derajat C, menghasilkan kepala konidia yang besar (diameter mencapai 700- 800um). Kumpulan kepala-kepala spora hitam ini dapat terlihat tanpa pembesaran.



Karakteristik kultur *Aspergillus niger* Bentuk *Aspergillus niger*

Sebaran Inang

Inang utama dari patogen ini adalah kacang tanah dan bawang.

Epidemiologi

Jamur ini umumnya terdapat di atmosfer dan dalam tanah. Kadang kadang hidup sebagai saprofit. Infeksi biasanya terjadi melalui jaringan yang sakit. Penyakit ini lebih parah bila melakukan penanaman dengan rotasi tanaman inang yang peka secara terus- menerus. Kondisi udara yang hangat dan lembab mempercepat pertumbuhan dari jamur ini. Kondisi udara yang merugikan, fluktuasi kelembaban tanah yang ekstrim, kualitas biji yang kurang baik, kecambah yang rusak akibat pestisida, dan faktor-faktor lain yang menghambat perkecambahan terbukti dapat meningkatkan kerentanan tanaman terhadap patogen. Tanaman yang sudah tua lebih peka terhadap infeksi terutama pada tanah yang kering. Biji- biji dapat terinfeksi dan menyebabkan rebah kecambah ("damping off"). Jamur dapat disebarkan oleh biji. Pembusukan sesudah panen dipercepat oleh kondisi yang lembab yang merangsang perkembangan konidia pada jaringan yang dipotong.

Tanaman lain yang dikenal sebagai inang dari *Aspergillus* adalah ubi kayu, taro dan ubi rambat (yam), mungkin lebih sebagai busuk gudang karena semuanya adalah tanaman umbi. Infeksi terjadi melalui pelukaan. Jaringan yang terinfeksi memiliki perubahan warna coklat, kadang-kadang dengan sedikit warna ungu. Luka-luka kecil menetap sampai terjadi kolonisasi oleh bakteri-bakteri sekunder. Pada ubi kayu, pembusukan dapat disebabkan oleh *A. flavus* dan *A. niger*. *A. niger* lebih dominan pada yam dan *A. niger* serta *A. flavus* pada taro.

Pengendalian

Perawatan benih dengan menggunakan fungisida mungkin efektif bila digunakan dalam kondisi yang mendorong perkecambahan dan kemunculan dengan cepat untuk mencegah peredaman. Bawang hitam pasca panen dapat dikendalikan jika produk disimpan dan diangkut di bawah 15 ° C atau di bawah kelembaban sangat rendah. Penyakit ini dapat diminimalisir dengan mengurangi jumlah kerusakan fisik pada organ penyimpanan.

Jamur Kuning *Aspergillus flavus*

Pendahuluan

Aspergillus flavus Link merupakan penyebab penyakit pada kacang tanah dan jagung dan dikenal sebagai jamur kuning. Penyakit ini tidak menurunkan hasil, tetapi mutu hasil sangat rendah. Pada awal 1960'an aflatoxin, racun metabolik dari *A. flavus* ditemukan pada kacang tanah. Makanan ternak yang dibuat dari bahan kacang tanah ini menyebabkan kematian 100.000 kalkun di Inggris. Jumlah yang sangat sedikit (10-20 ppb) dapat mengakibatkan kanker hati yang mematikan pada hewan yang masih muda. Jamur kuning lebih berbahaya di daerah tropis dengan gejala yang terlihat pada awal pertumbuhan tanaman kacang tanah dan sebelum panen dapat terlihat pada biji kacang dan biji dalam tanah.

Gejala Penyakit

Gejala awal menunjukkan adanya bintik pada kotiledon kecambah. Kecambah dan biji yang tidak bergerminasi mengerut

menjadi coklat kering sampai hitam yang ditutupi oleh spora kuning atau hijau. Tanaman yang hidup dalam germinasi dan pada saat pemunculan terlihat klorotik karena adanya alfatoksin pada seluruh bagian tanaman. Akar-akar kerdil tanpa sistem perakaran sekunder. Suatu kondisi yang dikenal sebagai aflaroot. Daun-daun kecil, dan tegak serta tebal dan bertekstur kulit. Kecambah yang terinfeksi dapat bertahan hidup pada kondisi pertumbuhan optimal, kemudian jamur kuning pada buah dan biji mulai terjadi terutama dalam kondisi kering. Sesudah panen, infeksi dapat berkembang, dimana pertumbuhan jamur menutupi permukaan biji dan menginvasi biji tersebut. Perubahan warna kuning sampai coklat terjadi selanjutnya kehilangan berat. *A. flavus* biasanya berasosiasi dengan busuk buah kapas. Jamur melemahkan fiber lint. Infeksi biji menyebabkan turunnya mutu dan viabilitas serta adanya produksi aflatoksin.

Deskripsi Patogen

A. flavus menghasilkan hifa yang tidak bewarna, berseptata dan bercabang. Sebuah vesikel dibentuk pada bagian ujung dari masing-masing konidiopora yang panjang. Pada vesikel ini sederetansterigmata berkembang membentuk rantai konidia bewarna kuning-hijau sampai biru-hijau. Kepala konidia masing- masing mempunyai sejumlah rantai konidia, yang terlihat sebagai gumpalan berdiameter 100um. Sterigmata dari *A. flavus* dibentuk dari satu atau dua vesikel yang panjang. Kepala radiasi pecah pada waktu menjadi dewasa. *A. flavus* juga dapat menghasilkan sklerotia.



A. flavus pada jagung

Sebaran Inang

Jamur kuning telah ditemukan pada kacang tanah, jagung, kapas biji, kacang pistachio, kelapa, kedelai, padi, pecans, almond dan ubi kayu.

Epidemiologi

Kerusakan oleh jamur kuning dan produksi aflatoksin tergantung pada kondisi lingkungan serta produksi, panen dan penyimpanan. Patogen ini hidup dalam biji, aktif pada kelembaban tinggi (90-98%) dan kelembaban tanah rendah. Suhu kondusif untuk pertumbuhan adalah 17-42°C dengan produksi aflatoksin antara 25-35°C.

Pengendalian

- Mengendalikan serangga hama pada biji kacang dapat menurunkan kecepatan infeksi karena tanpa titik masuk untuk infeksi. Hindarilah fluktuasi kelembaban biji untuk mencegah kerusakan buah.
- Pilih kultivar kacang yang mengandung lignin pada penutup biji agar biji tetap utuh.
- Penggunaan biji yang berkualitas tinggi yang diperlakukan dengan fungisida dapat menurunkan severitas penyakit.
- Dalam penyimpanan, biji harus disimpan pada kelembaban relatif di bawah 70% agar kadar air biji mencapai 7-9% dan pertumbuhan *A. flavus* tertekan. Produksi Aflatoxin pada kapas biji biasanya terjadi di lapang dan tidak di penyimpanan karena kadar air biji pada saat panen cukup rendah.
- Praktek kultural lainnya dibuat untuk menurunkan severitas dan insidensitas infeksi *A. flavus* termasuk:
- Menanam lebih awal untuk mengoptimasi kadar air tanah dan menghindari tekanan kekeringan serta aktifitas serangga.
- Tanamlah varitas yang tahan terhadap busuk buah, nematoda, serangga dan jamur
- Lakukan rotasi tanaman dan pemakaian pupuk untuk mereduksi insiden patogen terbawa tanah
- Lakukan irigasi pada waktu kekeringan untuk menghindari tekanan pada tanaman

- Panenlah pada kondisi kering sesudah sebagian besar buah sudah dewasa
- Pindahkan buah kacang dalam truk yang berventilasi untuk mencegah meningkatnya kadar air.
- Keringkan buah dengan kadar air di atas 9% dengan menggunakan tekanan udara.
- Periksa kacang tanah dan hindarilah konsumen menggunakan kacang yang berjamur.
- Hancurkan kacang yang mengandung level aflatoksin yang ilegal dan tidak menggunakannya untuk makanan ternak.

2. *Cylindrocladium*

Busuk Akar Hitam

Pendahuluan

Jamur *Cylindrocladium* Morg adalah penyebab penyakit busuk akar hitam pada kacang tanah dan kedelai yang menyebabkan kerugian.

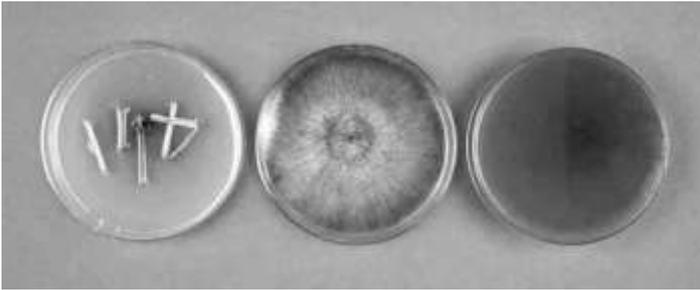
Gejala Penyakit

Pada awal pembentukan polong terlihat adanya warna kuning pada bagian atas tanaman. Jaringan intervena kemudian berubah menjadi coklat muda. Defoliiasi terjadi tanpa tanaman menjadi layu. Tanaman yang sakit terjadi secara sporadis atau terbatas pada area-area kecil di lapang yang terinfeksi. Semua bagian tanaman dalam tanah menunjukkan gejala busuk hitam, dimana bagian ujung akar menunjukkan nekrosis dan berkembang menjadi busuk hitam, bagian dalam tangkai menjadi warna kecoklatan, peritesia bewarna merah oranye berkembang pada jaringan tangkai di permukaan tanah. Jaringan tangkai terkadang bewarna merah bila tanpa peritesia.

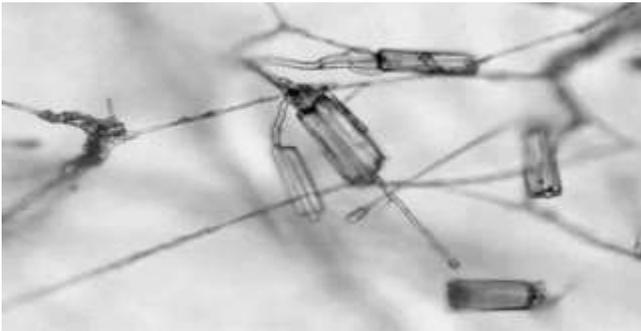
Deskripsi Patogen

Cylindrocladium spp. memiliki konidia panjang berbentuk silindrikal yang terhimpun bersama dan filament steril panjang yang disebut stipe dan terikat pada satu ujung yang menghubungkannya dengan vesikel. Tingkat yang sempurna (perfect stage) adalah

Calonectria. Spesies dalam genus ini dapat dibedakan menurut panjang dan septasi konidia serta bentuk dan sifat stipe dan vesikel.



Cylindrocladium dalam kultur



Cylindrocladium in situ



Konidia Cylindrocladium

Untuk mengisolasi jamur ini dari dalam tanah, biji digemrisasi pada permukaan tanah yang bertindak sebagai umpan untuk patogen.

Jamur dapat diangkat dari akar kecambah dengan menggunakan jarum di bawah mikroskop.

Sebaran Inang

Kacang tanah, kedelai, lychee dan kopi dapat diserang oleh *Cylindrocladium*.

Epidemiologi

Mikrosklerotia adalah bentuk propagul utama untuk kelangsungan hidup dan penyebarannya. Mikrosklerotia terbentuk dalam jumlah besar pada akar yang terinfeksi dan nodul-nodul *Rhizobium*. Sebagaimana jaringan yang sakit terurai, mikrosklerotia dilepaskan ke dalam tanah dan disebarkan oleh peralatan pertanian angin.

Periode dingin dimana suhu turun di bawah 5°C dapat secara signifikan menurunkan jumlah skelerotia yang hidup di lapang. Patogen berkembang baik pada suhu 25°C dan tingkat kelembaban dekat kapasitas lapang. Bila hujan deras pada awal musim tanam akan dengan muda terjadi infeksi. Bila periode diikuti dengan adanya tekanan air maka jumlah akar fungsional berkurang dan bagian atas tanaman akan menunjukkan gejala Penyakit.

Peritesia dapat berkembang pada jaringan dekat permukaan tanah. Askospora sensitif terhadap kekeringan, sehingga dipercaya memiliki masa hidup pendek dan hanya penting dilihat dari siklus penyakit apabila disebarkan oleh percikan air hujan atau serangga.

Pengendalian

Pengendalian kultural merupakan metode yang paling layak untuk mengendalikan patogen ini karena pengendalian kimia tidak efektif. Dengan menghindari rotasi tanaman baik untuk kedelai maupun kacang tanah akan membantu pengurangan jumlah inokulum. Rotasi dengan bukan tanaman inang seperti jagung, tembakau, dan kapas sangat berguna sebagai tanaman alternatif. Eksposur mikrosklerotia pada suhu dingin melalui tillage, menghindari tanaman penutup dan mengeluarkan rumput dari permukaan tanah dapat pula menurunkan jumlah inokulum. Peralatan mesin pertanian tidak boleh dipindahkan dari lapangan yang terinfeksi penyakit ke lapangan yang tidak terinfeksi tanpa melakukan pembersihan.

Penyakit Kompleks Kering Tebu

Pendahuluan

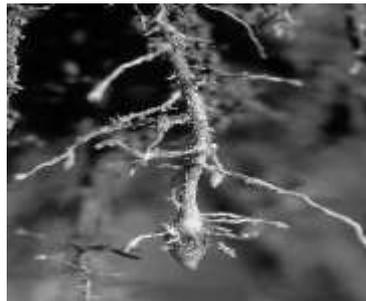
Penyakit ini pertama-tama ditemukan pada tahun 1988 di Provinsi Quang Nam, Vietnam. Patogen- patogen yang ditemukan berasosiasi dengan penyakit ini termasuk jamur *Fusarium subglutinans*, *Fusarium spp.*, *Pythium spp.*, *Colletotrichum spp.* dan Nematode *Meloidogyne*.

Gejala Penyakit

Gejala pertama adalah penguningan daun bendera dari pangkal ke ujung. Infeksi berkembang ke bagian atas tanaman setelah dua minggu sehingga seluruh bagian tanaman menjadi kuning. Jaringan klorosis menjadi kering dan sistem perakaran menjadi hitam dan nekrotik. Infeksi bintil akar *Meloidogyne* dapat terjadi pada saat ini. Pada bagian dalam batang berkembang perubahan warna kemerahan yang dapat berkembang sampai ke bagian atas tanaman atau hanya setempat. Jaringan batang dapat berbau alkohol. Tanaman kemudian mati dalam keadaan tegak.



Tanaman tebu kena penyakit



Akar tebu yang terinfeksi

Sebaran Inang

Varitas lokal ternyata peka terhadap penyakit kompleks ini dibandingkan varitas-varitas modern.

Epidemiology

Penyakit ini terdapat di tanah berpasir yang dangkal dimana drainasenya kurang baik. Kondisi hangat dan basah, kondusif terhadap penyakit ini. Propagul penyakit ini dapat ditransmisikan melalui

gerakan permukaan air dan tanah yang terkontaminasi pada pucuk muda tanaman. Penyakit ini dapat bertahan sampai musim berikutnya pada akar dari tanaman sebelumnya, terutama apabila akar-akar tersebut digunakan sebagai dasar dari tanaman berikutnya yang disebut tanaman ratoon.

Pengendalian

- Keluarkan residu tanaman yang terinfeksi dengan cara pembakaran atau pembajakan
- Lakukan rotasi dengan tanaman yang tahan seperti nenas atau jagung
- Pilihlah varitas tebu yang tahan
- Buatlah sistem drainase di lapang untuk menghindari kelembaban pada profil tanah
- Pilihlah tanaman yang terkena penyakit dan musnahkan

Penyakit Kompleks Lychee

Pendahuluan

Jamur yang berasosiasi dengan penyakit ini termasuk kompleks dari *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia* sp. dan *Pythium* sp. Terdapat kemungkinan bahwa nematoda juga berperan terhadap kompleks penyakit ini.

Gejala Penyakit

Gejala pertama adalah adanya Penyakit diabek pada pucuk muda pohon. Daun pertama-tama menjadi agak gelap dan lama kelamaan menjadi coklat pada salah satu bagian kanopi atau seluruh pohon, tergantung pada tingkat infeksi pada akar. Apabila hanya satu bagian dari akar yang nekrotik, maka hanya dedaunan bagian itu yang akan menjadi coklat. Pohon akan mati meski daun- daunnya tidak jatuh. Bagian coklat dari kanopi tidak akan terjadi pertumbuhan baru atau berbuah. Akar-akar yang terinfeksi menjadi hitam dan kemudian nekrotik. Dapat terjadi perubahan warna merah muda pada bagian leher batang. Akar-akar kecil yang berkembang dari bagian bawah sepanjang permukaan tanah dapat membantu kelangsungan hidup

pohon untuk jangka waktu pendek. Bila infeksi hanya setempat pada salah satu bagian kanopi, maka pohon akan bertahan hidup pada kondisi optimal.



Gejala penyakit pada bagian atas pohon

Epidemiologi

Kondisi hangat dan basah selama musim taifun menunjang perkembangan penyakit ini. Apabila drainase tanah buruk, penyakit ini akan lebih nyata terutama pohon-pohon yang bertumbuh di bagian yang lebih rendah.

Pengendalian

- Buatlah sistem drainase sebelum penanaman lychee untuk meyakinkan tidak ada air yang tergenang di sekeliling dasar pohon.
- Pangkaslah pohon untuk menurunkan evaporasi dan mendorong pertumbuhan akar untuk membantu pohon bertumbuh kembali dengan cepat.
- Tambahkan pupuk organik untuk menambah kemampuan biologis tanah.
- Jangan mempropagasi pohon yang berasal dari tanah-tanah terkena penyakit.

Penyakit Kompleks Kopi

Pendahuluan

Penyakit kemunduran kopi (coffee decline) juga dikenal dengan penguningan daun pada kopi adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi sejumlah patogen tanaman. Penyakit ini telah menyebabkan kerugian ekonomis yang besar. Gejala-gejala dimulai pada awal musim

kering disaat kelembaban air tanah turun dan sistem perakaran yang rusak tidak dapat menunjang pertumbuhan tanaman.

Organisme-organisme yang berasosiasi dengan penyakit ini termasuk *Pythium vexans* dan *Pythium* spesies yang lain, *Fusarium oxysporum* dan nematode parasit tanaman, *Criconomella magnifica*, *Rotylenchus reniformis*, *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus dihystra*, *Xiphinema difussum* dan *Meloidogyne*

Gejala Penyakit

- Daun-daun tua dari tanaman yang terinfeksi bewarna kuning dan kemudian jatuh, dan penguningan terjadi pada daun-daun yang lebih muda.
- Produksi dan mutu kopi berkurang secara drastis pada cabang-cabang yang menunjukkan gejala penyakit.
- Akar-akar yang memberi makan (feeder roots) mengembangkan bintil akar (root knot), gejala adanya infeksi *Meloidogyne*. Akar-akar yang terinfeksi ini menjadi nekrotik dan selanjutnya bentuk nekrosis ini menjalar sampai ke akar sadap (tap root). Dapat terjadi perubahan warna merah muda pada bagian leher batang.
- Adventitious roots berkembang dari bagian bawah pohon sepanjang permukaan tanah, dan tanaman akan mati pada saat musim kering tiba.
- Pohon-pohon yang masih muda lebih peka terhadap infeksi dan dapat mati pada musim hujan.



Gejala pada Tanaman kopi yang Gejala pada Tanaman Kopi Dewasa masih muda



Kerusakan oleh jamur pada akar tanaman



Kerusakan oleh nematode pada akar kopi

Sebaran Inang

Kultivar kopi Arabika lebih peka daripada kelompok Robusta.

Epidemiologi

Bila populasi nematode dalam tanah sangat tinggi, maka akan terjadi tekanan penyakit pada pohon-pohon karena nematoda menyediakan titik masuk untuk infeksi jamur.

Infeksi terjadi melalui akar pada musim hujan. Tanaman kopi muda yang ditanam untuk menggantikan kopi yang sudah tua lebihpeka terhadap penyakit ini. Hal ini sering terjadi bila pohon yang berumur 20 tahun dikeluarkan dan siklus tanaman kedua dimulai. Bila terjadi angin kencang pada musim hujan maka sistem perakaran dapat melemah. Tanah yang terdapat disekitar dasar pohon dapat tercuci keluar. Lobang yang terisi air membuat kondisi lebih kondusif terhadap perkembangan penyakit.

Pengendalian

- Bila melakukan penanaman kembali, pilihlah varitas kopi yang tahan.
- Hindarilah perusakan pada sistem perakaran bila melakukan pemupukan pada bagian dasar pohon kopi.
- Di tempat pembibitan, pengendalian kimia nematoda atau jamur dapat mengurangi secara significant tanaman yang sakit. Kombinasi nematisida dan fungisida sangat efektif.

Busuk Akar Erwinia

Pendahuluan

Genus *Erwinia* biasanya sebagai penyebab busuk lunak pada kentang, Brassica, pisang dan tanaman lunak lainnya. Selain itu menyebabkan busuk buah pada kapas dan kaki hitam pada kentang.

Gejala Penyakit

Infeksi awal pada Brassica terjadi pada bagian luar petiol yang berhubungan dengan tanah. Petiol menjadi basah dan selanjutnya bakteri berkembang mengkolonisasi bagian kepala tanaman, kadangkala mengakibatkan busuk kepala secara penuh. Serangga dapat menjadi vektor penyakit, sehingga infeksi dapat berkembang dari bagian yang dimakan serangga atau pelukaan oleh serangga. Pisang yang dipropagasi dari jaringan rhizome yang masih segar atau dari anakan (suckers) dapat menunjukkan perkecambahan yang kurang baik, pertumbuhan yang lambat dan menguning. Penyakit ini paling banyak terdapat di daerah-daerah yang lembab dan basah dimana bahan-bahan telah diperlakukan dengan air panas sebelum penanaman. Kentang pekah terhadap busuk umbi yang disebabkan oleh *E. carotovora*. Umbi menjadi lembut, bagian yang tertekan sekitar lentisel kentang berkembang. *E. atroseptica* (Van Hall) Dye, atau kaki hitam dimana batang dari tanaman yang terinfeksi menunjukkan warna hitam yang membusuk dan *E. chrysanthemi* menyebabkan pengrusakan cepat pada umbi dalam waktu satu minggu sesudah tanam. Umbi berkembang menjadi lembut, berair, berbau busuk dan hanya bagian kulit yang tinggal utuh. Wortel juga dapat menunjukkan gejala yang sama seperti pada kentang. Busuk batang jagung disebabkan oleh *E. chrysanthemi*, dimana batang yang telah rusak menjadi indikasi adanya penyakit ini. Busuk lunak bawang dan bawang batang juga dapat terjadi dimana jaringan umbi menjadi sangat berair berwarna coklat pucat dan mulai melunak sebagaimana infeksi berkembang. Daun dapat menjadi klorotik dan layu.

Deskripsi Patogen

E. carotovora ditumbuhkan pada media Stewarts MacConkey-pectate dan membentuk lobang pada media. Organismenya berbentuk

batang, gram negatif, kira-kira panjang 0.7-1.5um dan memiliki flagela peritrikus. Patogen ini bukan pembentuk spora dan bersifat fakultatif anaerobik. Patogen busuk lunak dapat dibedakan dengan menggunakan test-tes biokimia.

Sebaran Inang

Inang dari patogen ini diantaranya kentang, letus, Brassicae, bawang, jagung dan tanaman lembut lainnya. Busuk kepala dan rhizome pada pisang disebabkan oleh *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* dan *E. chrysanthemi*. Busuk buah kapas dapat disebabkan oleh *E. herbicola* dan diyakini dapat didesiminasikan oleh kepik busuk. Dapat juga terjadi perubahan warna merah coklat dari sel-sel lint dari buah kapas yang masih utuh. Juga dapat terjadi busuk lunak

Epidemiologi

Patogen busuk lunak, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* dapat disebarkan ke tempat baru melalui irigasi atau invasi serangga pada tanaman. Semua tanaman dapat terinfeksi dan penyakit ini dapat berkembang di saat transit dan penyimpanan. Hal ini terutama dapat terjadi pada letus dan kentang. Patogen bertahan hidup dalam tanah dan masuk ke inang melalui hidatode, lentisel, atau luka. Infeksi pada pisang biasanya terjadi pada pelukaan rhizome. Sekresi enzim menyebabkan rusaknya dinding sel. Jaringan yang dikolonisasi menjadi sangat basah dan adanya organisme sekunder mengakibatkan terjadinya pembusukan. Busuk lunak berkembang bila kelembaban tinggi, tanah lembab, dan suhu di atas 22°C. Jenis-jenis lalat diketahui sebagai serangga vektor. Penyakit ini lebih parah pada musim hujan.

Pengendalian

- Hindarilah pelukaan pada jaringan tanaman pada saat kultivasi, panen, pengepakan dan penyimpanan.
- Inokulum primer pada penyakit kaki hitam kentang adalah umbi. Ada beberapa cara pengendalian yang efektif untuk mereduksi penyakit ini. Umbi terutama yang telah dipotong hanya dapat ditanam pada lokasi yang mempunyai sistem drainase yang baik. Rekomendasi yang sama juga berlaku untuk pisang yang masih segar.

- Hindarilah mencuci biji kentang dan dijaga agar tidak merusaknya sebelum ditanam.
- Dengan menghindari irigasi yang berlebihan, tanah akan tetap aerobik sehingga tidak kondusif untuk pertumbuhan patogen.
- Dengan mengeluarkan sisa-sisa sayur akan menghambat adanya sumber potensial inokulum dimana serangga sebagai vektor dapat memindahkan penyakit. Kendalikan serangga vektor.
- Gunakan varietas yang tahan.
- Bersihkan dan lakukan disinfeksi peralatan pertanian. Gunakan pisau alat pemangkas yang disterilisasi terutama untuk tanaman pisang.
- Simpanlah hasil panen di tempat yang dapat dengan cepat menyembuhkan jaringan yang terluka.
- Untuk pengelolaan busuk lunak pasca panen pada kentang, hindarilah air yang berlebihan sebelum panen, panenlah hanya pada saat umbi telah dewasa dan suhu di bawah 20°C, dan dinginkan di bawah 10°C secepatnya. Pastikan adanya ventilasi yang baik untuk meminimasi akumulasi karbon dioksida dan penambahan air. Gunakan air bersih untuk mencuci kentang bila diperlukan. Kentang harus disimpan dalam kontainer yang beraerasi baik untuk keperluan penyimpanan dan pemasaran.

Penyakit-Penyakit Disebabkan Oleh *Fusarium* spesies **Layu *Fusarium oxysporum***

Karakter-karakter penting

- Klorosis daun
- Pertumbuhan terhambat
- Pencoklatan jaringan vaskuler pada batang dan akar
- Pisang akan layu, batang pecah dan mati dalam waktu 1-2 bulan.
- Tomat, kukurbita dan inang tanaman yang lain layu pada waktu panas di siang hari selama beberapa hari sebelum mati.

Pendahuluan

Fusarium oxysporum Schlecht. Emend. Snyder & Hansen termasuk banyak dan secara kolektif menyebabkan penyakit layu

vaskuler pada sejumlah tanaman termasuk, sayur-sayuran, ornamental, pisang dan palma. Isolat-isolat dari spesies ini biasanya memiliki inang yang spesifik disebut dengan forma spesialis (f. sp.) dan ras-ras pada beberapa f.sp. Ini semua spesifik untuk kultivar-kultivar tertentu.

Gejala penyakit Pisang

Gejala internal awal dari layu pisang adalah perubahan warna menjadi merah coklat pada bagian jaringan xylem akar dan rhizome. Kemudian, sesudah kolonisasi pseudostem, gejala awal dari bagian atas tanaman baru terlihat. Bagian dalam dari pembungkus daun mempunyai titik-titik merah. Daun dewasa menjadi kuning gemerlap dan layu, dan pembungkus daun pada bagian dasar batang terbelah. Batang yang terbelah merupakan gejala utama dari penyakit ini. Sebagaimana daun-daun muda mulai mati, xylem jaringan batang menjadi coklat merah dan sesudah 1-2 bulan, batang mulai menjadi busuk dan rebah.

Tomat

Gejala utama dari layu *Fusarium* pada tomat yaitu pertumbuhan yang terhambat, perubahan warna vaskuler menjadi coklat tua, klorosis daun dan kelayuan sampai mati. Pada infeksi bibit, daun-daun tua terkulai dan melengkung ke bawah, jaringan vaskuler menjadi gelap, dan tanaman menjadi layu kemudian mati. Pada tanaman sakit yang sudah tua, daun menjadi kuning sesudah berbunga. Tanaman kemudian menjadi layu pada bagian hari yang panas dan dalam beberapa hari kemudian rusak dan mati. Jaringan vaskuler batang bewarna coklat tua tetapi empulur (pith) tetap sehat. Infeksi buah dapat terjadi dan menunjukkan perubahan warna vaskuler menjadi coklat. Layu *Fusarium* tomat dapat berasosiasi dengan infeksi oleh binti akar nematoda.

Kukurbita

Terdapat penguningan umum daun pada semua tingkat umur tanaman secara sporadik di lapang. Pencoklatan vaskuler terjadi pada akar dan batang. Pelayuan terjadi secara cepat, terutama sesudah akhir musim dan pada saat tanaman sudah berbuah banyak.



Gejala infeksi dalam pseudostem



Diskolorasi vaskuler pada pisang oleh *F. oxysporum* f. sp. *Cubense*



Penguningan daun oleh *F. oxysporum* f. sp. *Cubense* dan Batang pisang oleh *F. oxysporum* f. sp. *Cubense*



Kelayuan pada pisang yang terinfeksi oleh *F. oxysporum* f. sp. *Cubense* dan Gejala *Fusarium oxysporum lycopersici* pada tomat

Deskripsi patogen

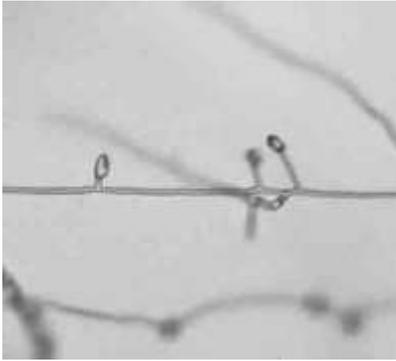
Di bawah mikroskop, *F. oxysporum* dapat dibedakan dengan *Fusarium* species yang lain. Pada carnation leaf agar (CLA), patogen dapat diidentifikasi dengan adanya produksi mikrokonidia yang berbentuk oval yang keluar dari monophialides yang pendek. Makrokonidia dihasilkan dalam sporodokia, mempunyai 3-5 septa dan fusoid dengan sel kaki pada salah satu ujung. Klamidospora biasanya dalam jumlah yang besar, berbentuk singel, dalam pasangan atau dalam rantai. Pada potato dextrose agar (PDA), miseliumnya bewarna putih, oranye sampai violet pucat. Sporodokia sering dihasilkan pada bagian tengah koloni.



Makrokonidia *F. oxysporum*



Mikrokonidia *F. Oxysporum*



F. oxysporum in situ



Karakteristik kultur F. oxysporum

Sebaran Inang

Tipe yang inang spesifik dari F. oxysporum menyebabkan kelayuan adalah pisang, tomat dan kukurbita.

Epidemiologi

F. oxysporum bertahan dalam tanah untuk periode yang cukup lama sebagai klamidospora dalam residu tanaman sampai germinasi distimulasi oleh ekskresi akar atau akar bukan inang, atau kontak dengan bagian-bagian sisa tanaman segar.

Sesudah terjadi infeksi akar inang yang peka, jamur mengkolonisasi jaringan vaskuler dan menyebabkan penyakit.

Pada bagian akhir dari penyakit, jamur bertumbuh keluar dari xylem ke parenkima terdekat, menghasilkan hifa dalam jumlah yang besar dan klamidospora. Klamidospora kembali ke tanah pada saat residu tanaman membusuk. Klamidospora dapat bertahan hidup dalam tanah dalam bentuk dorman untuk beberapa tahun dan menjadi aktif lagi pada saat germinasi kemudian mengkolonisasi inang baru sebagai parasit atau safrofit. Aktivitas dari safrofit F. oxysporum bukanlah bentuk untuk kelangsungan hidup tetapi jalan untuk meningkatkan inokulum sampai pada titik dimana inang akan kalah terhadap penyakit. Level populasi yang relatif tinggi, dibandingkan dengan patogen terbawa tanah lainnya penting untuk infeksi, terutama pada pisang karena lokasi infeksi berganda dibutuhkan untuk gejala di atas permukaan tanah dapat terjadi. Suhu optimum untuk infeksi adalah

28°C, dengan kelembaban yang sama, dan pH yang dapat mendorong pertumbuhan. Penyebaran terbatas kladospora melalui irigasi, kultivasi, dan pergerakan dari tanah yang terkontaminasi serta bahan propagasi. Bibit dari anak pisang yang sudah terinfeksi adalah sumber kontaminasi ke lokasi yang baru. Pada tomat, stakes adalah metode umum sebagai mekanisme penyebaran tanah yang terinfeksi. Tanah yang sudah terkontaminasi dapat dipindahkan oleh hewan, orang serta alat-alat pertanian dan irigasi.

Sering ada asosiasi antara layu *Fusarium* dan kolonisasi nematoda, dimana nematoda menyediakan titik masuk untuk jamur dan juga bakteri penyebab penyakit layu. Hal ini lebih umum pada kukurbita dan tomat daripada pisang. Sering ditemukan nematoda puruakar pada akar tomat yang terinfeksi layu *Fusarium*.

Membedakan Penyakit layu

Layu bakteri menghasilkan cairan kental (ooze) dari jaringan batang bagian bawah yang mengeluarkan air pada waktu melakukan pemotongan dan kurang adanya pencoklatan pada vaskuler. Perbedaan yang penting dalam hal pengendalian *R. solanacearum* ialah tidak menghasilkan struktur berbentuk sel untuk bertahan hidup sehingga inokulumnya berkurang sesudah beberapa bulan tanpa adanya inang. Berbeda dengan, *F. oxysporum* menghasilkan kladospora yang bertahan hidup selama beberapa tahun. Penyakit layu *Verticillium* adalah penyakit jamur yang menunjukkan gejala yang sama dengan *Fusarium* dan layu bakteri.



Kladospora *F. oxysporum*

Pengendalian

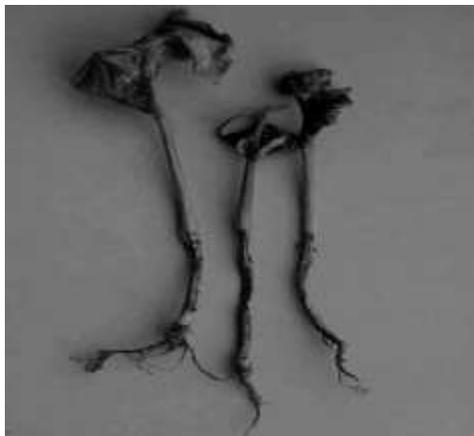
Tujuan utama dari pemahaman siklus penyakit adalah untuk mengendalikan penyebaran penyakit. Karantina merupakan pengendalian yang terbaik untuk mengatasi penyebaran. Selain itu disarankan menggunakan varietas yang resisten (Pinaria dkk. 2010; Pinaria dkk. 2015). Dengan menaikkan pH menjadi 6.5-7.0 dan menggunakan ammonium nitrat untuk pemupukan dapat membatasi perkembangan penyakit. Irigasi yang terkontaminasi harus dihindarkan. Rotasi tanaman biasanya tidak efektif karena strategi bertahan hidup dari patogen ini sangat efektif.

Untuk pengendalian layu Panama pada pisang janganlah menggunakan anak pisang dari tanaman yang sudah terinfeksi meskipun mereka tidak menunjukkan gejala sakit. Pisang yang terinfeksi harus dikeluarkan untuk mencegah penyebaran penyakit.

Busuk Kaki dan Busuk Akar *Fusarium solani*

Karakter-Karakter Penting

- Garis merah berkembang pada bagian dasar tanaman
- Jaringan akar tua menjadi nekrotik
- Akar adventif berkembang dekat permukaan tanah untuk mengkompensasi akar yang hilang
- Hasil berkurang karena pertumbuhan tanaman terhambat



Busuk kaki *F. solani* pada kacang

Pendahuluan

Busuk kaki *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. atau juga disebut busuk merah atau busuk akar kering banyak terdapat pada tanaman buncis. Penyakit ini menyebabkan kerusakan yang minimal pada tanaman tanpa tekanan, tetapi terinduksi oleh keadaan kekeringan atau banjir. Busuk merah terjadi pada bagian dasar batang menyebabkan pertumbuhan terhambat dan hasil rendah.

Gejala penyakit

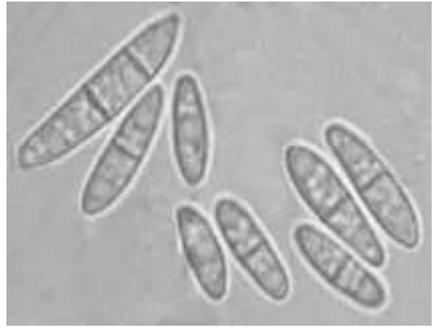
Busuk merah atau busuk akar kering menyebabkan penguningan atau pemerahan pada bagian dasar batang dan pengeringan akar. Jaringan akar bagian bawah dapat secara penuh menjadi busuk dan akar-akar sekunder dapat terbentuk pada bagian atas dari bagian yang sakit. Pengkerdilan, pelayuan dan pembusukan buah juga dapat terjadi. Gejala-gejala termasuk garis yang sempit, memanjang, berwarna merah sampai coklat pada akar dari tanaman yang masih muda. Bagian-bagian ini menjadi nekrotik tetapi hanya terbatas pada korteks. Apabila tanah tidak membatasi perkembangan akar, jaringan korteks dapat beregenerasi dan tanaman dapat bertumbuh sehat kembali. Kalau tidak maka sistem perakaran akan hancur. Akar adventif dapat terlihat dekat pada permukaan tanah, dan inilah yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi kerdil. Daun-daun primer dapat menjadi kuning dan gugur dan vigor tanaman menjadi tidak menentu di lapang.



Busuk akar *F. solani* pada Aroids



Makrokonidia *F. solani*



Mikrokonidia *F. solani*



Karakteristik kultur *F. solani*

Deskripsi Patogen

Di bawah mikroskop *F. solani* dapat dibedakan dari spesies *Fusarium* lainnya. Pada carnation leaf agar, patogen diidentifikasi dari produksi mikrokonidia yang berbentuk oval pada kepala palsu yang berkembang dari monophiliades yang panjang. Sporodokia berwarna krem, bersepta 3-5 dan fusoid dengan sel kaki pada salah satu ujung menghasilkan banyak sekali makrokonidia. Klamidospora biasanya terbentuk dalam 2-3 minggu. Pada potato dextrose agar, miseliumnya berwarna putih sampai krem atau sporodokia berwarna biru hijau yang sering diproduksi pada bagian tengah koloni.

Sebaran Inang

Tanaman inang dari *F. solani* adalah buncis, labu, labu air, marrow, kopi dan kedelai.

Epidemiologi

Tanah yang padat dan suhu tanah rendah terutama pada saat tanam menunjang perkembangan dari penyakit ini. Pengurangan hasil lebih besar bila air terbatas. Patogen ini hidup dalam tanah dan berkembang dalam biji, tapi dapat juga disebarkan secara lokal oleh angin dari sisa tanaman yang terinfeksi. Bertahan dalam tanah dalam bentuk klamidospora. Germinasi klamidospora distimulasi oleh eksudat dari kecambah atau ujung akar. Ini mengatur asosiasi *F. solani* dengan rebah kecambah dan penyakit busuk akar. Klamidospora dapat bergerminasi dan bereproduksi tanpa inang yang peka, hal ini meningkatkan bertahannya hidup dalam tanah.

Pengendalian

- Tunggu sampai suhu tanah mencapai 20°C sebelum menyebarkan biji
- Bongkarlah tanah sebelum tanam
- Buatlah bumbunan pada dasar tanaman untuk mendorong pertumbuhan akar di atas jaringan yang sakit
- Tahanlah level kelembaban selama musim pertumbuhan
- Pilih kultvar yang tahan
- Kurangilah inokulum dalam tanah, hindarilah menamam buncis selama 5 tahun dan kukurbita 3 tahun

Penyakit Bakanae Padi *Gibberella fujikuroi*

Pendahuluan

Nama 'bakanae' berarti bibit buruk atau bibit nakal dalam bahasa Jepang. Ini menunjuk pada gejala pembentukan etiolasi yang disebabkan oleh penyakit sebagai hasil dari produksi giberain patogen pada saat menginfeksi tanaman. Patogen penyebab adalah *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Ito in Ito & K. Kimura mating population (MP) C dengan anamorf *Fusarium fujikuroi*. Meskipun penyakit bakanae biasanya mengakibatkan kematian atau sterilitas pada padi, kontaminasi miktotoksin juga menjadi masalah karena patogen ini dapat berkembang dalam biji. Sampai dimana kontaminasi ini merupakan hal yang penting karena risiko yang cukup potensial.

Gejala Penyakit

Gejala bervariasi menurut strain, level inokulum dan adanya toksin. Densitas inokulum yang tinggi menghasilkan hawar biji, pengerdilan dan klorosis. Level inokulum yang rendah menyebabkan etiolasi karena adanya produksi gibberlin. Strain yang menghasilkan gibberelin yang tinggi menyebabkan kecambah bertumbuh tinggi, kurus, kuning dan mati. Bila level inokulum tinggi akan menghasilkan asam fusarat, kecambah yang terinfeksi akan menjadi kerdil, klorotik, mengembangkan mahkota, busuk akar dan mati. Bila tanaman dewasa bertahan hidup, mereka menjadi tinggi, anakan kurus, daun bendera pucat, adanya akar adventif pada noda bagian bawah dan memiliki panikel steril.



Gejala di lapang tanaman terinfeksi, tinggi, kuning



Tanaman padi yang sakit pada bagian kanan jauh lebih tinggi

Deskripsi Patogen

Makrokonidia aseksual MP-C dari *G. fujikuroi* kompleks species (*Fusarium fujikuroi*) memiliki 3-5 septa dan melengkung ke bagian ujung. Mikrokonidia diproduksi dalam bentuk rantai dan kepala palsu.

Sebaran Inang

Padi *Oryza sativa*

Epidemiologi

Penyakit ini menyebabkan kerusakan yang lebih parah pada musim panas daripada musim semi karena penyakit ini lebih menyukai suhu yang panas. Tanaman padi yang di transplantasi menunjukkan gejala yang lebih nyata dibanding dengan yang disebar. Varietas yang diperbaiki kurang peka terhadap penyakit ini dibanding dengan varietas padi tradisional.

Pengendalian

- Tanam biji yang sehat
- Keluarkan tanaman yang sakit bila melakukan penyiangan gulma
- Dapat menggunakan fungisida Benomyl dan Bavistin, tetapi hanya efektif kalau tanah di bagian dasar tanaman kering
- Bila melakukan transplantasi hindarilah kerusakan jaringan akar untuk mencegah masuknya pathogen

Gibberella fujikuroi pada Jagung

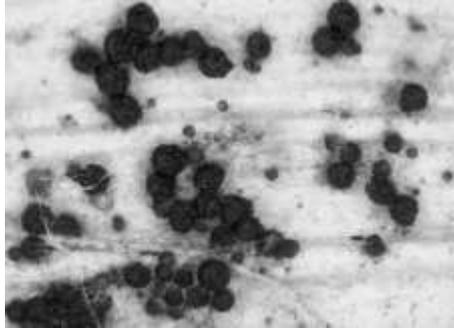
Pendahuluan

Ditemukan adanya peritesia *G. fujikuroi* pada sisa- sisa batang jagung tua. Implikasi dari penemuan ini berhubungan dengan adanya kontaminasi mikotoksin dan penggunaan akhir produk jagung. Dampak ekonomis akibat penyakit ini belum diketahui. Populasi perkawinan A menghasilkan mikotoksin fumonisin. Fumonisin telah terbukti menyebabkan equine leukaencephalomalacia and porcine pulmonary edema dan bersifat hepatocarcinogenic pada tikus. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mengklasifikasikan fumonosin sebagai karsinogen kelas 2B. Patogen ini menyebabkan busuk batang dan buah jagung.

Gejala Penyakit

Gejala-gejala biasanya adanya pembusukan dasar tanaman dan internoda pendek. Pembusukan mulai terjadi segera sesudah polinasi

dan menjadi lebih serius sesudah tanaman menjadi dewasa. Perubahan warna putih-merah muda, salmon atau ungu pada inti batang, kerusakan batang dan pematangan premature. Gejala ini juga adalah karakteristik dari infeksi *G. zeae*, tetapi busuk batang ini mempunyai diskolorasi merah dan bukan salmon. Peritesia superficial juga dihasilkan pada batang. .



Peritesia *Gibberella fujikuroi* pada residu jagung



Asci dan askospora dari *Gibberella fujikuroi*



Peritesia pada kulit jagung

Deskripsi Patogen

Bentuk aseksual dari makrokondia *G. fujikuroi* species kompleks (*Fusarium verticilloides*) mempunyai 3-7 septa dan melengkung menghadap ujung. Mikroknidia menghasilkan kepala palsu dalam rantai

Sebaran Inang

Zea mays, *Sorghum bicolor* dan berbagai jenis rumput. Infeksi terjadi pada awal musim kering, dengan suhu 28-30°C pada cuaca basah, 2-3 minggu sesudah pembentukan rambut jagung. Penyakit ini banyak terdapat di musim panas-gugur di bagian Utara Vietnam dan musim hujan di bagian selatan.

Pengendalian

Pilihlah hibrida yang baik dan varietas yang resisten. Imbangi fertilitas tanah, hindarilah potasium rendah dan nitrogen tinggi. Densitas tanam yang rendah juga direkomendasi kepada petani. Hindarilah memanen jagung pada musim hujan untuk mencegah pembusukan pasca panen.

Gibberella zeae

Pendahuluan

Gibberella zeae (Schwein.) Petch bertanggung jawab terhadap kerugian pada jagung, terutama karena adanya busuk batang dan busuk buah. Infeksi *G. zeae* dapat menghasilkan kontaminasi mikotoksin pada biji jagung. Bila babi betina makan biji yang terkontaminasi maka sistem reproduksinya akan terpengaruh oleh zat zearaleno

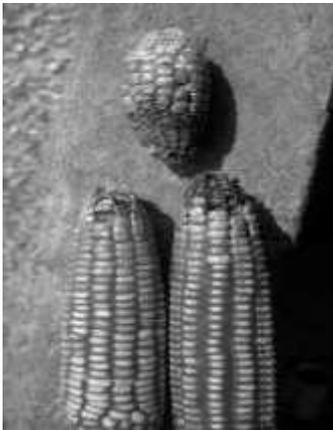
Gejala penyakit

Daun-daun tanaman yang terinfeksi secara tiba-tiba berubah warna menjadi hijau abu-abu, sementara internoda bagian bawah menjadi lembut dan berubah menjadi coklat tua. Batang (stalk) mempunyai diskolorasi merah muda pada jaringan internal tanaman yang sakit. Jamur menyebabkan schreding of the pith dan dapat

menghasilkan peritesia hitam, bulat kecil secara superficial pada stalk. Jejas luka dapat mengembangkan bentuk cincin.



Mengumpulkan batang jagung tua dengan peritesia. *G. zeae*



G. zeae pada jagung

Deskripsi Patogen

Peritesia berwarna hitam kebiruan dan berbentuk sferikal. Apabila sudah dewasa, askus mengandung 8 askospora. Askospora bersepta 3, agak melengkung dan mengecil pada bagian akhir. Makrokonidia *G. zeae* (*Fusarium graminearum* Schwabe) mempunyai 3-5 septa melengkung dan mengecil pada bagian ujung. Tidak ada mikrokonidia, beberapa isolat menghasilkan klamidospora dan pigmentasi PDA berwarna merah dengan miselium berwarna merah muda.

Sebaran Inang dan Epidemiologi

Peritesia pada tangkai jagung yang terinfeksi menjadi dewasa dalam kondisi hangat dan apabila dalam kondisi hujan mengeluarkan askospora dewasa. Peritesia disebarkan oleh angin ke buah jagung atau tangkai dimana mereka bergerminasi dan mempenetrasi jaringan inang yang sehat. Miselium dapat berkembang pada bagian tanaman sakit selama cuaca yang hangat dan lembab. Jamur dapat hidup dalam debris yang terinfeksi dan pada biji. Inang patogen ini adalah jagung, gandum, barley, dan sereal lainnya dimana penyakit ini juga dapat mengakibatkan kudis (scab) dan hawar kecambah. Penyakit ini terutama terjadi di bagian utara dan pada musim hujan di bagian selatan negeri ini.

Pengendalian

Pilih hibrida komersial yang telah diperbaiki dan varietas resisten dan bukan varietas tua dari jagung. Imbangi fertilitas tanah, hindari potasium rendah, nitrogen tinggi dapat mencegah penyakit ini. Penanaman dengan densitas rendah juga dapat direkomendasi. Hindarilah memanen jagung pada musim hujan untuk mencegah pembusukan pasca panen.

Penyakit-Penyakit Yang Disebabkan Oleh Phytophthora spp

Pendahuluan

Busuk akar Phytophthora adalah yang paling umum menyebabkan kematian pada pohon dan semak. Penyakit ini sangat umum terdapat di banyak tempat di dunia dimana ada persediaan air yang cukup untuk mengizinkan patogen menjadi aktif dan suhu cukup tinggi meskipun hanya untuk periode pendek. *P. cinnamomi* adalah yang paling penting dari spesies Phytophthora dan menyebabkan busuk akar tetapi masih banyak spesies yang lain juga dapat menyebabkan penyakit busuk yang sama.

Gejala Penyakit

Gejala awal infeksi kadang-kadang sulit diobservasi, tetapi adanya warna gelap pada akar feeder yang muda dan sering ukuran

akar yang besar, pengurangan warna glosi pada daun, gugur daun dan diabek merupakan gejalanya. Daun-daun dapat menjadi layu, kuning, dan mengering. Pada pangkal batang dapat membengkak dan pecah serta terjadi kanker yang besar. Kerusakan yang diakibatkan oleh penyakit ini banyak kali terjadi pada musim panas di saat tanaman mendapat tekanan karena kekeringan. Tanaman tidak mampu untuk menyerap air dari tanah karena akar-akarnya rusak dan pada akhirnya mati.



Gejala Canopy decline busuk akar Phytophthora pada avokado

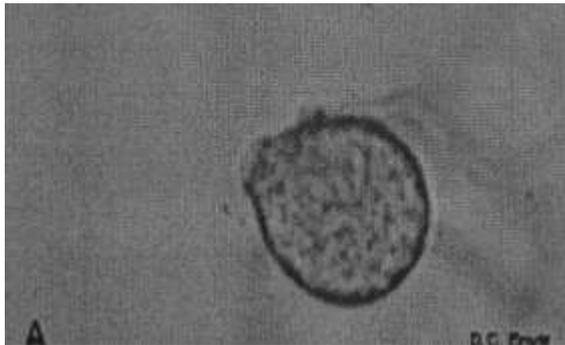
Deskripsi Patogen

Phytophthora bukan jamur sejati dan diklasifikasikan dalam dunia Chromista bersama organisme lain seperti Protista dan beberapa ganggang. Phytophthora terdiri dari banyak spesies dan membedakan spesies satu dengan lainnya sangat sulit, namun hal ini penting karena keagresifannya sebagai patogen sangat bervariasi. Taksonomi Phytophthora sangat sulit dan diliputi banyak kontroversi. Untuk membedakan spesies digunakan sejumlah sifat, namun banyak di antaranya sulit direproduksi dalam kultur. Tidak ada acuan tunggal yang dapat direkomendasikan untuk mengidentifikasi spesies Phytophthora, tetapi “Phytophthora Disease Worldwide” oleh Erwin dan Ribeiro memberikan deskripsi yang baik mengenai spesies penting dan penyakit yang disebabkan. Ciri penting yang digunakan untuk identifikasi Phytophthora sp. berhubungan dengan sporangium, anteridium dan oogonium, klamidospora, pembengkakan hifa, dan laju pertumbuhan.

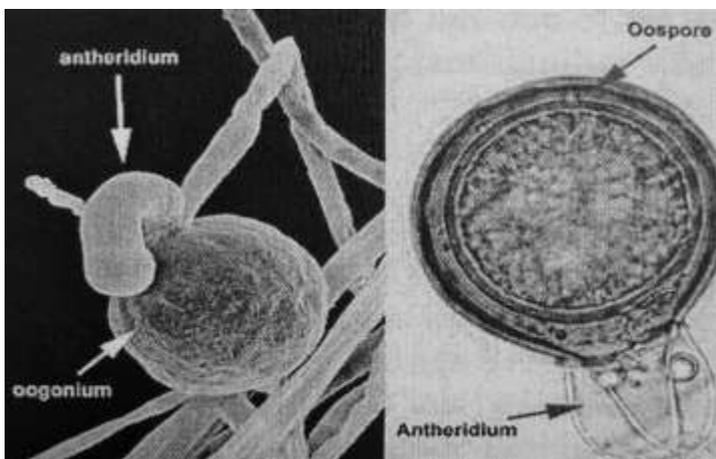
Identifikasi Phytophthora sp membutuhkan keahlian yang cukup baik dan pelatihan yang benar karena spesies dapat bervariasi

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

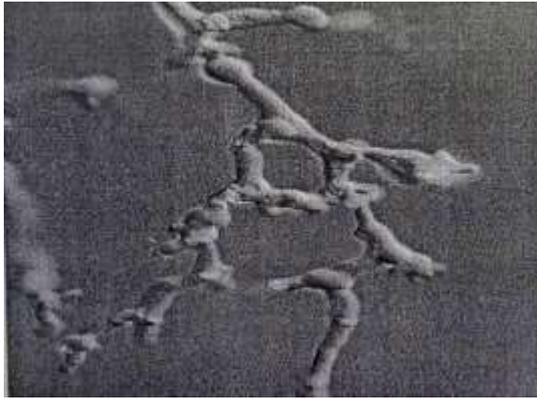
secara significant dilihat dari segi kemampuannya sebagai patogen. Banyak debat dan kebingungan dalam penggunaan karakter untuk menentukan spesies tetapi bentuk- bentuk umum seperti morfologi koloni dan produksi struktur seperti sporangia dan oospora merupakan dasar dari taksonomi. Ada kemungkinan bahwa teknik molekuler akan menjadi metode terbaik untuk identifikasi di kemudian hari. Penyakit yang disebabkan oleh *Phytophthora* ini umum di daerah yang terdapat cukup air, walaupun hanya dalam periode waktu singkat, yang memungkinkan patogen menjadi aktif. *Phytophthora cinnamomi* merupakan spesies *Phytophthora* terbawa tanah yang sangat penting, tetapi spesies *Phytophthora* lainnya dapat menyebabkan penyakit pada kisaran inang yang luas.



Sporangium *Phytophthora* spp.



Anteridium dan oogonium *Pythium* (kiri) dan *Phytophthora* (kanan)



Hifa *Phytophthora cinnamomi*

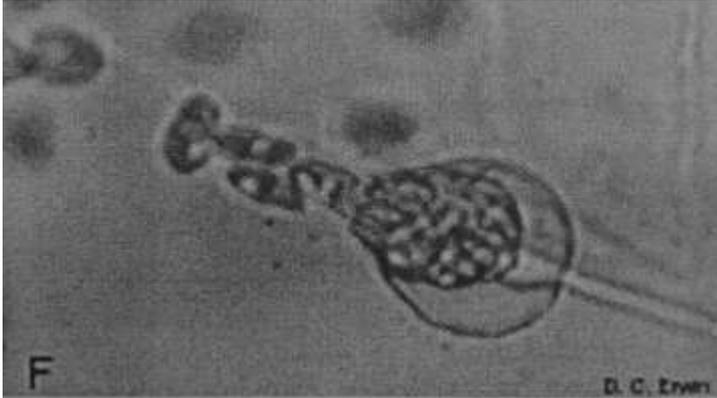
Sebaran Inang

Phytophthora sp. mempunyai sebaran inang yang luas dan menyerang hampir semua jenis tanaman. Beberapa spesies mempunyai inang yang luas tetapi spesies lainnya terbatas. Misalnya *P. cinnamomi* mempunyai inang paling luas di antara yang patogen, menyerang hampir semua famili tanaman. Inang-inangnya termasuk avokado dan masih banyak pohon yang lain. Banyak spesies lain dari *Phytophthora* menyebabkan busuk akar juga memiliki inang yang luas. *P. infestans* hanya menyerang tomat dan kentang.

Daur Penyakit

Spesies *Phytophthora* terbawa tanah membutuhkan kondisi tanah lembab dan suhu panas untuk menjadi aktif dan akan melepaskan zoospora kecil yang berenang untuk melekat ke dan menginfeksi akar (biasanya di belakang ujung akar). *Phytophthora* bertumbuh dengan cara merusak jaringan dan menyerap air serta nutrisi dari akar. Selanjutnya zoospora dihasilkan dalam sporangium, terutama jika tanah dalam kondisi lembab dan panas, dan dilepaskan ke tanah, sehingga jumlah zoospora meningkat agak cepat. Zoospora berenang dalam air dan dapat menginfeksi tanaman di sekitarnya, terutama pada miringan bagian bawah dari tempat infeksi. Spora tersebut dengan mudah ditransport dalam air badai, air irigasi, tanah dan peralatan yang terkontaminasi, alas kaki dan kendaraan. *Phytophthora* menghasilkan dua jenis spora, yaitu kladospora dan oospora, yang merupakan struktur bertahan jika kondisi lingkungan

tidak sesuai, seperti ketika sumber makanan berkurang, suhu rendah, atau kekeringan. Spora tersebut dapat bertahan selama periode waktu panjang, dan apabila kondisi lingkungannya cocok kembali maka ia akan berkecambah dan memulai siklus hidupnya lagi. Hal ini memungkinkan *Phytophthora* dapat bertahan pada jaringan tanaman mati selama beberapa tahun.



Pelepasan zoospora *Phytophthora* sp.

Epidemiologi

Spesies terbawa tanah *Phytophthora* membutuhkan tanah yang basah dan suhu yang hangat untuk menjadi patogen yang aktif. Mereka melepaskan zoospora dan menginfeksi akar, biasanya di belakang ujung akar. *Phytophthora* bertumbuh melalui akar dan merusak jaringan yang mengakibatkan akat tidak mampu mengabsorpsi air dan hara makanan. Zoospora lain diproduksi dalam sporangia terutama bilatanah basah dan hangat dan kemudian dilepaskan ke dalam tanah. Selanjutnya jumlah zoospora dapat bertambah dengan cepat. Zoospora berpindah ke air dan dapat menginfeksi tanaman tetangga terutama pada bagian bawah berdasarkan kemiringan tanah. Spora-spora ini dengan mudah dipindahkan oleh air hujan, drainase air, dan tanah yang terkontaminasi serta peralatan pertanian, sepatu dan alat pengangkut. Dua tipe spora lain yang dapat diproduksi yaitu klamidospora dan oospora, yang merupakan struktur bertahan hidup yang dihasilkan bila kondisi menjadi tidak cocok, seperti kekurangan makanan atau pada saat suhu rendah atau kekeringan. Spora-spora ini mampu bertahan

untuk periode yang cukup lama, dan apabila kondisi membaik mereka bergerminasi dan membaharui siklus hidup.

Dengan cara ini maka *Phytophthora* dapat bertahan pada jaringan tanaman yang mati selam

Pengendalian

Sampai saat ini belum ada satu metode sederhana untuk mengendalikan *Phytophthora*. Kombinasi cara sanitasi, pengelolaan hortikultura yang baik, penggunaan fungisida selektif dan perbaikan drainase tanah dapat digunakan untuk menghambat aktifitas *Phytophthora*.

Ada beberapa bentuk pengendalian yang tersedia untuk pengendalian busuk akar *Phytophthora*:

1. Menggunakan bahan tanaman yang bebas penyakit
2. Menghindari pergerakan bahan yang terinfeksi ke dalam perkebunan
3. Meyakinkan bahwa drainase tanah baik untuk menghindari terjadinya genangan air disekitar akar yang dapat mempercepat infeksi.
4. Pengendalian kimia. Fosfonat fosfat ternyata baik untuk mengendalikan Penyakit ini dalam berbagai situasi. Bahan kimia sudah digunakan untuk injeksi batang, penyemprotan daun atau dimasukkan dalam saluran.

Cara Pencegahan

Pembibitan : semua tanaman, jika memungkinkan, ditumbuhkan dalam campuran tanah yang disterilkan dengan uap panas (selama 30 menit pada suhu 60oC). Jika tidak memungkinkan untuk sterilisasi, gunakan tanah yaang bebas penyakit dan pastikan bahwa tidak akan terkontaminasi, misalnya oleh air yang mengalir diwaktu hujan deras atau oleh peralatan yang tidak bersih. Semua pot atau wadah bekas, sebelum digunakan harus bebas dari tanah dan disterilisasi dengn mencelupkan dalam desinfektan atau detergen. Lebih baik lagi mengeluarkan tanah dengan mencuci, sebelum pencelupan agar didapatkan daya bunuh jamur yang maksimal. Penting juga untuk mencuci peralatan (pisau pemotong, dan lain-lain) secara

teratur untuk menghindari setiap kemungkinan pemindahan jamur dari satu tanaman ke tanaman lainnya. Jangan membawa tanah yang terkontaminasi pada sepatu dan peralatan ke daerah pembibitan. *Phytophthora cinnamomi* dapat bertahan pada jumlah tanah yang sangat kecil selama jangka waktu panjang, oleh sebab itu kebersihan bedengan sangat penting. Idealnya semua tanaman yang akan ditumbuhkan, diletakkan pada jaring kawat yang tingginya minimal 30 cm di atas permukaan tanah; hal ini untuk meminimalkan percikan air, yang kemungkinan mengandung spora jamur, dari tanah ke tanaman. Apabila hal ini tak dapat dilakukan, tanaman dapat ditumbuhkan pada logam biru yang menahan air. Lokasi pembibitan dijaga tetap bersih serta bebas dari bahan tanaman mati dan sampah. Tanah campuran akan memungkinkan drainase baik; dianjurkan agar campuran tanah dalam pot memungkinkan udara mengisi 15 % ruang udara setelah diairi. Jika tanaman terinfeksi atau diduga akan terinfeksi, apabila memungkinkan diuji dengan hati-hati (tanpa mengkontaminasi tanaman lainnya) dengan gejala seperti menghitamnya akar rambutmuda, atau mengirim ke laboratorium untuk di diagnosis. Tanamanyang terinfeksi dan mati harus dikeluarkan secara hati-hati dan dibuang. Membakar tanaman terinfeksi atau membuag ditempat sampah merupakan metode yang sangat baik. Tanah pot yang terinfestasi harus dibuang secara hati-hati.

Kebun

Penyiapan tanah dan penambahan sejumlah bahan organik, seperti mulsa, pupuk hijau, dan kompos ke areal pertanaman merupakan hal penting tanpa memandang apakah tanah tersebut mengandung patogen (jika memungkinkan disesuaikan dengan spesies tanaman). Komponen tersebut akan meningkatkan mikroorganisme tanah, seperti jamur (misalnya, *Trichoderma*), aktinomisetes dan bakteri yang akan menekan aktifitas *Phytophthora* dan menghambat perkembangan penyakit. Mulsa juga meminimalkan kontak antara tanah dan alas kaki sehingga kurang potensial untuk transport tanah. Memelihara tingkat nutrisi agar pertumbuhan akar terangsang, tetapi jangan menggunakan campuran nutrisi yang tidak cocok sehingga dapat mengganggu tanaman (hati-hati dengan tanaman yang peka terhadap fosfat). Jika memungkinkan, lubang tanam dibuat agak besar

agar merangsang pertumbuhan akar yang cepat, dan dikombinasikan dengan nutrisi yang baik akan memungkinkan tanaman dapat mengkompensasi setiap kerusakan akar yang akan disebabkan oleh patogen. Jangan pernah menggunakan tugal untuk membuat lobang tanam karena teknik tersebut akan menghasilkan drainase yang jelek, sehingga meningkatkan perkembangan penyakit dan dapat membantu penyebaran patogen. Pastikan bahwa drainasenya baik untuk mencegah penggenangan air yang membantu tingkat serangan dan keparahan penyakit. Semua air yang mengalir dari tempat yang diketahui terinfeksi harus diarahkan ke selokan. Harus diingat bahwa air sangat mudah membawa zoospore dari *Phytophthora cinnamomi*.

Perlakuan Tanaman yang Terinfeksi

Cara terbaik untuk pengendalian busuk akar *Phytophthora* adalah penyemprotan, penyiraman atau injeksi tanaman dengan potasium fosfonat. Penting untuk dipastikan bahwa penggunaan bahan kimia ini dilakukan apabila tanaman diharapkan dapat mentransport secara aktif dari daun ke sistem perakaran. Perlakuannya dilaksanakan di akhir musim semi dan panas. Dengan cara ini, bahan kimia ditransport ke akar dimana ia dibutuhkan. Potassium fosfonat bekerja dengan cara meningkatkan kemampuan tanaman melawan patogen (ini tidak secara langsung beracun bagi pathogen). Penting juga untuk memperhatikan petunjuk pada label produk karena konsentrasi tinggi dapat beracun bagi tanaman.

Apabila menggunakan fungisida, penting untuk mencoba memperbaiki faktor fisik kultural agar tidak memperburuk pengaruh penyakit. Perhatian khusus harus selalu diberikan untuk memperbaiki drainase dan faktor tanah lainnya. Jika akan mengeluarkan atau menanam, jangan pernah memindahkan tanaman dari tempat yang terinfeksi ke tempat sehat. Apabila jenis tanaman tersebut memang diperlukan maka dapat diperbanyak dengan stek. Seperti dalam hal penanaman awal, penyiapan tempat, penambahan bahan organik dan memperhatikan drainase kesemuanya penting ketika akan menanam kembali. Jika mengeluarkan tanaman lama, hal penting yang harus diperhatikan adalah dikeluarkan sebanyak mungkin jaringannya, termasuk akar, karena pathogen dapat bertahan dalam jaringan hidup

dan mati selama bertahun-tahun. Akar yang mati dan bahan pangkasan harus dibuang secara hati-hati. Jangan menanam kembali di lobang tanam yang sama, pilihlah di bagian atas karena apabila menanam di bagian bawah dari tempat terinfeksi maka akan mendapat resiko terserang penyakit. Ingat bahwa tanpa bantuan maka gerakan *Phytophthora* ke bagian miringan atas sangat lambat dibanding gerakan ke miringan bawah.

Kebersihan : Sanitasi alat, mesin, dan sepatu merupakan cara yang sangat efektif membatasi penyebaran *Phytophthora cinnamomi*, sekop dan alat lainnya harus selalu dicuci bebas dari tanah sebelum dan antara penanaman, ini terutama penting jika akan berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Sepatu dan pakaian juga merupakan alat transportasi *Phytophthora*, karena tanah yang mengandung jamur dapat melekat pada sepatu. Prosedur sanitasi tampaknya membutuhkan waktu dan menjengkelkan, tetapi pencegahan dan pembatasan penyakit merupakan cara yang sangat efektif mengendalikan penyakit *Phytophthora*.

Busuk Jantung Nenas

Pendahuluan

Penelitian awal manunjukkan penyekab utama penyakit ini adalah *P. nicotianae* meskipun *P. cinnamomi*, dan *P. palmivora* jugatelah dii solasi dari jaringan tanaman yang sakit.

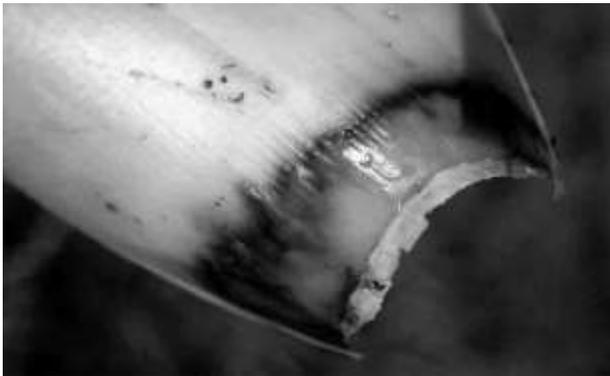
Gejala Penyakit

Penyakit jantung nenas dikarakterisasi oleh warna daun kuning-merah yang dapat dengan muda ditarik keluar dari tanaman dan dasar daun putih yang mengandung air bewarna abu- abu-merah dengan luka jejas melintang. Jejas ini berkembang perlahan dari dasar daun ke bagian atas.

Buah nenas yang busuk berbau busuk. Bila tanaman nenas mengembangkan busuk akar maka gejala di atas permukaan tanah termasuk pertumbuhan yang lambat dan hasil rendah.



Gejala busuk jantung Phytophthora



Dasar daun yang berair dan terinfeksi

Sebaran Inang

Tanaman inang dari *P. nicotianae* adalah nenas, tembakau, koklat, jambu mente, nangka, pepaya, kapsikum, sitrus, karet, ubi jalar, apel, ubi kayu, lada hitam, pistachio, jambu, sesame, terong, jagung dan masih banyak spesies yang lain.

Epidemiologi

Pada musim hujan penyakit ini mempunyai tendensi menjadi lebih serius. pH tanah yang tinggi mempromosi perkembangan penyakit. Penyakit ini jarang ditemukan di daerah dimana tanahnya berasam sulfat. Patogen ini dapat ditransmisikan melalui anak nenas, dan bila nenas ditanam untuk dua musim, insiden penyakit ini akan

lebih tinggi. Patogen ini dapat bertahan hidup dalam tanah atau dalam debris sebagai klamidospora selama beberapa tahun.

Klamidospora bergerminasi dan hifa menginfeksi akar atau daun muda dan jaringan batang. Infeksi berkembang dari akar dan ke bagian apeks batang, menyebabkan gejala busuk jantung. Patogen ini dapat berkembang melalui produksi zoospora dari sporangia apabila kondisi menjadi kondusif untuk produksinya. Dalam situasi ini penyakit dapat menyebar melalui pola irigasi.

Pengendalian

- Pastikan drainase tanah baik, terutama bagian bawah pertanaman.
- Tambahkan pupuk organik.
- Jangan menggunakan anak nenas dari tanaman yang sakit untuk bahan penanaman
- Bersihkan residu nenas dari tanah yang bertindak sebagai mulsa.
- Lakukan rotasi dengan tanaman yang resisten diantaranya tebu, jagung, kedelai, dan kacang tanah
- Rendamlah anak nenas ke dalam fungisida seperti Aliette dan Ridomil sebelum ditanam.

Gummosis pada Durian

Pendahuluan

Penyebab utama penyakit ini *Phytophthora palmivora*.

Gejala Penyakit

Gejala awal dan penting adalah adanya defoliasi, yang disebabkan oleh kanker yang mengelilingi batang dan cabang. Kanker batang tidak selamanya mudah dilihat pada bagian luar kulit kayu. Apabila kulit kayu dibuka dari bagian leher pohon, kayu kelihatannya berair dan berwarna abu-abu, terkadang dengan garis merah yang bertambah dalam pewarnaan bila tereksposur ke udara. Pada tingkat penyakit yang lebih parah cairan merah keluar dari kanker dan mengering menjadi deposit yang berkarat. Jaringan kortikal yang berwarna merah muda atau coklat muda menjadi lebih gelap berwarna coklat dan sering terlihat garis hitam. Busuk akar, busuk buah, kanker

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

dan gummosis batang dan cabang dapat terjadi sekaligus, menyebabkan kematian mendadak setelah 10-20 hari, tetapi pohon dapat bertahan hidup sampai setahun sesudah infeksi sebelum daun- daun gugur dan pohon mati.



Penyakit kemunduran kanopi pada durian



Kanker pada batang durian dan Gejala pada kulit kayu di bagian leher pohon durian

Sebaran Inang

Tanaman inang dari *P. palmivora* termasuk durian, nenas, kacang mende, nangka, kapsikum, pepaya, citrus, kelapa, yam, cengkih, ongan, ara, manggis, kapas, karet, tomat, apel, mangga, tembakau, avocado, lada hitam, jambu, terong, tomat, kakao dan vanilla.

Epidemiologi

Patogen ini dapat disebarkan dalam pot pencampur yang digunakan untuk propagasi bibit dan melalui pergerakan spora dalam tanah. Infeksi biasanya terjadi dari zoospora yang dihasilkan selama periode curah hujan tinggi, sehingga bila ada kandungan air yang tinggi dalam akar maka insiden penyakit ini akan lebih parah. Kelembaban yang tinggi meningkatkan insiden penyakit, seperti contoh bila tanaman peper hitam ditanam di bawah kanopi durian atau bila pohon-pohon ditanam dalam jarak sempit. Dalam kondisi kering, pohon dapat bertahan hidup dalam tanah yang terinfeksi karena patogen kurangaktif.

Pengendalian

- Hindarilah pergerakan tanah dan air yang telah terinfeksi dari lokasi tercemar ke lokasi yang masih bersih.
- Pasteurisasi tanah untuk persiapan bibit.
- Buatlah sistem drainase untuk mengeluarkan air tergenang di bawah pohon.
- Hindarilah menanam tanaman yang lain di bawah pohon durian, cegahlah gulma yang bertumbuh di sekitar dasar pohon dan buatlah jarak pada waktu penanaman untuk mengurangi kelembaban dan mencegah perkembangan penyakit.
- Tambahkan pupuk organik untuk meningkatkan kemampuan hayati dari tanah.
- Pengendalian kimia dapat dilakukan dengan mencat 2% Bordeaux mixture pada batang pohon atau menginjeksi dengan fosfonates. Jaringan kulit pohon yang sakit dapat dikeluarkan dan kayu yang terekspos diperlakukan dengan fungisida.
- Keluarkan buah yang sakit dari perkebunan untuk mereduksi inokulum.
- Pilihlah bibit yang resisten.

Gummosis pada Sitrus

Pendahuluan

Penyakit ini terdapat pada semua jenis sitrus yang disebabkan oleh dua *Phytophthora* species. *P. citrophthora* lebih menyukai tipe iklim Mediterranean di bawah 30°C, sedangkan *P. parasitica* (*P. nicotianae*) lebih aktif di daerah yang lebih panas dan lembab yaitu di atas 35°C.

Gejala Penyakit

Bagian gelap berair dan berkembang pada dasar batang pohon, dimana getah dapat keluar tergantung pada kultivar dan kondisi iklim. Pada penyakit yang sudah lebih parah, kulit kayu yang sakit dapat jatuh dan menunjukkan stain berwarna coklat pada bagian kayu yang sakit. Kulit kayu disekitar bagian yang sakit berwarna kuning dan lembut. Kulit kayu kemudian menjadi kering, dan pecah dan bagian dalam dari kulit kayu membusuk dan mulai berbau.

Pohon yang terinfeksi dapat berbuah banyak tetapi kualitas buah buruk karena adanya pengaruh kompetisi pada phloem. Daun- daun menguning, gugur dan pohon dapat mati, terutama bila jenis itu peka terhadap penyakit. Cabang-cnbang bagian atas biasanya lebih dulumati.

Sebaran Inang

Lemon dan jeruk besar sangat peka, sedangkan mandarin dan orange berdaun tiga sangat tahan.

Tanaman inang dari *P. citrophthora* termasuk sitrus, pepaya, carambola, kapsikum, chickpea, kakao, karet, tomat, avokado dan pistachio.

Tanaman inang dari *P. nicotianae* adalah nenas, tembakau, coklat, jambu mente, nangka, pepaya, kapsikum, sitrus, karet, ubi jalar, tomat, apel, ubi kayu, pepper hitam, pistachio, jambu, sesame, terong, jagung, dan jenis tanaman lainnya.

Epidemiologi

Jamur bertahan hidup dalam tanah untuk jangka waktu lama dan membutuhkan air untuk kelangsungan aktivitasnya. Penyakit ini

lebih cepat menyebar dari satu daerah pertanaman sitrus melalui bibit yang terinfeksi. Pancaran air hujan dapat menyebarkan patogen terbawa tanah ke bagian bawah pohon. Penyakit ini lebih mudah berkembang pada tanah yang memiliki aerasi yang kurang baik, kondisibasah, dan drainase yang kurang baik.

Pengendalian

- Pilihlah bibit yang tahan seperti bibit trifoliolate, mandarin varitas Cleopatra dan varitas lokal 'chap'.
- Tebaslah cabang-cabang bagian bawah sampai minimal 60 cm di atas permukaan tanah. Lakukan penyiangan gulma disekitar pohon untuk memperbaiki aerasi dan mempercepat pengeringan.
- Jangan membiarkan tanah menutupi pucuk pada saat penanaman atau kultivasi.
- Stok di tempat pembibitan harus dipropagasi di rumah kaca, di atas meja 35-40 cm di atas permukaan untuk menghindari penyebaran penyakit di sekitarnya.
- Jaringan yang telah terinfeksi harus dikeluarkan dan luka dicat dengan fungisida.
- Pemangkasan sederhana sebelum musim semi dan air yang cukup serta pupuk akan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Strip Hitam pada Karet

Pendahuluan

Phytophthora palmivora dan *P. meadii* merupakan penyebab penyakit strip hitam yang juga dikenal penyakit benang hitam.

Gejala Penyakit

Secara superficial gejala dapat dibingungkan oleh luka sadapan, dimana terdapat daerah pada kulit kayu di atas potongan sadapan yang berubah warna melengkung ke dalam. Pada tingkat yang lebih parah, terjadi fisur vertikal dari kulit kayu dan bila kulit kayu dikupas, terlihat garis-garis hitam memanjang ke bawah dari potongan sadapan (tapping cut).

Sebaran Inang

Tanaman inang dari *P. palmivora* adalah durian, nenas, jambu mete, nangka, kapsikum, pepaya, citrus, kelapa, yam, taro, cengkih, ongan, ara, manggis, kapas, tomat, apel, mangga, tembakau, avokado, pepper hitam, jambu, terong, tomat, coklat, dan vanilla.

Epidemiologi

Sporangia disebarkan oleh arus udara lembab sehingga dapat tersebar luas di waktu hujan ringan dan oleh angin. Penggunaan pisau penyadap juga merupakan salah satu alat penyebar patogen.

Pengendalian

Merendam pisau penyadap dalam cairan sabun atau fungisida sebelum dipakai akan mengurangi penyebaran penyakit. Pohon yang terinfeksi seharusnya tidak disadap sampai cuaca menjadi kering. Pengendalian kimia dapat menggunakan Phosphonates.

Hawar Phytophthora Blight pada Taro

Pendahuluan

Phytophthora colocasiae adalah patogen utama daun yang memiliki inang yang terbatas, tersebar di seluruh daerah pertanian taro di Asia yang memakai bahan propagasi vegetatif dan di dalam tanah.

Gejala Penyakit

Daun-daun akan mengembangkan bintik berbentuk bulat berukuran 2 mm sampai 2 cm bewarna coklat dan berair pada bagian dalam dan samping daun. Bintik-bintik ini lama kelamaan membesar dan menjadi coklat tua dengan pinggiran kuning. Pertumbuhan putih dapat terlihat di sekitar bintik dan eksudat warna kuning sampai merah dikeluarkan pada bagian tengah dari bintik-bintik tersebut. Cairan ini menjadi gelap, mengeras dan kering.

Pada tingkat yang lebih parah dari penyakit ini, bintik berbentuk irregular dapat menutup sebagian atau seluruh bagian daun, dan daun tetap melekat pada pohon.

Rhizome dapat juga terinfeksi pada pasca panen bila kondisi tempat penyimpanan kurang baik.



Gejala penyakit pada tanaman taro

Sebaran Inang

P. colocasiae menyebabkan hawar pada taro (*Colocasia esculenta*) dan yam (*Alocasia* spp.), tanaman rhizome yang merupakan makanan tambahan bagi negara-negara berkembang.

Epidemiologi

Sporangia dihasilkan pada kondisi basah dan disebarkan oleh pancaran air hujan. Infeksi biasanya mulai apabila ada air tergenang pada permukaan daun, pada suhu siang hari antara 25 dan 28°C, malam hari 20-22°C dan periode musim hujan, serta kondisi lembab. Patogen hidup pada sisa-sisa tanaman yang terinfeksi dan rhizome, menghasilkan oospora dan klamidospora untuk mempertahankan inokulum dalam tanah.

Pengendalian

Bakarlah daun-daun yang terinfeksi dan keluarkan corm (batang akar) dari dalam tanah sesudah panen untuk mencegah keberlangsungan hidup patogen. Untuk menurunkan kelembaban dan penyebaran penyakit diantara tanaman, hindarilah penanaman di tempat yang bernaungan. Lakukan intercropping dengan tanaman resisten dan perbesar jarak tanam. Penyemprotan dengan Copper oxychloride atau aplikasi Bordeaux mixture pada bagian daun juga

dapat bermanfaat. Merendam batang akar dalam 1% sodium hypochlorite dapat menekan busuk pasca panen, apabila dikeringkan dahulu sebelum disimpan.

Layu Cepat Lada Hitam

Pendahuluan

Penyakit ini dikarakterisasi oleh adanya pelayuan yang cepat dan penguningan tanaman yang disebabkan oleh busuk akar.

Gejala Penyakit

Penyakit mula-mula menunjukkan sedikit gejala layu pada bagian yang merambat. Daun kemudian menjadi warna hijau muda, batang merambat terkulai, daun mengeriting ke dalam, menjadi kuning dan gugur prematur. Sesudah daun gugur, buah menjadi kering. Setelah 7-14 hari hampir semua daun telah gugur, menyebabkan terjadinya pembusukan pada akar utama dan girdling batang bagian mahkota. Infeksi akar biasanya tidak jelas kelihatan sampai daun mulai menguning.

Sebaran Inang

P. capsici adalah patogenik pada lada hitam (*Piper nigrum*) dan betle (*Piper betle* L.).

Epidemiologi

Patogen bertahan hidup pada sisa-sisa tanaman yang sudah mati dan infeksi terjadi melalui akar utama. Infeksi daun dapat terjadi dengan pancaran air hujan yang menyebarkan inokulum dari dalam tanah. Penyakit ini lebih berbahaya pada musim basah, gejala biasanya terlambat muncul apabila suhu tetap di atas 28°C. Tanah yang mengandung bahan organik rendah memiliki insiden penyakit yang lebih tinggi.

Pengendalian

- Tanamlah pada tanah yang mempunyai drainase baik yang telah bebas penyakit sekurang-kurangnya satu tahun.

- Perlakukan tanah dengan fungisida yang mengandung tembaga seperti Bordeaux mixture sesudah mengeluarkan tanaman sakit dan sisa-sisa tanaman.
- Tambahkan bahan organik pada tanah.

Plasmodiophora brassicae

Akar Pekuk pada Krusifer

Pendahuluan

Busuk akar klub disebabkan oleh *Plasmodiophora brassicae* dan menyerang tanaman krusifer, umumnya pada kondisi sejuk. Akar tanaman yang terinfeksi membengkak dan kemudian menjadi busuk, sering mengakibatkan matinya tanaman.

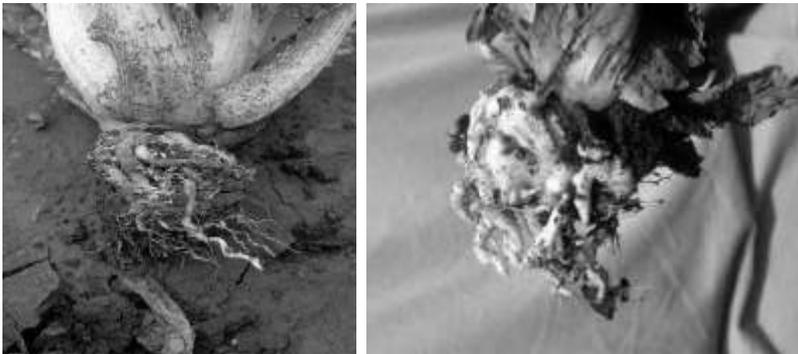
Gejala Penyakit

Gejala awal dari penyakit ini adalah tanaman menjadi layu di siang hari yang panas. Pembengkakan berkembang di bagian bawah tanah tanaman, termasuk akar sadap, akar pemakan (feeder root) dan batang di bagian bawah tanah. Pembengkakan pada tanaman yang terinfeksi mempunyai bentuk yang bervariasi. Sering berbentuk gelendong (spindle) atau seperti tinju (fist-like). Pembengkakan lebih besar pada akar sadap dan lebih kecil pada akar-akar sekunder. Pada awalnya teksturnya kuat, kemudian mengerut, membusuk dan menjadi coklat tua, lembut serta berbau busuk. Akar-akar yang terinfeksi sering membusuk sebelum akhir musim, dan pembusukan lebih cepat pada musim hujan. Pembusukan biasanya mulai dari bagian sistem akar bagian bawah. Selanjutnya menjadi layu dan tanaman kolaps setelah akar yang membengkak menjadi busuk.

Puru akar nematoda menyebabkan gejala yang sama, tetapi pembengkakan biasanya lebih kecil dan lebih tersebar merata pada akar lateral.



Gejala di lapang



Bentuk akar klub

Deskripsi Patogen

Plasmodiophora brassicae adalah organisme seperti jamur pada *Plasmodiophoromycetes* dalam kerajaan *Protozoa*. Jenis ini berhubungan erat dengan jamur Lumpur (*slime moulds*) dan berbentuk obligat endoparasit. Bagian utama dari tubuh disebut plasmodium yang menghasilkan zoospora dalam sporangia dalam air tanah bebas.

Sebaran Inang

Tanaman dalam famili krusifer peka pada jamur ini terutama kubis, juga kubis bunga, brokoli, kubis rabi, petsai, sawi dan tembakau.

Epidemiologi

Patogen ini sangat aktif di tanah-tanah yang dingin, basah dan bersifat asam. Jamur ini masuk melalui rambut atau bagian akar yang terluka. Bila akar yang terinfeksi berdekomposisi, spora- spora dikeluarkan melalui akar dan organisme ini menyebar bila tanah-tanah tersebut dipindahkan. Hal yang sama dapat terjadi pada bibit yang telah terinfeksi di saat transplantasi, di dalam tanah, dengan peralatan pertanian, dan melalui pergerakan air. Setelah masuk ke dalam tanah, dapat hidup dalam jangka waktu yang sangat lama. Patogen in berkembang baik pada kelembaban tanah yang tinggi dan suhu antara 18 dan 25°C.

Dalam air tanah yang bebas, spora istirahat bergerminasi untuk menghasilkan zoospora yang berflagela dua. Spora-spora motil ini bertanggung jawab untuk fenetrasi akar dan membentuk plasmodia dalam sitoplasma inang. Plasmodia menghasilkan zoosporangia dan membentuk 6-8 zoospora. Zoospora sekunder menginfeksi kembali inang untuk menghasilkan plasmodia sekunder pada sel korteks. Pada saat ini terlihat gejala akar klub. Plasmodia kemudian membentuk spora istirahat yang dalam dekomposisi jaringan akar inang bertahan hidup dalam tanah selama 7-15 tahun.

Pengendalian

Harus yakin bahwa tanah pe semaian telah secara efektif dipasteurisasi atau sterilisasi sebelum penanaman bibit. Bibit-bibit harus diperiksa untuk adanya gejala sebelum dipindahkan terutama bila dibeli dari luar. Biarkan tanah tidak ditanami krusifer selama 3-4 tahun. Pengeluaran gulma dari famili krusifer akan membuat rotasi tanaman lebih efektif untuk mengurangi penyakit.

Pemberian kapur dapat mengurangi penyakit. Jumlah yang dibutuhkan akan tergantung pada pH tanah. Penggunaan 4 ton/ha merupakan praktek yang umum dilakukan, tetapi sebaiknya dilakukan percobaan di lokasi untuk menentukan apakah membutuhkan kapur atau tidak. Kapur memberikan dampak yang terbaik sekurang-kurangnya 6 minggu sebelum penanaman agar pH sudah berubah secara signifikan. Agar kapur tercampur dengan baik dalam tanah, perlu dilakukan pada akhir musim panas disaat tanah sangat kering. Kapur hidrasi mungkin lebih mudah untuk dicampur dari pada bentuk-

bentuk yang lain. pH tanah harus dinaikkan sampai 7.3. Penambahan kapur yang terlalu banyak akan mengganggu absorpsi hara yang lain, jadi lebih baik untuk mengecek pH sebelum diaplikasi kembali pada tahun berikutnya. Kesesuaian pH juga harus memperhatikan tanaman lain dalam rotasi.

Pythium

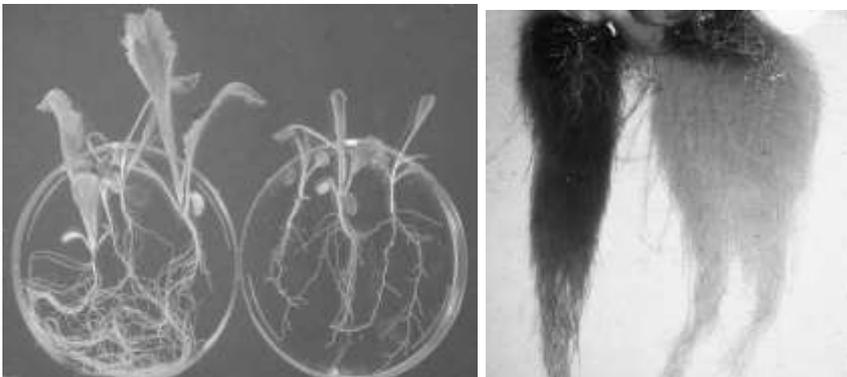
Rebah Kecambah dan Busuk Akar

Karakter-Karakter Kunci

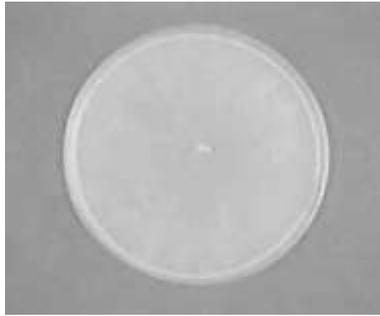
- Biji dan akar kecambah yang terinfeksi menjadi basah dan terurai cepat.
- Bibit yang menunjukkan gejala setelah muncul mati dengan cepat.
- Penyakit ini banyak di bedeng-bedeng tinggi yang basah

Pendahuluan

Ada banyak spesies *Pythium* dengan spesifitas inang dan patogenitas yang berbeda. Penyakit dapat timbul sebagai busuk biji, sebelum dan sesudah pemunculan rebah kecambah dan infeksi akar serta batang dari tanaman yang masih muda. Patogen ini bertambah pada tanah basah dengan irigasi berlebihan, drainase buruk, dan kelembaban yang tinggi.



Pythium damping off dan root rot symptoms pada lettuce



Kultur *P. ultimum*

Gejala

Rebah kecambah diexpresikan dalam bentuk klorosis kotiledon dan daun, dan kemudian busuk berair terlihat pada akar sadap yang berada dekat atau pada permukaan tanah. Bila akar terurai stele tetap utuh dan hanya meninggalkan untaian putih, yang kemudian diikuti oleh kematian kecambah. Pada kecambah kedelai, *P. ultimum* Trow menyebabkan busuk basah, dimana *P. debaryanum* Hesse menyebabkan bintil kecil, kering dan hitam pada kotiledon. Tanaman yang memiliki sistem perakaran yang rusak dapat bertumbuh terustetapi kerdil dalam berbagai tingkatan pertumbuhan. Apabila tanaman bawang terinfeksi sesudah perkecambahan mereka menjadi kerdil dan daun menguning dari bagian atas ke bawah. Pada busuk akar tanaman yang sudah dewasa, akar feeder mati, dan bintik-bintik berukuran panjang 2cm berkembang pada akar lateral. Tanaman menunjukkan gejala di atas permukaan tanah yaitu menjadi layu, klorosis dan nekrosis. Penyakit tersebar di sepanjang sulur (runners). Pada busuk akar kukurbita, buah yang terekspos pada matahari mengerut dan menurunkan mutu. *P. aphanidermatum* (Edson) Fitzp. menyebabkan busuk tangkai jagung pada internoda dekat permukaan tanah pada saat pembentukan tassel. Daerah penyakit bewarna coklat, lembut, basah dan rusak. Tangkai dapat terputar. Tanaman dapat tetap hijau selama beberapa minggu sesudah infeksi karena jaringan vaskulernya tidakterganggu. Busuk berair pada tomat terjadi karena invasi pada bagian luka oleh *P. ultimum* dan *P. debaryanum*. Jaringan yang terinfeksi berbentuk sponge, basah, berubah warna.

Patogen

Pythium masuk dalam ordo Peronosporales dalam kelas Oomycetes. Pythium menghasilkan miselium putih yang bertumbuh cepat dan membentuk sporangia. Sporangia dapat secara langsung bergerminasi dengan memproduksi satu atau beberapa tabung kecambah atau hifa dengan vesikel pada bagian ujung. Dari vesikel dikeluarkan 100 atau lebih zoospora, mereka membentuk sista dan kemudian bergerminasi. Tabung germ yang dihasilkan dari germinasi dapat memasuki jaringan inang untuk menginisiasi infeksi atau menghasilkan vesikel yang lain untuk melanjutkan siklus hidup zoospora. Anteridia berbentuk klub dihasilkan dari miselium dan membentuk tabung germ yang masuk ke sperikel oogonia sampai terjadi fertilisasi. Dinding oogonium menebal untuk membentuk oospora. Dari oospora terbentuk sporangia dan siklus hidupnya terulang lagi.

Taksonomi dan Filogeni Pythium

Pythium Pringsheim termasuk genus Pythiaceae Schroter, dan ditempatkan dalam ordo Pythiales, kelas Oomycetes. Dalam tinjauan genus Pythium (Plaaats-Niterink, 1981) dikenal 87 spesies, dengan 61 spesies terbawa tanah bersifat patogen tanaman. Tinjauan lain mendeskripsikan lebih banyak (>180 spesies oleh Waterhouse, 1968; dan < 120 spesies oleh Dick, 1990). Pythium sp. terutama menyerang jaringan muda atau sukulen dan menyebabkan busuk biji, rebah kecambah, busuk akar, dan busuk sayuran (Hendrix and Campbell, 1973). Beberapa spesies bersifat akuatik, tumbuh secara saprofit pada bahan tanaman yang membusuk atau bangkai serangga. Beberapa spesies memarasit ganggang, jamur, hewan, dan manusia (Middleton, 1943; Bissonette et al, 1991; Deacon et al.,1991).

Pemisahan taksonomi spesies, sebagian besar berdasarkan ciri-ciri struktur reproduksi seksual (oogonium, anteridium, dan oospora) dan aseksual (sporangium). Medium agar tepung jagung (Corn Meal Agar) dan wortel kentang (Potato Carrot Agar) secara umum digunakan untuk penentuan taksonomis. Cawan kultur yang digenangi atau agar blok dibutuhkan untuk menghasilkan spongarium (Plaats-Niterink, 1981). Oogonium (organ betina) berbentuk bulat (spherical) sampai limoniform dengan dinding luar licin atau

mempunyai tonjolan (duri). Anteridium (organ jantan) terdiri dari sel tunggal, yang dapat bertangkai atau sessile pada hifa vegetatif. Sel anteridium menyentuh oogonium. Oospora (sel zigotik) berkembang setelah karyogami inti induk. Penebalan dinding selnya terjadi dalam dinding oogonium. Oospora plerotik memenuhi seluruh oogonium sedangkan oospora aplerotik meninggalkan/ menyisahkan ruang antara dindingnya dan dinding oogonium. Biasanya hanya terbentuk satu oospora dalam satu oogonium. Letak struktur seksual tersebut pada hifa mempunyai nilai taksonomis. Anteridium disebut monoklinus apabila mereka berasal dari tangkai oogonium, atau deklinus apabila berasal dari hifa berbeda yang tidak berhubungan erat dengan oogonium. Anteridium hypoginus terjadi jika bagian dekat tangkai oogonium menjadi anteridium. Beberapa *Pythium* sp, bersifat heterothalik (Campbell and Hendrix, 1967), yang berarti bahwa isolat hanya dapat menghasilkan anteridium atau oogonium. Masing-masing organ seksual terbentuk hanya di daerah kontak antara pasangan kultur strain yang sesuai.

Struktur reproduksi aseksual adalah sporangium, yang di dalamnya berisi zoospora. Umumnya sporangium dan zoospora hanya dihasilkan dalam keadaan basah. Sporangium dapat berbentuk benang atau bulat (globose). Sporangium bentuk benang tak dapat dibedakan dari hifa vegetatif atau sedikit/ sangat menggelembung. Sporangium yang agak menggelembung dan bercabang disebut dendroid dan apabila sangat gembung dan bercabang mereka membentuk cuping atau menyerupai kompleks genus *Torula*.

Pada kondisi lingkungan yang cocok (biasanya lingkungan berair) sporangium melepaskan protoplasma melalui tabung pelepasan (discharge tube) ke suatu kantong yang disebut vesikel. Zoospora dideferensiasi dalam vesikel. Ketika sudah matang mereka mulai bergerak dalam vesicle yang akhirnya pecah dan melepaskan zoospora. Tiap zoospora mempunyai dua flagella, yaitu tipe cambuk dan tipe cambuk berumbai. Flagela tersebut akhirnya hilang dan zoospora menjadi cyst dengan membentuk dinding cyst. Zoospora yang menjadi cyst kemudian berkecambah membentuk sporangium yang dapat atau tidak berkembang secara internal. Perkembang-biakan terjadi apabila sporangium baru tumbuh dalam dinding sporangium yang kosong, atau

jika hifa tumbuh menembus sporangium kosong dan tabung pelepasan membentuk sporangium baru di luar yang lama.

Terdapat juga struktur lain berbentuk globose yang sulit dibedakan dari sporangium muda atau oogonium, tapi secara langsung berkecambah membentuk hifa vegetatif dan tidak menghasilkan zoospora atau terealisasi oleh oogonium. Struktur vegetatif tersebut disebut hifa bengkak (*hypal swellings*). Struktur reproduksi aseksual yang berdinding tebal (*klamidospora*) jarang ditemukan pada genus ini, kecuali pada dua spesies. Apresorium yang muncul dari hifa vegetatif pada kultur agar melekat ke permukaan petridish. Asperosium dapat berbentuk *clavate*, *sub-globose*, *falcate*, atau *saccate* dan dapat terjadi secara tunggal atau tergabung satu sama lain dalam bentuk rantai atau kelompok.

Penempatan taksonomi dan filogenetik *Pythium*, dalam sejarahnya, telah mengalami banyak perbaikan. Genus *Pythium* ditetapkan oleh Pringsheim pada tahun 1858, berdasarkan pada dua spesies air, *P. monospermum* dan *P. entopylum*. Pada tahun 1881 de Barry memindahkan *Pythium* ke famili *Peronosporaceae* bersama *Phytophthora* karena mempunyai banyak kesamaan morfologi. Fischer (1892) membagi *Pythium* dalam tiga subgenus: *Sphaerosporangium*, sporangiumnya berbentuk (*sub*) *globose*, atau berbentuk lemon yang dipisahkan dari hifa vegetatif oleh suatu sekat, *Aphragmium*, dan *Nematosporangium* yang sporangiumnya berbentuk benang. Schroter (1893) membuat famili baru, *Pythiaceae*, dan menempatkannya dalam *Saprolegniales*. Butler (1907) mempublikasikan monografi mengenai *Pythium* dan memasukkan *Nematosporangium* dan *Aphragmium* dalam satu subgenus dengan nama *Aphragmium*. Kemudian para ahli (Mattews, 1931; Middleton, 1943; Waterhouse, 1968 dan Plaats-Niterink, 1981) tidak membedakan taksa infragenetik dalam kunci mereka mengenai genus *Pythium*.

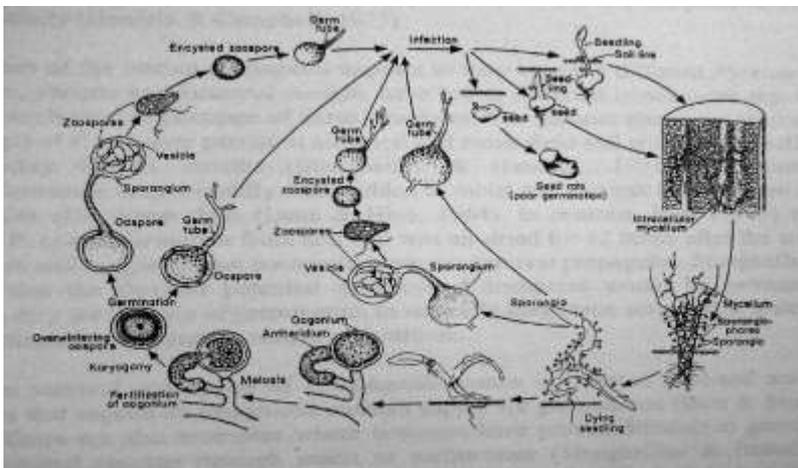
Pada dekade akhir, hasil kajian fisiologi dan biokimia telah membantu kriteria morfologi dalam penempatan filogenetik *Pythium* dan *Oomycetes* lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Oomycetes* bukan merupakan jamur sejati. Sifat kimia dinding hifa *Oomycetes* unik di antara jamur. Kajian menunjukkan bahwa dinding sel *Oomycetes* terutama terdiri dari β -glucan, mengandung sedikit selulosa dan umumnya sama sekali tidak memiliki chitin (Novaes-Ledieu, Jimenez-

Martines and Villaneuva, 1967). Keberadaan asam amino hidroksiprolin dalam dinding sel (Bartinicki-Garcia, 1966), adanya krista berbentuk tabung dalam mitokondrianya dan sintesis lysine melalui jalur asam diaminopimelat (Powell, Lehen and Bortnick, 1985) juga membedakan Oomycetes dari jamur lain dan menunjukkan suatu hubungan erat dengan kelompok ganggang, seperti Xanthophytes (ganggang hijau kuning) dan Chrysophytes (ganggang cokelat emas). Tingkat keasaman yang tinggi antara urutan DNA dan RNA ribosom subunit kecil daerah kode Oomycetes, *Achlya bisexual* Coker dan Couch dengan Chrysophyte, *Ochromonas danica*, juga menunjukkan hubungan erat dengan keturunan kelompok ganggang (Gunderson et al., 1987). Berdasarkan bukti ini maka *Pythium* ditempatkan dalam ordo Pythiales (Klas Oomycetes; filum Oomycota) dalam kingdom ganggang, Chromista (Dick, 1989).

Data dari survei besar (Hendrix and Campbell, 1973) telah menimbulkan keraguan mengenai karakter morfologi yang digunakan untuk memisahkan taksa *Pythium*. Kajian Dick and Ali-Shtayeh, (1986) mempertanyakan keakuratan penamaan isolat dengan sifat morfologi yang sangat bervariasi. Penulis tersebut menyatakan bahwa lebih dari 60 spesies diketahui hanya berdasarkan deskripsi asalnya atau dari beberapa peristiwa. Dalam kajian lapangan, mereka mengidentifikasi 45 taksa dengan 5 spesies baru. Hal yang sama, kajian taksonomi isolat *Pythium* dari gandum di Amerika Serikat (Chamswarg, 1984) menghasilkan 12 spesies dengan dua spesies baru. Hal ini menunjukkan bahwa dalam setiap kajian taksonomi *Pythium*, dalam hubungannya dengan penempatan suatu isolat ke taksa yang ada, apabila ditemukan sifat morfologi bervariasi maka akan ditemukan spesies yang belum dideskripsi sebelumnya (spesies baru).

Perbedaan Phytophthora dan Pythium

Karakteristik	Phytophthora	Pythium
Bentuk sporangium	<i>Ovoid</i> atau <i>obpyriform</i>	Benang, bulat, atau ovoid
Posisi sporangium	Terminal	Terminal atau interkalar
Penebalan ujung sporangium	Ya	Tidak
Kadusitas sporangium	Sering	Selalu persisten
Diferensiasi zoospora	dalam sporangium	dalam vesikel
Hifa	Kasar dan kaku	Halus dan lentur
Antheridium	Amphi-atau paraginus	Para-atau hypoginus
Oogonium	Plerotik atau aplerotik	Plerotik atau aplerotik
Klamidospora	Ya	Ya
Pembengkakan hifa	Ya	Jarang
Sensitif terhadap Hymexazole	Sebagian besar tidak	Sebagian besar ya
Spesivitas inang	Spesifik atau kisaran inang luas	Spesifik inang jarang



Siklus Penyakit Rebah Kecambah dan Busuk Biji yang disebabkan Pythium spp. (Agrios, Plant Pathology 4th Ed. Academic Press)

Strategi Bertahan Hidup *Pythium* sp. dan Pengaruh Jumlah Propagulnya

Pythium sp. bertahan hidup dalam tanah dengan membentuk struktur istirahat (oospora, hifa bengkak, klamidospora dan zoospora cyst) dan dengan pertumbuhan saprofit pada substrat organik. Jamur ini bukan pesaing kuat, oleh sebab itu pertumbuhan saprofit secara umum terbatas pada kondisi lingkungan spesifik yang menekan organisme lain (Hendrix and Campbell, 1973). Tanah yang mempunyai kepadatan tinggi akan menekan aktivitas saprofitik dan patogenik *Pythium* sp. (Kerr, 1964). Suhu dan kelembaban tanah merupakan faktor utama dalam mengendalikan pertumbuhan saprofit beberapa *Pythium* sp. (Mircetich, 1971). *P. ultimum* toleran terhadap kelembaban tanah yang tinggi dan pertukaran gas yang jelek sehingga kondisi ekologi yang demikian menguntungkan mereka dibanding organisme yang lain (Griffin, 1963). Aktivitas saprofitik *P. irregulare* dan *P. vexans* dibantu oleh tingkat karbon dioksida yang tinggi (Gardner and Hendrix, 1973).

Apabila tanah dari lapang disimpan pada suhu yang berbeda maka dapat diduga bahwa populasi spesies yang mempunyai suhu optimum tinggi akan meningkat sedangkan spesies dengan suhu optimum rendah akan menurun (Golden, Powell and Hendrix, 1972). Eksudasi dari akar kacang polong jauh lebih banyak pada kelembaban tanah yang tinggi dan busuk benih yang disebabkan oleh *Pythium* berkorelasi dengan kelembaban tinggi dan peningkatan eksudasi benih (Kerr, 1964). Survai yang dilakukan oleh Dick and Ali-Shtayah (1986) ditemukan bahwa pH tanah yang rendah berkorelasi dengan kepadatan propagul *Pythium* yang rendah pada tanah yang ditanami dan tidak ditanami, sedangkan kelembaban dan kandungan bahan organik pada tanah yang diuji tidak berpengaruh. Percobaan in vitro didapatkan bahwa *P. Irregulare* dapat tumbuh pada kisaran pH yang luas, minimum antara pH 3 dan pH 4 (Bratoloveanu, 1985). Faktor lainnya yang mempengaruhi daya tahan saprofitik *Pythium* sp. meliputi komposisi kation dan intensitas cahaya (Hendrix and Campbell, 1973).

Sifat propagul istirahat tampaknya bervariasi diantara spesies *Pythium*. Beberapa percobaan yang dilakukan telah memberikan kesimpulan yang berbeda sehubungan dengan kebutuhan ekologi dari struktur propagule tersebut. Sporangium globose (dan/ atau hifa bengkak) *P. ultimum* bertahan dalam tanah lembab dan tanah kering angin selama 11 bulan tanpa kehilangan viabilitasnya (Stanghellini and Hancock, 1971). Zoospora *P. aphanidermatum* akan membentuk cyst apabila ditambahkan ke tanah lembab dan dapat diperoleh kembali sebagai propagul viable setelah 7 hari (Luna and Hine, 1964). Berbeda dengan Burr (1973) yang tidak dapat mengisolasi kembali *P. aphanidermatum* dari tanah yang dikering-anginkan selama 12 jam setelah penambahan zoospora dan dinyatakan bahwa zoospora bukan propagul bertahan. Stanghellini (1974) berpendapat bahwa potensi bertahan hidup zoospora yang membentuk cyst sangat pendek karena dapat berkecambah dalam tanah fungistatis alami dan dalam air tanpa penambahan sumber nutrisi eksogenus.

Satu-satunya propagul bertahan *P. aphanidermatum* dalam tanah yang terinfestasi adalah oospora dorman yang membutuhkan suplai nutrisi eksogenus untuk berkecambah (Burr and Stanghellini, 1973). Oospora juga telah terbukti sulit berkecambah dan untuk berkecambah memerlukan keong atau cacing tanah (Stanghellini & Russell, 1973). Oospora berdinding tebal dari *P.ultimum* secara endogenus dorman tapi pada lingkungan yang tergenang akan berubah menjadi Oospora berdinding tipis yang 97- 100 % akan berkecambah dalam 2 jam. Dalam percobaan tersebut, konversi dari dormansi diimbas oleh air (Lumsden and Ayers, 1975).

Isolasi *Pythium* dari Tanah, Air dan Tanaman

Berbagai antibiotik dapat digunakan untuk isolasi selektif *Pythium* dari tanah, air, dan bahan tanaman. Antibiotik polyene, pimaricin, telah digunakan secara luas dalam bahan medium selektif untuk menghambat semua Ascomycetes dan Basidiomycetes. Singh and Mitchell (1961) yang pertama mengembangkan medium agar selektif mengandung Pimaricin untuk isolasi langsung dan perhitungan *Pythium* sp. dari tanah berdasarkan keberhasilan demonstrasi bahwa bahan kimia ini berguna untuk isolasi selektif *Phytophthora* sp. dari jaringan tanaman (Eckert and Tsao, 1960: Hensen, 1960). Fungisida

quintosen (pentachlornitrobenze) (PCNB) ditemukan menghambat pertumbuhan *Rhizopus* sp. dan *Penicillium* sp. tanpa memengaruhi perolehan atau laju pertumbuhan *Pythium* sp (Singh and Mitchell, 1961). Dalam pengujian jamur tanah ternyata pertumbuhan bakteri ditekan oleh sejumlah antibiotik. Banyak kombinasi antibiotik telah digunakan dalam medium selektif *Pythium* (Tsao, 1970), tetapi tidak semua antibiotik dalam medium tersebut berguna untuk percobaan kuantitatif. Sebagai contoh, streptomycin ternyata dapat menekan laju pertumbuhan miselium beberapa *Pythium* sp. Vaartaja and Agnihoti, (1969) dan McMeekin, (1978) membandingkan 15 medium selektif yang berbeda menunjukkan bahwa hasil terbaik yang dicapai dalam pengujian tanah yaitu dengan MPVM (agar tepung jagung yang ditambah agar, sukrosa, elemen minor, thiamine, rose bengal, pimaricin, PCNB, dan vancomycin) (Mircetich and Kraft, 1973). Variasi medium ini dilakukan dengan mengurangi antibiotik dan menambah penicillin (Ali-Shtayeh, Ho and Dick, 1986). Dalam pengujian tanah didapatkan bahwa medium VP3 ini efisien seperti MPVM tetapi jauh lebih murah karena vancomycin yang digunakan lebih sedikit. Jefers and Martin (1986) membandingkan medium selektif yang mengandung vancomycin dengan medium yang mengandung kombinasi penicillin dan ampicillin. Mereka menemukan bahwa kombinasi penicillin dan ampicillin sangat menekan pertumbuhan bakteri kontaminan, dan dapat digunakan untuk membedakan dan mendeteksi jumlah *Pythium* dan *Phytophthora* dalam pengujian tanah. Perlu diketahui bahwa perhitungan koloni *Pythium* sp. yang tumbuh pada medium agar selektif tidak selamanya menggambarkan secara lengkap atau aktual profil keberadaan *Pythium* sp (Hendrix and Campbell, 1973). Medium selektif di atas ternyata tidak menunjang pertumbuhan propagul tanah dari sekelompok spesies yang erat hubungannya, seperti patogen serealia ; *P. graminicola* (Schmitthenner, 1980 dan Croft, 1987), *P. aristosporum* dan *P. volutum* (Chamswarnng, 1984)

Beberapa contoh *Pythium* sp. untuk Pengujian Laboratorium

P. acanthicum yang dicirikan oleh oogonium dengan tonjolan berbentuk kerucut pendek (panjang $<5\mu$), hifa vegetatif relatif sempit (diameter $<5\mu$) dengan percabangan pendek dan tegak lurus serta

sporangium globose dengan elemen hifa bengkak yang berdekatan. Oospora dapat juga berkecambah secara langsung membentuk zoospora. Beberapa sifat morfologinya mirip dengan *P. oligandrum*, *P. acanthophoron*, dan *P. echinulatum*.

Beberapa isolat *P. acanthicum* ditemukan bersifat patogen terhadap banyak inang (Misalnya tomat, semangka, terong, kacang pendek (French beans) sedangkan yang lain tidak patogen. Ada laporan yang menyatakan bahwa spesies ini bersifat mycoparasit dan pengendali biologi yang efektif.

P. aphanidermatum termasuk patogen penting tanaman yang beradaptasi dengan suhu panas (laju pertumbuhan optimum antara 35-40o C). Jamur ini dicirikan oleh adanya sporangium seperti benang gembung yang mengandung sejumlah zoospora dalam kultur yang digenangi, oospora aploerotik dan interkalar dengan bentuk empat persegi panjang yang khas. Spesies yang mirip dengannya adalah *P. deliense* tetapi berbeda dalam hal tangkai oogoniumnya yang bengkok ke arah anteridium.

P. aphanidermatum merupakan patogen penting (penyebab berbagai busuk akar, busuk batang dan busuk buah, serta rebah kecambah) pada kisaran luas tananam pertanian penting (beberapa sayuran, jeruk, tebu, kopi, kapas, dan tembakau) dan tanaman hias (krisan dan rumput-rumputan). Suhu di atas 30o C sangat sesuai untuk infeksi sedangkan suhu yang lebih rendah kurang atau tidak sesuai.

P. irregulare mungkin merupakan spesies yang berasal dari banyak induk yang terdapat secara luas di alam baik di tanah pertanian maupun tanah asli. Ciri khas jamur ini yaitu sebagian besar anteridiumnya monoklinus (jantan dan betina terdapat bersama-sama) dengan tangkai melengkung, oospora aploerotik dibentuk dalam dinding oogonium yang bentuknya tidak beraturan, dan hifa utama berbentuk tabung dengan percabangan berselang/ berganti-ganti. Beberapa isolat menghasilkan oogonium dengan tonjolan tidak beraturan, terutama pada kultur yang digenangi atau pada agar air. *P. irregulare* terdapat pada varietas tanaman yang luas dan patogenik, terutama pada bibit. Jamur ini lebih umum bersifat patogen minor yang berasosiasi dengan infeksi tanpa gejala atau pengoklatan akar rambut.

P. myriotylum juga merupakan patogen suhu panas dengan laju pertumbuhan optimum pada suhu $\pm 37^{\circ}\text{C}$. Ciri khasnya,

mempunyai sporangium bentuk benang gembung (seringkali seperti jari). Juga terdapat kelompok apresorium besar yang melekat ke permukaan petri. Anteridiumnya diklinus dengan tangkai bercabang. *P. myriotylum* dapat bersifat patogenik terhadap kisaran tanaman yang luas {kacang tanah, tomat, lucerne (*Medicago sativa*), jahe, gandum, ketimun, kacang hijau, sorgum, kubis, jagung} terutama pada suhu tinggi.

P. rostratum merupakan spesies yang lambat pertumbuhannya dengan radial pertumbuhan jelas, oogonium interkalar dan monoklinus, anteridium sesil atau hypoginus, mempunyai oospora plerotik atau hampir plerotik dengan dinding yang relatif tebal (2- 3 μ). Dilaporkan, sporangiumnya globose, limoniform atau ellipsoid, walaupun belum pernah diteliti pada isolat Australia. *P. rostratum* merupakan jamur yang umum di tanah dan dilaporkan tersebar luas. Jamur ini umumnya tidak patogenik atau patogen yang sangat lemah pada tanaman seperti jagung, sereal, ubi jalar, broad bean, nenas, tomat, dan tebu

Sebaran Inang

P. ultimum, *P. aphanidermatum*, *P. myriotylum* Drechs., *P. debaryanum* dan *P. irregulare* Buisman menyebabkan rebah kecambah dan penyakit busuk akar. Inang yang peka terhadap busuk akar *Pythium* adalah kukurbita, (melon, squash, ketimun, melon air dan labu), bawang, letus, buncis, mungbeans, kedelai, jagung, kentang, kopi, nenas dan tebu. Bibit dari berbagai jenis tanaman peka terhadap penyakit rebah kecambah.

Epidemiologi

Pythium spesies yang menginfeksi tanaman-tanaman ini di dalam tanah. Mereka menyebabkan penyakit karena kondisi lingkungan yang baik, bukan karena akibat dari penyebaran patogen yang berasal dari daerah lain. Pergerakan air melalui irigasi atau hujan dapat menyebabkan zoospora menjadi aktif. Tanaman akan menjadi sangat peka terhadap *Pythium* bila kondisi tidak baik untuk pertumbuhan tanaman seperti suhu yang kurang baik, kebanyakan air, kurang cahaya, atau hara makanan yang tidak tersedia. Masing-masing *Pythium* species mendapat keuntungan dari kondisi yang berbeda. *P.*

ultimum dan *P. debaryanum* hidup baik pada suhu (10-15°C), tanah lembab dan hidup sebagai safrofit pada residu tanaman. Busuk akar *Pythium* seperti yang disebabkan oleh *P. aphanidermatum*, *P. irregulare*, *P. sylvaticum* dan *P. myriotylum* terdapat di udara yang agakpanas (25-36°C) dan tanah yang lembab. Tanah yang lembab kondusif untuk perkembangan jamur karena level oksigen yang rendah mendorong dikeluarkannya eksudat dari biji. Eksudat ini mengstimulasi pertumbuhan *Pythium* species pada proses pembentukan jaringan tanaman. Sebagaimana kecambah bertumbuh, risiko kematian tanaman sesudah keluar ke permukaan tanah akan terjadi penyakit rebah kecambah. *Pythium* bertahan hidup dalam tanah sebagai safrofit atau dengan membentuk spora istirahat seperti oospora, pembengkakan hifa, klamidospora dan zoospora yang terbungkus. Spora distimulasi untuk bergerminasi oleh hara makanan seperti eksudat biji atau akar.

Pengendalian

- Tanah yang mengandung populasi jamur yang tinggi dan organisme lainnya dapat menekan aktivitas jamur safrofit dan patogenik seperti *Pythium* species. Penambahan bahan organik dapat menambah populasi mikroba dalam tanah.
- Mengurangi periode kelembapan tanah sangat esensial untuk mengendalikan penyakit *Pythium*. Memperbaiki drainase dari bedeng pembibitan dengan menanam pada bedeng yang tinggi dan apabila terlihat gejala maka hanya dilakukan irigasi untuk periode pendek secara bergiliran pada setiap bedeng untuk mempertahankan pertumbuhan tanaman.

Rhizoctonia solani

Busuk Kecambah dan Busuk Akar

Pendahuluan

Rhizoctonia spp. menyebabkan banyak jenis penyakit, beberapa diantaranya adalah jenis patogen terbawah tanah dan yang lain menyerang bagian atas tanaman. Jamur ini merupakan kelompok yang besar yang masih dalam penelitian untuk menentukan hubungannya

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

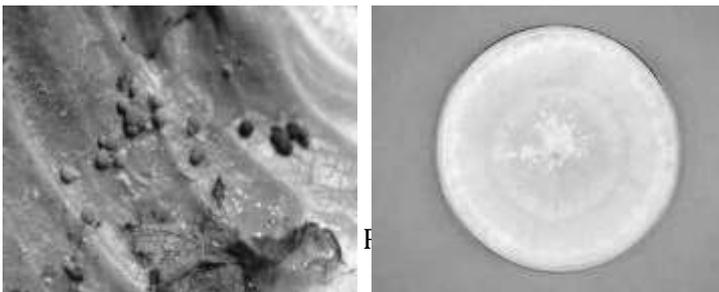
satu dengan yang lain. Kebanyakan masuk dalam bentuk tidak sempurna (imperfect stage) dari Basidiomycetes. Jamur ini menyerang banyak jenis tanaman inang yang biasanya berasosiasi dengan tanaman dan gulma. Jamur ini ditemukan di hampir semua jenis tanah dan di sebagian besar kondisi lingkungan.



Gejala Rhizoctonia pada jagung,



Rhizoctonia pada akar dan Rhizoctonia pada kubis



Hifa Rhizoctonia

Gejala Penyakit

- Rhizoctonia dapat menyebabkan rebah kecambah dan hawar kecambah. Jamur menembus epidermis untuk mengkolonisasi jaringan lembut dari kotiledon, hipokotil dan akar kecambah. Bintik-bintik melengkung ke dalam, bewarna merah-coklat dan dapat tertutup oleh miselium bewarna krem-coklat. Sebagaimana jamur mengkolonisasi, sel berkembang dan dapat hidup dalam debris tanaman sampai tanaman peka lainnya ditanam.
- Hawar pelepah daun adalah penyakit utama yang dimulai dengan adanya bintik-bintik pada pelepah daun dari kecambah sampai pembentukan biji. Bintik-bintik abu-abu hijau basah berukuran panjang 1 cm berbentuk bulat sampai oval berkembang, dan membesar kemudian menyatu dengan batas ungu-coklat yang berbentuk ireguler. Hifa dapat menyebar ke tanaman sampai berubah menjadi putih atau abu-abu dan mati. Sklerotia, putih menjadi coklat, berkembang pada permukaan pelepah daun dan tanaman yang terinfeksi terhenti dalam pertumbuhan dan berisi biji yang kecil dan produksi rendah.
- Pada jagung, Rhizoctonia menghasilkan mahkota dan busuk akar adventisius dimana akar dan biji bergerminasi dan tanaman muda menjadi coklat dan membusuk dengan bintik- bintik yang melengkung ke bawah pada akar dan mahkota. Gejala terlihat pada buah jagung yaitu bintik yang besar bewarna abu-abu dengan batas ungu-coklat sama dengan hawar pelepah daun padi. Penyumbatan terjadi dan nematoda juga dipercaya berkontribusi terhadap penyakit ini.
- Pada busuk dasar letus, bintik-bintik terlihat pada bagian bawah daun yang berkontak dengan tanah. Bintik bewarna merah coklat pada bagian tengah daun ini berkembang dengan cepat dalam kondisi yang baik dan dengan cepat daun membusuk. Bintik ini dapat menyediakan titik masuk untuk bakteri penyebab busuk lunak.
- Pada krusifer, pertumbuhan dari kecambah yang sudah tua dapat menjadi kerdil dan membentuk tangkai halus, dimana jaringan luar dari tangkai menjadi coklat dan mengerut. Tangkai dan akar menjadi busuk pada pertumbuhan yang sudah lebih dewasa dan mengakibatkan busuk kepala gelap.

- Busuk perut ketimun dan kukurbita lainnya adalah busuk yang terlihat pada bagian bawah buah, dengan bintik basah berwarna coklat muda. Bintik yang melengkung ke bawah berbentuk ireguler dan berbentuk seperti karat.
- Infeksi kentang terlihat pada waktu kecambah sudah mati, berkurangnya hasil dan kemudian terbentuk kanker pada tangkai yang sedang berkembang. Tangkai dapat tersumbat dan mengakibatkan daun mengerut, klorosis, nekrosis kortikal tangkai dan kematian tanaman. Bintik berwarna merah-coklat berkembang dan dapat juga terlihat pada stolon. Sklerotia hitam atau coklat berkembang pada permukaan umbi.
- Tanaman tomat yang terinfeksi dapat mengembangkan bintik coklat tua pada tangkai dekat permukaan tanah.
- Busuk akar dan hawar jaring, serta rebah kecambah terjadi pada kedelai, kacang, bean, lentil, chick pea, mungbean, cowpea, dan lima bean. Hawar jaring terlihat sebagaimana bintik daun yang sama dengan pada tangkai dan akar dari tanaman yang terinfeksi

Patogen

Rhizoctonia spesies biasanya berbentuk jamur steril dan sangat jarang membentuk status sempurna. Ada banyak tipe-tipe Rhizoctonia dan diantaranya ada yang tidak memiliki karakter yang baik. Kebanyakan memiliki basiomisetes dalam bentuk sempurna yang dikembangkan dalam kondisi khusus dalam kultur. Karakteristik utama dari jamur ini adalah hifa yang bercabang tegak lurus dengan septa sesudah percabangan. Mereka dapat memiliki beberapa nukleus di setiap sel dan beberapa strain patogen mempunyai nukleus ganda dan memiliki hifa yang besar (robust).

Sebaran inang

Sulit untuk mendiskusikan secara akurat sebaran inang Rhizoctonia karena ada banyak tipe yang belum dimengerti dengan baik. Dalam banyak kasus, sebaran inang untuk setiap tipe belum ditentukan. Pengetahuan tentang spesifitas inang dari strain-strain di lapang mungkin penting dalam melakukan rotasi tanaman. Rhizoctonia telah dilaporkan pada tanaman-tanaman di bawah ini: padi, jagung, mungbean, kapas, ubi kayu, bawang, kedelai, rumput, dan gulma,

krusifer, kukurbita terutama ketimun. Sedangkan rebah kecambah dan kematian kacang ditemukan pada sitrus, dan masih banyak lagi tanaman lain.

Epidemiologi

Sumber inokulum adalah hifa, sklerotia, dan secara potensial basidiospora. Hifa kadang-kadang terlihat bertumbuh dalam tanah dan sisa-sisa tanaman. Sklerotia juga dapat terlihat pada permukaan tanaman. Gulma dan tanaman lain dalam rotasi juga dapat berfungsi sebagai sumber inokulum. Peran biji dalam siklus hidup juga penting dimana umbi kentang dan biji dapat membawa inokulum dalam jumlah yang cukup dan mengkontaminasi tanah yang dulunya bebas dari inokulum. Biji dapat menjadi sumber patogen secara eksternal atau internal sehingga perlakuan harus membunuh patogen dalam biji.

R. solani dibantu oleh senyawa-senyawa yang menghasilkan energi dalam eksudat tanaman, tetapi eksudat tidak perlu untuk penetrasi. Banyak penelitian tentang suhu optimal untuk pertumbuhan jamur dan perkembangan penyakit dari patogen ini adalah strain yang spesifik. Adalah lebih penting untuk diingat bahwa penyakit akan berkembang bila inangnya sangat peka. Suhu optimal untuk perkembangan penyakit pada kentang, peas, dan bean adalah 18°C. Perkembangan penyakit kurang baik pada suhu di atas 21-24°C. Suhu untuk pertumbuhan jamur adalah 26°C. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman juga harus diperhatikan. Jamur dapat keuntungan untuk waktu infeksi yang lebih luas, mungkin di atas 24°C.

- Pertumbuhan *Rhizoctonia* dibatasi oleh areasi yang kurang baik tetapi dipromosi oleh kelembaban tanah yang tinggi.
- *Rhizoctonia* menyerang inang pada pH di luar optimum tetapi masih dalam jarak pertumbuhan jamur.
- Level nitrogen yang tinggi dan densitas yang tinggi juga mempromosi pertumbuhan jamur.

Mekanisme bertahan hidup dapat dalam status aktif atau tidak aktif. Status inaktif adalah dalam bentuk sklerotia atau hifa berdinding tebal, yang bersifat dormant. Ini adalah struktur istirahat yang dihasilkan oleh patogen untuk musim berikutnya. Kondisi suhu atau kelembaban tinggi menurunkan longevitas struktur bertahan hidup ini. Pada umumnya viabilitas dipertahankan selama 6 bulan di lapang

untuk propagul yang berdinding tebal dalam sisa-sisa tanaman, sementara mereka yang dalam matriks tanah berumur pendek. *Rhizoctonia* adalah kompetitor yang lemah.

Pertahanan hidup yang aktif melalui kolonisasi akar yang hidup oleh hifa baik oleh inang dan bukan inang, tetapi kelangsungan hidup lebih baik pada tanaman inang. Pertumbuhan jamur sebagai safrofit juga menyediakan sarana untuk kelangsungan hidup dan mungkin menambah level inokulum dalam tanah.

Pengendalian

Validamycin adalah fungisida yang paling banyak digunakan untuk patogen ini terutama pada padi, jagung dan kubis. Untuk penyakit rebah kecambah dan kanker, periode infeksi biasanya singkat, tapi bagi busuk akar dan busuk penyimpanan, jaringan yang terbuka untuk infeksi jangka waktu tertentu. Pengendalian yang terbaik untuk rebah kecambah dan kanker adalah bentuk yang dapat mengurangi inokulum atau kelangsungan hidup inokulum, termasuk prinsip menekan penyebaran patogen ke daerah yang belum terinfeksi karena kondisi lingkungan dalam hal ini kurang penting. Untuk penyakit busuk, lingkungan mendikte periode infeksi karena aktifitas patogen dan kerentanan inang akan menentukan seviritas penyakit. Praktek-praktek di bawah ini berguna:

- Hindarilah transmisi yang berasal dari bahan propagasi seperti biji, kentang dan kecambah transplantasi dari tanah yang tidak dipasteirisasi atau terkontaminasi
- Pilihlah waktu penanaman biji yang sesuai dengan germinasi optimum dan kondisi keluarnya kecambah.
- Tanamlah biji pada kelembaban tanah yang baik.
- Buatlah rotasi tanaman dengan tanaman sereal selama 1-4 tahun untuk mereduksi inokulum.
- Tambahkan bahan organik atau organisme antagonistik seperti *Trichoderma* sebagai bentuk pengendalian hayati.
- Pilihlah varietas yang resisten dan yang lebih toleran.

Penyakit-Penyakit Disebabkan Oleh Sclerotinia **Busuk Kepala dan Batang**

Pendahuluan

Sclerotinia termasuk Ascomycetes yang menyebabkan penyakit pada tanaman hias, juga dapat menyerang beberapa tanaman budidaya. Spesiesnya yang sangat penting adalah *Sclerotinia sclerotiorum* dan *Sclerotinia minor*. *S. sclerotiorum* yang paling umum menyebabkan busuk lunak berair pada jaringan inang yang memproduksi miselium putih dan sklerotia hitam. Secara umum penyakit yang disebabkan sangat penting di negara beriklim sedang tapi dapat juga ditemukan di banyak tempat di daerah tropis, terutama pada ketinggian tempat yang tinggi.

Taksonomi dan identifikasinya diringkas dalam makalah dari Kohn (1979) dan Willetts and Wong (1980). Jamur *S. sclerotiorum* menghasilkan sklerotium besar sedangkan *S. minor* sklerotiumnya kecil dan bulat. Sklerotium berkecambah menghasilkan miselium atau apotesium. Apotesium adalah askokarp khusus yang tampak seperti jamur datar kecil, di dalamnya dibentuk dan mengeluarkan askospora. Askospora merupakan inokulum primer jamur dan untuk memulai penyakit.

Gejala

Gejala penyakit yang disebabkan jamur ini adalah busuk basah lunak yang ditumbuhi miselium putih. Jamur sering menghasilkan sklerotium pada jaringan sakit; seringkali juga menghasilkan sklerotium secara internal dalam batang tanaman. Dalam kondisi ini biasanya jamur akan mematikan tanaman.

Gejala dari infeksi *Sclerotinia* dimulai dari kelayuan yang cepat atau pembentukan bendera pada bagian ujung dari cabang- cabang yang terinfeksi. Bagian yang terinfeksi dikarakterisasi oleh adanya bagian-bagian yang basah bewarna agak hijau sampai kecoklatan yang kemudian melengkung kedalam (sunken) dan memanjang serta bewarna coklat muda. Gejala ini terlihat pada bagian dasar atau pada bagian bawah cabang. Bintik (lesion) yang lebih tua bewarna coklat tua dan menunjukkan perbedaan yang nyata antara tanaman yang sehat dan sakit. Daun-daun menjadi

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

hijau ke abu-abuan dan klorotik bersamaan dengan mulai terjadinya nekrosis, kemudian menjadi coklat tua dan layu. Sesudah batang terbungkus penyakit, tanaman itu mati. Miselium berwarna putih dan lunak berkembang pada jaringan yang sakit terutama bila kelembapan tinggi. Banyaknya sklerotia akan ditemukan pada jaringan tanaman yang terinfeksi merupakan salah satu gejala dari penyakit ini. Sklerotia memiliki cincin bagian luar yang berwarna hitam dan korteks putih. Panjang sklerotia dari

S. sclerotiorum adalah 0.5-1cm, tetapi kadang-kadang lebih besar.

Infeksi *S. sclerotiorum* pada kedelai menunjukkan perkembangan polong dan isinya juga dapat terinfeksi seperti halnya juga untuk bunga matahari dimana biji-biji yang terinfeksi mengerut dan dapat diganti oleh sklerotia yang besar. Sklerotia yang berkembang dalam inti batang yang sakit.



S. sclerotiorum pada kubis



S. sclerotiorum pada kohl bunga



Sclerotia pada jaringan kubis yang sakit

Patogen

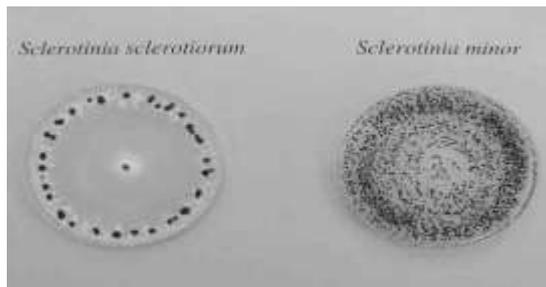
Sclerotinia masuk kelas Askomycetes dan dicirikan oleh produksi tubuh buah seksual yang disebut apotesium dan struktur tahan berupa sklerotia hitam. Sklerotia *S. sclerotiorum* berukuran besar dan ireguler sedangkan *S. minor* kecil dan bulat. Apotesia diproduksi dari sklerotia dan memproduksi askus dan askospora pada bagian atas apotesia. Askospora sangat mudah tersebar dengan arus udara. *S. minor* tidak memproduksi apotesia.



Askospora yang keluar dari apotesia



Apotesia



Kultur *S. sclerotiorum* dan *S. minor* dalam kultur

Sebaran Inang

Tanaman inang *Sclerotinia sclerotiorum* termasuk krusifer, pea, wortel, seleri, kedelai, jagung, kacang dan kukurbita.

Epidemiologi

Sclerotinia hidup bertahan dalam tanah sebagai sklerotia dimana terdapat tanaman yang terinfeksi. Sklerotia viabel ditemukan juga dalam tanah setelah empat tahun sesudah adanya penyakit. Jaringan tanaman yang berkontak dengan tanah dan berdekatan dengan sklerotium dapat terinfeksi oleh miselium putih. Daun yang rusak juga dapat dikolonisasi oleh *Sclerotinia*. Tanah yang sejuk dan lembab (18°C) dan kelembaban relatif (95- 100%) mempercepat infeksi. pH optimum untuk germinasi adalah 6.5. Dalam kondisi ini miselium putih dapat terlihat pada jaringan tanaman dan pada permukaan tanah. Sklerotia diproduksi dalam jumlah besar pada bagian tanaman yang terinfeksi. Membajak tanah dapat mendesiminasi sklerotia ke seluruh tanah. Infeksi biasanya tidak merata di seluruh bagian pertanaman tetapi lebih terkonsentrasi pada pertanaman di bagian bawah atau dimana densitas tanaman dan kelembaban tinggi. Satu sklerotium per 100 gram tanah telah cukup untuk menyebabkan penyakit yang serius. Bila tanah tetap lembab untuk beberapa minggu, bila ada gulma yang meningkatkan kelembaban di sekitar tanaman atau bila pola pengeringan dan pembasahan kembali tidak teratur maka sklerotia dari *S. sclerotiorum* yang biasanya ditemukan pada 5 cm di atas permukaan tanah akan mengstimulasi pembentukan apotesia. Apotesia mengeluarkan askospora ke udara dan arus udara dapat membawa askospora-askospora ke tanaman yang sehat. Jamur akan menyerang jaringan tanaman hidup tetapi terkadang infeksi dapat dimulai melalui bunga atau daun yang sudah tua. *S. minor* tidak membentuk apotesia dan karena itu hanya dapat menginfeksi jaringan secara kontak dengan tanah yang mengandung sklerotia. Salah satu bahaya dari busuk batang *Sclerotinia* pada bunga matahari dan kedelai adalah kontaminasi biji dengan sklerotia. Ini dapat membentuk dasar dari restriksi perdagangan apabila pengapalan diperuntukkan bagi konsumsi manusia atau memfasilitasi desiminasi inoculum biji bersama sklerotia digunakan untuk pesemaian.

Pengendalian

- Masukkan padi dalam rotasi tanaman karena dapat mereduksi level sklerotia dalam tanah dan mempersempit potensi perkembangan penyakit.
- Hindarilah menanam tanaman yang peka pada daerah yang terinfeksi selama 3 musim terutama buncis dan bunga matahari.
- Perlakuan dengan fungisida atau fumigasi dapat mereduksi insiden penyakit tetapi ada yang dapat meningkatkan infeksi. Belum ada pengendalian kimia yang efisien. Benomil dan prodion mungkin dapat efektif untuk mengendalikan penyakit ini.
- Keluarkan dan bakar semua bahan-bahan yang terinfeksi untuk mencegah akumulasi sklerotia di lapang.
- Keluarkan gulma yang dapat menjadi sebagai inang alternatif dan juga dapat berkontribusi pada peningkatan kelembaban yang dibutuhkan untuk germinasi apotesia. Usahakan supaya kanopi terbuka untuk memaksimalkan aliran udara dan menurunkan kelembaban udara.
- Hasil pertanian yang telah terinfeksi dapat mempercepat pembentukan busuk pasca panen yang terbungkus dengan miselium putih.

Gejala dan Epidemiologi

Sementara gejala infeksi oleh *S. minor* sama dengan *S. sclerotiorum*, ada perbedaan yang nyata antara kedua penyakit ini. Sklerotia *S. minor* lebih kecil (0.5-3mm) dari *S. sclerotiorum*, bulat dan hitam. Sklerotia *S. minor* tidak menghasilkan apotesia jadi mereka disebarkan oleh angin dan tidak dapat menginfeksi bagian atas tanaman. Gejala karakteristik dari *Sclerotinia* hanya dapat dilihat pada bagian permukaan dimana jaringan inang dalam kontak langsung dengan propagul.

Sebaran Inang *S. minor*

Tanaman inang dari *Sclerotinia minor* adalah kacang tanah, *Brassica* spp., kentang, ubi jalar, letus, tomat, tembakau, seleri, dan buncis hijau.

Pengendalian

Pengendalian penyakit ini sama dengan *S. sclerotiorum*.

Sclerotium rolfsii

Busuk Batang dan Hawar

Karakter-Karakter Kunci

- Busuk berair pada dasar batang
- Adanya miselium putih
- Adanya sklerotia bewarna coklat, berbentuk sperikal

Pendahuluan

Sclerotium rolfsii Sacc. menyebabkan busuk batang pada bagian dasar, juga dikenal sebagai hawar selatan atau busuk sklerotium yang mempengaruhi banyak jenis tanaman inang. Spesies lain dari *Sclerotium*, seperti *S. cepivorum* Berk. pada bawang mungkin dapat menjadi penting di masa yang akan datang.

Gejala Penyakit

Pada awalnya bagian-bagian yang basah berkembang pada batang dekat permukaan tanah. Infeksi biasanya terjadi di bagian ini karena bertambahnya kelembaban dan kontak langsung antara propagul penyakit dan jaringan tanaman. Dari sini patogen menyebar ke bagian akar atau ke kanopi. Petiol daun dapat menjadi busuk pada bagian dasar dan menyebabkan kelayuan dan penguningan bagian bawah daun. Jaringan batang yang terinfeksi berubah menjadi coklat muda atau gelap dan seluruh bagian tanaman kelihatan seperti sudah rusak. Patogen sering membungkus batang di sekitar permukaan tanah dan miselium berwarna putih dapat bertumbuh dari bagian bawah batang ke bagian permukaan tanah. Sklerotia kecil berbentuk sperikal berdiameter sekitar 1-2 mm, bewarna putih kemudian coklat selanjutnya berkembang dalam tanah dan mempengaruhi bagian-bagian tanaman. Tanaman dapat mati setelah beberapa hari kemudian.



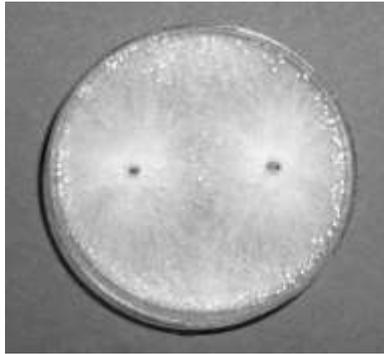
Miselium dari *S. rolfsii* pada permukaan tanah pada tanaman
kukurbita



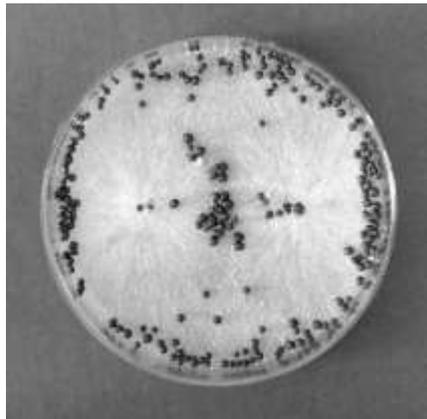
Gejala *S. rolfsii* pada bibit kedelai, Gejala *S. rolfsii* pada nenas

Deskripsi Patogen

S. rolfsii adalah jenis Basidiomisetes mempunyai hifa putih yang biasanya kasar, berbentuk benang. Sklerotia dihasilkan oleh jamur berdiameter 0.5-1.5 mm, dan mula-mula berwarna putih dan kemudian menjadi coklat. *S. rolfsii* dapat dengan mudah ditumbuhkan dalam PDA pada suhu 25-35°C.



Kultur *S. rolfsii* dengan skelrotia pradewasa (3 hari)



Kultur *S. rolfsii* dengan skelrotia dewasa (6 hari)

Sabaran Inang

Buncis, Jagung, Bawang, Kacang tanah, Nenas, Kentang, Padi, Kedelai, Taro, Tomat, Labu manis, letus, sesame, melon air, melon, kukurbita, kubis, kohl bunga, khol rabi, dan tanaman kedoteran.

Epidemiologi

Tanah yang hangat dan basah membantu perkembangan penyakit ini. *S. rolfsii* dapat bertahan hidup selama beberapa tahun sebagai sklerotia dalam tanah atau pada sisa-sisa tanaman. Suhu pertumbuhan optimum adalah di bawah 45°C dan di atas 37°C. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh jaringan tanaman yang sudah tua menstimulasi germinasi skelerotia. Hifa dapat secara langsung

mempenetrasi jaringan inang karena adanya produksi enzim-enzim selulolitik dan pektinolitik serta asam oksalat. Jamur dapat disebarkan oleh alat-alat pertanian, tanah, air atau inokulum yang diintroduksi dari kecambah yang dipindahkan.

Pengendalian

Ada keuntungan potensial untuk memasukkan padi ke dalam rotasi sayuran, dimana kelangsungan hidup dari sklerotia dapat berkurang dengan penggenangan air pada tanah. Siklus penyakit dapat juga diputuskan dengan menggunakan tanaman yang tahan seperti taro dan ubi jalar. Pengeluaran sisa-sisa jaringan tanaman yang terinfeksi juga penting karena mereka dapat berfungsi sebagai inokulum untuk tanaman berikutnya. Penyebaran propagul penyakit juga harus dihindarkan dalam bentuk hifa atau sklerotia dalam tanah atau sisa-sisa tanaman. Pembajakan dalam akan mengubur bahan tanaman dan sklerotia sehingga tanaman berikutnya tidak dengan mudah mengadakan kontak dengan propagul penyakit. Peralatan pertanian juga dapat membantu dalam penyebaran penyakit ke daerah yang belum terinfeksi. Penambahan kapur meningkatkan pH sekitar 7.0 dan dapat membantu dalam pengendalian *Sclerotium rolfsii*.

Penyakit Kompleks Eksotik Fusarium

Layu Angsana

Pendahuluan

Layu pohon angsana, *Pterocarpus indicus*, meskipun bukan merupakan masalah di Indonesia tapi adalah salah satu contoh yang baik dari suatu kompleks penyakit dimana serangga memiliki peran penting dalam siklus penyakit. Penyakit ini menjadi masalah yang serius di Singapura dan Malaysia.

Pohon angsana biasanya ditanam sebagai pohon untuk menyejukkan atau naungan di sepanjang jalan dan di taman serta kebun. Penelitian telah menunjukkan bahwa penyakit ini adalah kompleks antara adanya kerusakan oleh petir, kumbang ambrosia, *Platypus prallelus* dan layu vaskuler jamur *Fusarium oxysporum*. F.

solani juga telah ditemukan berasosiasi dengan penyakit pohon ini tetapi bukan merupakan penyebab utama dari kelayuan.



Gejala awal penyakit, Pohon yang telah layu, Tingkat akhir dari Penyakit

Gejala

Bila petir merusak pohon, daun-daun menjadi kering dan berubah menjadi coklat. Daerah pada bagian luar kulit kayu yang terserang terkupas (30 x 100cm). Batang bagian vertikal tipis terbelah ke bawah batang (10cm long). Sebagian kecil dari kulit kayu pecah dan teruntai. Sebagian dari kulit kayu terkupas kira-kira sampai pertengahan cabang.

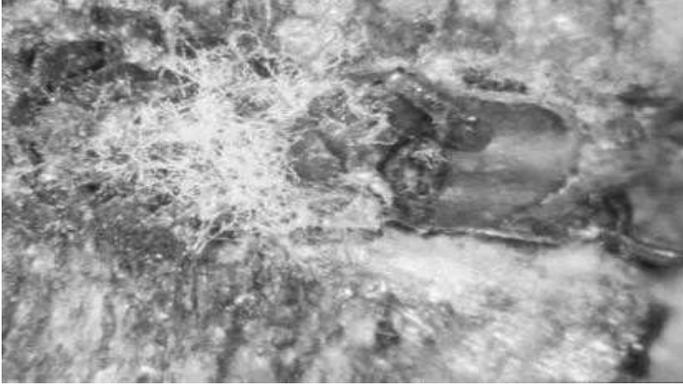
Setelah beberapa hari terkena petir, pohon dikolonisasi oleh kumbang ambrosia. Sistem galeri yang dibuat kumbang terdiri dari lobang gua berbentuk radial, kemudian membelok, hanya satu tempat masuk dan diatur secara vertical dalam suatu ruangan. Empat sampai enam minggu setelah penggorekan, kumbang dewasa mulai keluar. Setiap gua mempunyai dua pasang dewasa yang dapat memproduksi 50-80 telur.

Kumbang dapat membawa patogen dari pohon yang sakit ke pohon yang lain yang disambar petir, dan membuat infeksi baru yang kemudian mengakibatkan pelayuan. Daun-daun dari pohon yang sakit berangsur-angsur menjadi kuning, layu dan gugur. Jaringan vaskuler berubah warna. Patogen dapat diisolasi dari semua jaringan.

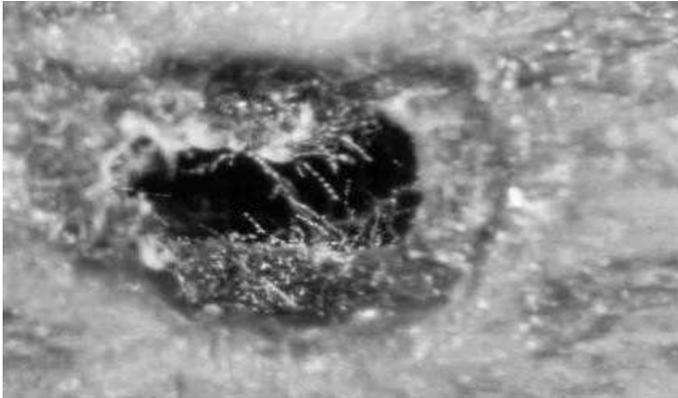
Busuk kulit terjadi sebagaimana kulit dan lapisan kambium rusak dan *F. solani* dapat juga diisolasi dari daun. Pohon-pohon

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

tetangga dapat terinfeksi melalui penyebaran lokal dari patogen di dalam tanah atau melalui air atau grafting akar.



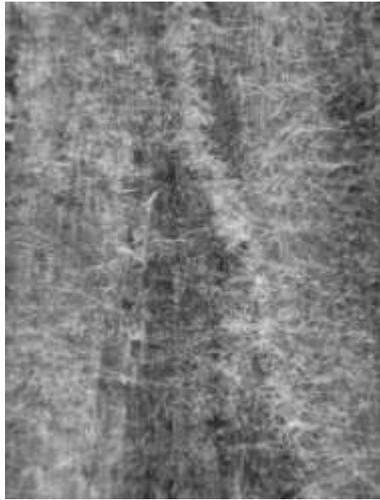
Kumbang Ambrosia dengan *F. oxysporum*,



Lobang Ambrosia dengan *F. oxysporum*



Pertumbuhan jamur pada batang



Miselium *F. oxysporum* pada kayu

Sebaran Inang

Pohon angsana, *Pterocarpus indicus*

Epidemiologi

Biologi dari kumbang ambrosia menunjukkan bahwa mereka adalah penyebar utama dari spora-spora *F. oxysporum* pada tanaman yang mereka kolonisasi. Kumbang ambrosia memiliki rambut kasar atau kantong berkitin yang dapat membawa spora jamur. Penyebaran sekunder dari infeksi primer terjadi dengan *F. oxysporum* yang mengkolonisasi pohon berikutnya melalui tanah. Hal ini dapat dibantu oleh pergerakan air terutama bila akar menerima air hujan yang mengalir dari jalan-jalan kota atau dengan kontak akar atau melalui grafting dengan pohon disampingnya.

Pengendalian

Cara pengendalian yang ideal adalah mengeluarkan pohon-pohon yang terkena sambaran petir sebelum kumbang memiliki kesempatan mengkolonisasi pohon yang rusak. Pengeluaran yang cepat pohon-pohon tersebut akan menurunkan populasi kumbang dan mengeluarkan sumber inokulum primer sebelum mereka berkembang dalam tanah untuk penyebaran sekunder.

Pohon-pohon yang sehat dekat pohon sakit memiliki resiko tinggi adanya infeksi patogen terbawa tanah. Pohon yang sehat dapat diinjeksi dengan fungisida yang cocok untuk menurunkan resiko.

Pemantauan tempat pembuangan pohon-pohon yang terinfeksi juga penting untuk mengurangi penyebaran kumbang ke daerah yang belum terinfestasi. Kumbang hanya memiliki kemampuan untuk bermigrasi satu mil melalui penerbangan langsung.

Penyakit Eksotik Fusarium

Malformasi Mangga Oleh Fusarium subglutinans

Pendahuluan

Malformasi mangga disebabkan oleh *F. subglutinans* (Wollenw. & Reinking) Nelson, Toussoun & Marasas sebagai akibat dari kepadatan yang abnormal, kerumunan yang padat dari infloresens pohon yang terinfeksi. Gejala penyakit terlihat pada perubahan level hormon sitokinin yang dihasilkan oleh tanaman. Patogen disebarkan ke area baru melalui stok nursery yang terinfeksi, namun penyebaran diantara tanaman belum diketahui secara pasti.

Gejala

Bunga dari pohon yang terinfeksi berkembang tidak normal. Rasio dari bunga jantan dan bunga hermaprodit bertambah dan jumlah bunga serta ukuran bunga juga bertambah. Panjang cabang yang mendukung bunga menjadi pendek. Akibatnya maka terlihat bunga yang berkerumun. Banyaknya bunga jantan menghasilkan buah yang kurang baik dan bunga hermaprodit yang dihasilkan dapat berbentuk steril atau mati. Bunga juga dapat menghasilkan struktur vegetatif. Pucuk vegetatif dapat menunjukkan adanya kepadatan, berkerumun, terutama tanaman muda di pesemaian. Daun kecil, bengkok dan sempit dengan internodus yang pendek.

Sebaran Inang

Mangga, *Mangifera indica* L.

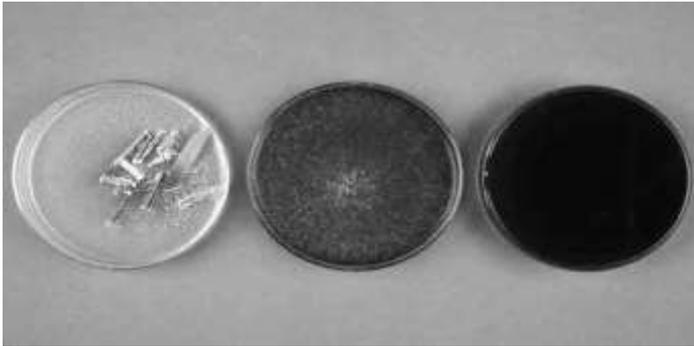
Epidemiologi

Patogen disebarkan ke area baru melalui stok nursery yang telah terinfeksi, namun mekanisme penyebaran diantara tanaman belum diketahui. Penyakit ini lebih umum di daerah kering. Biji tidak diinfeksi oleh patogen, tetapi telah ditemukan menyebar melalui nursery dalam tanah, dimana bibit dipropagasi di bawah naungan pohon yang sakit. Pelukaan pada inang dapat mendorong perkembangan penyakit.

Diduga tungau pucuk mangga, *Eriophyes mangiferae* yang menyebabkan penyakit ini karena sering mereka hidup dalam jumlah yang besar. Namun demikian tungau ini hidup di Australia, tetapi penyakit ini belum dilaporkan di Australia. Tungau diduga mempunyai peran dalam siklus penyakit. Tungau dapat menyebabkan pelukaan pada pucuk mangga yang membuka jaringan terekspose oleh infeksi jamur patogen. Selanjutnya, tungau dapat berfungsi sebagai vektor jamur dan mengintroduksinya ke bagian luka.



Gejala malformasi manga



Kultur *F. subglutinans* pada CLA and PDA

Pengendalian

- Pastikan bahwa rootstok untuk propagasi dan bibit untuk penanaman baru, bebas dari penyakit.
- Tidak ada fungisida sistemik yang efektif, fungisida protectant hanya akan berguna dalam membatasi penyebaran penyakit.
- Kemungkinan untuk perlakuan dengan hormon untuk mengimbangi level sitokinin pada jaringan tumbuhan sementara diinvestigasi.
- Tidak ada kultivar komersial yang resisten.

Fusariosis Nenas Oleh *Fusarium subglutinans*

Pendahuluan

Fusariosis adalah salah satu penyakit penting pada nenas. Penyakit ini disebabkan oleh *Fusarium subglutinans*. Penyakit ini telah menyebabkan kerugian besar di Brazil. Petani di Brasil memperluas produksi kultivar nenas Smooth Cayenne untuk ekspor dari pada kultivar tradisional. Ada kemungkinan bahwa kultivar Smooth Cayenne dapat meningkatkan insiden dan keparahan penyakit Fusariosis.

Gejala

Bentuk bintik cekung berwarna coklat membentuk satu atau lebih fruitlets pada permukaan buah. Miselium merah muda sampai abu-abu biasanya berkembang pada bintik dan menghasilkan getah dari fruitless. Bintik tersebut dapat berbentuk superficial atau masuk

sampai ke dalam buah. Buah adalah bagian yang paling umum diinfeksi tetapi semua bagian dapat diinfeksi dan mengembangkan gejala yang sama. Tanaman dapat menjadi kerdil dan daun berbentuk klorotik, dan dalam kasus tertentu bagian ujung batang bengkok atau mati.



F. subglutinans pada nenas dan kultur F. subglutinans pada CLA and PDA

Tanaman Inang

Nenas, *Ananas comosus* L.

Epidemiologi

Tanaman akan sangat terpengaruh bila infeksi terjadi pada awal pembentukan bunga. Pelukaan, terutama oleh serangga dapat mendorong perkembangan penyakit. Setelah bunga atau buah diinfeksi, terjadi infeksi sekunder pada bagian tanaman yang lain, seperti bagian dasar dari buah yang sedang berkembang. Patogen disebarkan terutama melalui bahan propagasi yang sudah terinfeksi. Penyebaran lokal diantara tanaman dapat terjadi melalui angin atau serangga. Patogen ini tidak menghasilkan klamidospora, hanya dapat bertahan dalam tanah beberapa bulan saja. Oleh sebab itu harus ada pengosongan tanah atau rotasi tanaman setelah terjadi serangan penyakit pada tanaman sebelumnya. Tanah yang sudah terinfeksi tidak boleh ditanami dengan nenas sampai level inokulum telah berkurang.

Pengendalian

- Tanamlah nenas yang bebas penyakit.
- Pastikan bahwa ada pengosongan lahan (fallow) atau rotasi tanaman.
- Kendalikan serangga.

Armillaria

Penyakit Busuk Akar Eksotik

Pendahuluan

Armillaria spp, adalah jamur terbawah tanah yang menyebabkan penyakit busuk akar pada banyak varietas tanaman, meliputi tanaman buah-buahan dan tanaman hias. Jamur ini menyebabkan kerugian di ekosistem alami, pada tumbuhan hutan, tanaman buah-buahan, dan tanaman hias. Kisaran inang jamur ini sangat luas (paling sedikit 50 family dan lebih dari 200 spesies) namun sedikit informasi mengenai adanya inang yang resisten atau toleran. Armillaria sp. menghasilkan tubuh buah yang menjadi dasar untuk identifikasi spesies. Spesies dibedakan berdasarkan struktur dan warnatubuh buah serta bentuk dan sifat basidiospora. Informasi mengenai taksonomi Armillaria sp. dapat mengacu pada berbagai media termasuk buku yang tersedia. Teknik berdasarkan molekuler sedang dikembangkan untuk mengidentifikasi jamur yang tidak membentuk tubuh buah. Busuk akar Armillaria adalah penyakit pohon yang ditemukan di seluruh dunia dan disebabkan oleh beberapa spesies Armillaria Staude. Mereka menyebabkan penyakit pada pohonberbuah seperti kopi dan karet.

Tubuh buah Armillaria



Gejala

Gejala penyakit seringkali sulit dideteksi tetapi dapat meliputi mati ujung ranting dan cabang, daun menguning, batang tanaman yang terinfeksi retak, vigor jelek, keluarnya eksudat dari batang, dan menghitamkan akar besar. Apabila kulit dikupas, akan tampak adanya miselium kipas yang merupakan selaput pertumbuhan jamur dan biasanya berwarna putih, serta menghasilkan bau jamur yang khas. Permukaan kayu yang terserang seringkali tampak berbintik. Jamur menghasilkan tubuh buah di musim gugur. Tubuh buah berwarna coklat pudar sampai coklat, diameter mencapai 12 cm dengan tangkai mencapai 5 cm tingginya. Tangkai mempunyai annulus (jaringan cincin sekitar tangkai) yang agak jelas.

Gejala dimulai dari penguningan, pelayuan, dan pengguguran daun dan dapat berlanjut dengan matinya pohon. Bagian dasar dari pohon yang sakit dapat menunjukkan pecah kulit pohon, dengan eksudasi karet. Pada karet, pemecahan kulit akar menyebabkan eksudasi lateks sebelum infeksi. Leher pohon berubah menjadi hitam dan bagian luar dari jaringan akar menjadi lembut menebal. Bila kulit dikeluarkan, terlihat miselium berwarna krem putih pada permukaan kayu. Sporofora jamur terlihat dalam himpunan pada bagian leher dari pohon yang telah terinfeksi pada musim hujan. Mereka berwarna kuning kecoklatan, tinggi 5-6 cm dan diameter 5-10 cm. Warna ini akan terlihat pada tingkat serangan lebih yang maju dari penyakit ini. Gejala seperti ini terkadang tidak kelihatan sama sekali. Pada beberapa spesies yang lain, jamur dapat menyebar melalui tanah dengan rhizomorf. Agregasi miselium yang panjang berbentuk benang, yang dihasilkan dari dasar makanan yang dikolonisasi seperti sisa-sisa pohon tua. Bentuk ini berdiameter 1-3mm, dan dapat mencapai panjang beberapa meter. Rhizomorf yang masih muda berwarna krem tetapi kemudian menjadi coklat atau hitam.

Daur Penyakit

Infeksi terjadi biasanya melalui kontak antara akar sakit dan sehat. Spesies *Armillaria* yang berbeda, tidak/dapat menghasilkan rhisomorf (benang jamur khusus yang dapat tumbuh ke dalam tanah).

Jamur dapat menginfeksi areal baru dengan beberapa cara. Spora jamur sangat jarang terbawa udara dan mendarat pada

permukaan kayu mati kemudian memulai infeksi. Cara yang lebih umum yaitu jamur terbawa ke suatu area melalui transportasi bahan yang terinfeksi, seperti pemindahan tanaman terinfeksi, akar yang terkontaminasi, atau mulsa yang terkontaminasi. Kebersihan sangat penting dalam meminimalkan penyebaran jamur ini.

Kondisi tanah yang membantu perkembangan penyakit belum banyak diketahui. Diduga jamur menyukai tanah ringan atau liat dengan drainase baik, tetapi hal ini tidak selalu demikian. Hal ini menunjukkan bahwa penyakit lebih berat pada tanah yang kekurangan hara atau karakternya tidak optimal untuk pertumbuhan tanaman. Sangat sedikit yang diketahui mengenai hal ini. Kekeringan seringkali berasosiasi dengan gejala dan infeksi yang berat dari *Armillaria*. Tampaknya cekaman (stress) menyebabkan pohon mudah terinfeksi dan juga memungkinkan jamur lebih cepat mengkolonisasi sistem perakaran tanaman. Hal yang sama, cekaman karena penggenangan dapat juga menyebabkan pohon terinfeksi berat. Dapat dikatakan bahwa setiap faktor yang menyebabkan pohon tercekam akan melemahkan sistem pertahanan dan akan meningkatkan perkembangan penyakit.

Jamur dapat bertahan dalam tanah selama periode waktu yang sangat panjang dan diperkirakan daya tahan hidupnya mencapai 50 tahun, walaupun yang lebih umum 20 tahun.

Patogen

Armillaria adalah jamur basidiomycetes dalam ordo Agaricales. Ada banyak spesies (lebih dari 55 spesies) di seluruh dunia, yang dapat dibedakan dengan sifat dari jamur (mushroom) dan uji perkawinan. Nama umum dari jamur ini adalah jamur madu.

Sebaran Inang

Sebaran inang patogen ini cukup besar tapi kurang diketahui. Jamur ini terutama menyerang kayu perennial, termasuk pohon ornamental, tanaman buah-buahan dan industri serta pohon-pohon hutan alami. Semua spesies dari buah batu dapat dipengaruhi oleh busuk akar *Armillaria* dan sudah didokumentasi terdistribusi pada perkebunan karet dan kopi, di daerah pegunungan yang dingin. Terkadang ditemukan juga pada kakao dan palma.

Epidemiologi

Penyakit ini sering terjadi dalam kelompok-kelompok, karena pohon-pohon yang berdekatan akan terpengaruh sebelum sumber awal infeksi terlihat. Transplantasi pohon yang sudah terinfeksi atau introduksi bahan organik yang telah terinfeksi juga dapat menyebarkan patogen. Jamur dapat hidup dalam perkebunan sebelum penanaman, karena miselium dan rhizomorf bertahan dalam tanah pada akar yang telah terinfeksi selama beberapa tahun. Jamur tersebar sebagai rhizomorf dalam tanah atau melalui akar bila melakukan kontak dengan tanaman yang lain.

Pengendalian

Sampai sejauh ini belum ditemukan suatu metode sederhana untuk mengendalikan *Armillaria luteobubalina*. Kombinasi cara sanitasi, pengelolaan hortikultura yang baik dan penambahan bahan organik ke dalam tanah, diduga dapat menghambat aktivitas *Armillaria*. Kebersihan sangat penting untuk memastikan penyakit tidak menyebarkan dari tempat terinfeksi ke tempat yang belum terinfeksi.

Ketika membersihkan ladang, pohon harus dimatikan dengan mengupas kulit berbentuk cincin (*ringbarking*) supaya organisme safrofit dapat berkompetisi dengan *Armillaria* untuk menghindari jaringan yang mati menjadi sumber *inoculum*. Pembersihan bahan tanaman sakit dari tempat yang terinfestasi dapat mengurangi dampak penyakit pada pertanaman berikut. Sulit untuk memastikan bahwa suatu lokasi telah bersih dari sumber *inokulum*, karena jamur dapat bertahan hidup pada potongan akar yang relative kecil.

Jika lokasi yang terinfeksi telah diketahui dengan pasti maka pembuatan parit isolasi akan sangat efektif. Kedalaman parit isolasi sekurang-kurangnya 1,1 m. Pembersihan, pengeringan dan aerasi disekitar leher akar akan sangat bermanfaat untuk tanaman yang bernilai ekonomis. Cara ini dilakukan dengan menggali tanah di sekitar pohon sehingga daerah yang terinfeksi terdapat sirkulasi udara yang baik. Hal ini bisa menghentikan aktivitas jamur karena permukaan kayu dan batang menjadi kering. Teknik ini telah digunakan terhadap sejumlah spesies *Armillaria* dalam berbagai situasi dengan hasil yang baik.

Apabila penanaman kembali di perkebunan yang tua, tanah harus dibersihkan dari berbagai akar tua. Hindarilah tanah hutan yang baru dibersihkan atau perkebunan yang sudah tua yang diketahui pernah terinfeksi penyakit *Armillaria*. Bila ada penyakit didiagnosa dan selesai dilakukan asesmen maka, harus dikeluarkan dan dihancurkan.

Pengendalian biologi yang biasanya lebih mudah bagi organisme pengendali biologi menjadi efektif pada tingkat inokulum yang lebih rendah. Telah dikembangkan sejumlah agen pengendali biologi yang menjanjikan terhadap *Armillaria*. Umumnya dipusatkan pada penggunaan jamur *Trichoderma*. Jamur ini merupakan penghuni tanah dan terdapat dimana-mana serta aktif di akar. *Trichoderma* dilaporkan akan efektif melalui dua cara: pertama dengan menghasilkan senyawa anti jamur yang menghambat aktivitas patogen, kedua menjadi kompetitor aktif bagi patogen dengan mengkolonisasi tempat infeksi dan mencegah infeksi jamur.

Untuk pengendalian kimia belum diketahui fungisida yang efektif mengendalikan penyakitnya. Fungisida telah digunakan untuk mengeradikasi jamur pada area yang terinfestasi tetapi pestisida tersebut sangat beracun dan berbahaya untuk digunakan. Tidak dapat diharapkan bahwa pengendalian secara total busuk akar *Armillaria* sp. dapat dicapai, namun demikian semua faktor di atas akan diperlukan menjadi bagian suatu program integrasi pengelolaan penyakit secara terpadu.

Ganoderma

Pendahuluan

Busuk puntung *Ganoderma* atau busuk pangkal batang merupakan masalah penting khususnya pada kelapa, yang disebabkan oleh *G. boninense* Pat., *G. tornatum* (Pers.) Bresad, terkadang *G. zonatum* Murrill dan *G. philippii*. Jamur-jamur ini dapat menjadi patogen pada karet dan teh, yang umumnya dikenal sebagai penyakit akar merah. Selain itu spesies *Ganoderma* dapat menyebabkan pembusukan internal pada beberapa jenis pohon kayu keras dan kayu lembut.

Gejala

Palma - Bagian bawah daun yang sudah tua mula-mula menunjukkan gejala layu, tergulung ke belakang dan selanjutnya daun jatuh sejajar dengan batang. Pertumbuhan pohon terhambat, dan pertumbuhan daun kurang untuk beberapa tahun. Tombak pelepah daun yang belum terbuka dan tetap pada mahkota di bagian kanopi. Gejala lainnya pembungaan berkurang, pembentukan buah juga berkurang serta buah menjadi kecil dan berubah bentuk. Pada saatnya hanya satu atau dua bagian tombak daun (spears) yang tertinggal, mati dan kepala palma jatuh atau batangnya hancur/runtuh. Proses ini dapat berlangsung selama 3-4 tahun. Pembusukan batang secara internal dan basidiokarp terlihat pada bagian bawah batang sesudah nampak gejala kemunduran (decline).

Karet - Tanaman karet yang terinfeksi mula-mula menunjukkan gejala pada bagian daun yaitu bewarna kuning, menjadi coklat dan jatuh. Patogen dapat dikenali oleh adanya rhomorph, yang pertama kelihatan bewarna putih krem ke warna merah muda dan selanjutnya menjadi merah tua dan hitam. Kayu inang kemudian berubah menjadi berair seperti sponge. Pada bagian atas dari tubuh buah bewarna coklat dengan pinggiran bewarna putih, grooved atau tertutup oleh tonjolan (knob) yang besar. Bagian bawah bewarna putih dan berpori.

Patogen

Ganoderma adalah jamur basidiomisetes, umumnya dikenal sebagai jamur kumpulan (bracket fungus). Berbentuk banyak pori (polypore), dimana bagian yang paling penting adalah fase struktur pembuahan (fruiting structure) yang adalah struktur kumpulan yang ditemukan pada bagian samping dari tumbuhan inang. Spora dikeluarkan dalam jumlah yang besar dari struktur buah.

Himpunan masa utama dari jamur adalah hifa yang ditemukan pada bagian dalam batang inang.

Tumbuhan Inang

Karet, teh, kelapa dan palma-palma lain. Banyak spesies tumbuhan mungkin dapat terinfeksi.

Epidiologi

Patogen disebarkan oleh basidiospora di udara, kontak dengan akar yang terinfeksi dalam tanah, dan transmisi persilangan akar. Selain itu, dapat juga tersebar secara horizontal dalam tanah sampai sekitar 2 meter dari sumber yang terinfeksi penyakit ke akar dari inangyang sehat. Basidiospora menginfeksi luka pada batang atau bagian yang terpotong pada daun.

Pengendalian

Penyakit ini dapat dikurangi dengan membatasi penyebaran patogen dalam tanah yang sudah terkontaminasi, penanaman palma dengan jarak yang lebih lebar untuk mencegah persilangan akar dan mengurangi pelukaan pada palma juga dapat menurunkan infeksi. Semua bahan yang terinfeksi dikeluarkan dari perkebunan.

Thielaviopsis

Busuk Akar Hitam, *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome)

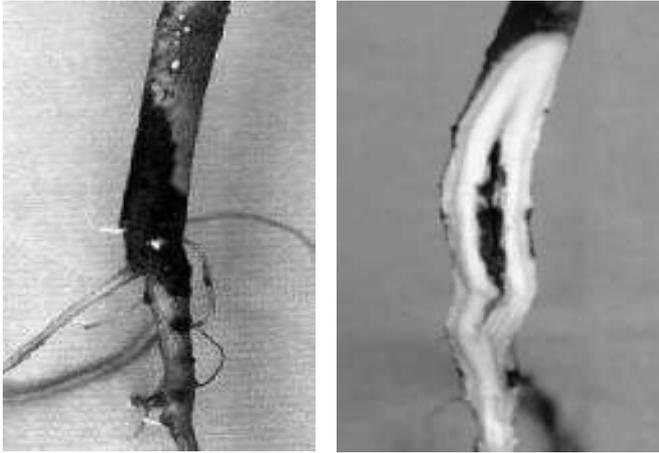
Ferraris

Pendahuluan

Thielaviopsis basicola bertanggung jawab untuk busuk akar hitam pada banyak jenis tanaman.



Bibit kapas yang sehat dan sakit



Busuk akar hitam pada kapas dan diskolorasi hitam pada jaringan xylem

Gejala

Patogen ini biasanya menyebabkan busuk kortikal pada akar kecambah. Jamur menginfeksi jaringan kortikal dan epidermal dalam sistem perakaran kecambah dan sebagian dari hipokotil di bagian bawah tanah. Bintik sempit yang memanjang terlihat pada jaringan yang terinfeksi, pada awalnya merah, kemudian hitam dan akar sadap menjadi kerdil. Bintik-bintik dapat bergabung dan menghitamkan seluruh akar. Tapi patogen ini dapat juga menyebabkan busuk leher internal pada tanaman yang sudah dewasa. Akar adventitious yang dangkal dapat berkembang sesudah infeksi dan menyebabkan penyakit pada sistem perakaran utama. Dalam beberapa minggu jaringan yang sakit dapat diganti oleh jaringan sehat. Busuk leher internal dapat mengikuti busuk akar hitam, dimana pada akhir pertumbuhan jaringan daun dan batang menjadi layu dan rusak.

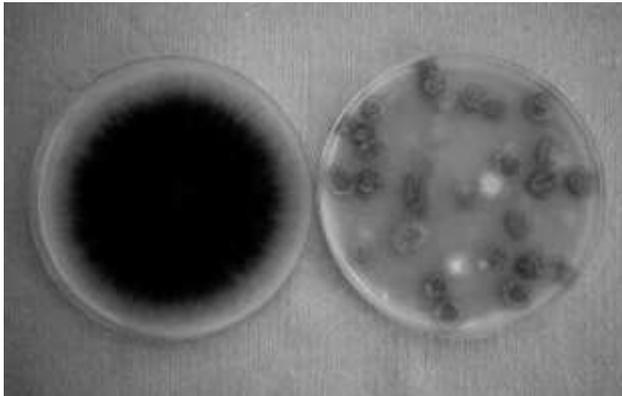
Gejala lain adalah lentisel berwarna merah-coklat, pembengkakan mahkota, diskolorasi hitam pada stele di bagian mahkota, pengkerdilan umum, dan defoliasi prematur. Pada citrus, bintik hitam terlihat secara lokal sampai diameter 1.5 cm diproduksi pada akar fibrous. Kerusakan diasosiasikan dengan pengkerdilan pada tingkat perkecambahan dan sangat parah pada musim basah yang dingin. Kapas adalah inang yang umum di Australia dan negara-negara lain.

Pada kacang tanah, *T. basicola* menyebabkan bintik-bintik kecil tersebar dan bewarna hitam pada permukaan polong kacang. Bintik hitam mengandung banyak sekali arthrospora hitam. Biji dapat berubah warna dan tali polong (peg) dapat menjadi busuk mengakibatkan sejumlah besar polong yang tertinggal di dalam tanah.

Pada sesame, jamur menyebabkan pembusukan akar dan batang dengan perubahan warna menjadi merah.

Patogen

Thielaviopsis basicola dicirikan oleh dua tipe spora(konidia) yang berbeda, endophialokonidia dan arthrospora. Endophialokonidia dihasilkan dari fialida yang memanjang terdiri dari dasar yang bulat yang mempunyai leher atau barel yang panjang. Endophialokonidia biasanya berbentuk persegi dengan sudut yang melengkung dan tidak bersepta. Dalam kultur, arthrospora terbentuk dalam rantai hifa dari miselium pada atau dekat permukaan media. Bentuk arthrospora seperti brick dan lama kelamaan berubah sesudah menjadi dewasa. Arthrospora juga dibentuk dalam jumlah yang banyak pada akar yang sakit, suatu bentuk diagnosa dari patogen ini. Patogen dapat diisolasi dari dalam tanah dan jaringan yang sudah terinfeksi dengan menggunakan fresh carrot discs atau media selektif.



Kultur murni *T. basicola* dan a soil dilution plate

Teknik carrot disc yaitu dengan meletakkan sedikit tanah atau jaringan akar yang terinfeksi secara langsung pada potongan wortel yang segar secara aseptik dan diinkubasi pada kertas filter yang direndam dalam larutan streptomisin 0.1g/L pada pinggan Petri. Hifa

yang berwarna gelap dari *Thielaviopsis basicola* mengkolonisasi potongan wortel. Hifa tersebut dapat dikulturkan kembali pada media yang lain. Jamur akan bertumbuh dengan baik pada media PDA.

Sebaran Inang

Thielaviopsis basicola mempunyai banyak jenis inang termasuk, kapas, kacang tanah, alfafa, buncis, beet, wortel, seleri, pea, tomat, ubi jalar, tembakau, sesame, kedelai, letus, bawang, dan citrus.

Epidemiologi

Endophialokonidia hanya dapat bertahan hidup selama beberapa bulan dalam tanah tetapi *arthrospora* dari *T. basicola* dapat hidup sampai beberapa tahun. *Arthrospora* bergerminasi dan jamur mengkolonisasi bagian luar dari jaringan lalu masuk ke dalam sel tanaman melalui infeksi yang dibentuk dalam gumpalan 2-5 hifa. *Arthrospora* membentuk hifa berwarna gelap dalam jaringan akar. Residu akar dan batang yang tertinggal di lapang sesudah panen merupakan sumber inokulum utama. *Arthrospora* akan bergerminasi pada pH netral dan suhu rendah, air yang banyak dalam tanah, naungan, dan biasanya tanah yang basah dan sejuk pada masa pertumbuhan tanaman. Jamur bertumbuh dalam jumlah yang besar pada suhu tinggi (25-28°C); penyakit lebih parah pada suhu rendah (15-20°C).

Pengendalian

- Rotasi merupakan kunci utama dalam pengendalian. Tanaman monokotiledon yang resisten harus dirotasi dengan tanaman yang peka.
- Penyakit dapat dikurangi dengan menanam pada tanah yang hangat di atas 16°C, contoh kapas. Sebagaimana suhu naik, keparahan busuk akar hitam menurun.
- Herbisida chloramben dapat meningkatkan keparahan dari busuk akar *T. basicola*.

Kanker dan Busuk (butt rot) *Thielaviopsis paradoxa*

Pendahuluan

T. paradoxa adalah jamur penyebab penyakit termasuk busuk pucuk, bintik daun, busuk jantung, kanker batang berdarah, dan busuk akar pada kelapa dan busuk puntung nenas, busuk hitam serta bintik daun putih. Busuk puntung nenas adalah penyakit yang umum pada bagian mahkota, slips dan anakan yang digunakan untuk penanaman baru. Busuk hitam adalah penyakit pasca panen yang hanya terjadi pada buah nenas yang terluka. Bintik daun putih hanya merupakan penyakit yang kurang penting. Patogen juga menginfeksi tebu dan palma.

Gejala

Pada nenas, hanya jaringan yang baru dipotong atau yang terluka yang dapat diinfeksi. Busuk lunak hitam dengan miselium warna gelap serta antrospora berkembang. Pada kelapa, gejala awal pada batang adalah pembusukan lunak yang bewarna kuning. Jaringan yang terinfeksi menjadi hitam dan cairan bewarna merah- coklat keluar dari titik infeksi. Cairan yang mengalir dapat mencapai beberapa kaki ke bagian bawah batang kelapa, mengakibatkan perubahan warna batang menjadi hitam pada waktu kering. Busuk jantung pada batang dapat berkembang sebagai akibat dari beberapa titik infeksi yang bergabung bersama. Pada palma yang lain, *T. paradoxa* menyebabkan pengkerdilan, nekrosis pada bagian bawah pinnae, defoliasi dan mati. Jaringan tengah (pith) dari palma yang sakit, membusuk dan meninggalkan lobang pada bagian tengah batang.

Sebaran Inang

Nenas, tebu, kelapa dan palma lain.

Epidemiologi

- Infeksi pada pucuk atau batang kelapa dapat mematikan.
- Ditemukan di hampir semua daerah penghasil kelapa.
- Akar yang terinfeksi mengakibatkan pembusukan bagian tengah batang.

Pengendalian

Bila nenas yang sudah terinfeksi dibiarkan mengering sebelum penanaman, maka pembusukan hanya akan mengakibatkan kerusakan yang terbatas. Ada hubungan yang erat antara curah hujan sebelum panen dengan penyakit sesudah panen. Untuk pengendalian penyakit ini, nenas yang baru dipotong tidak boleh ditanam kecuali sesudah direndam dalam fungisida atau dikeringkan. Untuk menghindari penyebaran patogen hindari pelukaan jaringan dan keluarkan bahan yang sudah terinfeksi di lapang.

Verticillium dahliae

Layu Verticillium

Pendahuluan

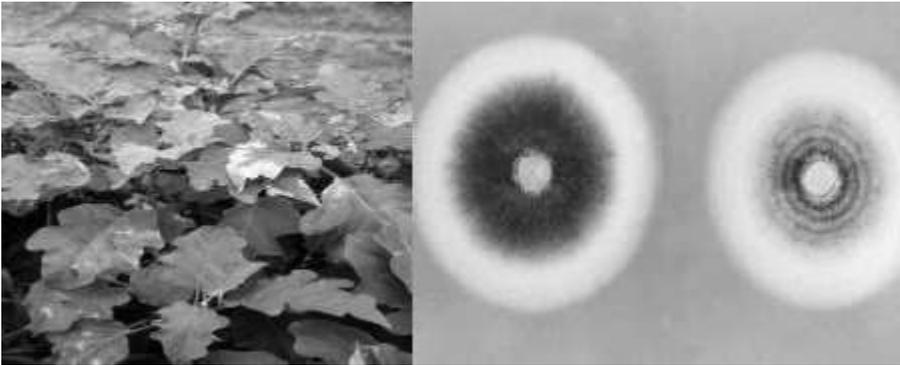
Verticillium spp. Nees. adalah patogen tanaman yang tersebar luas dan merusak tanaman pertanian. Patogen ini menyebabkan penyakit layu pada banyak jenis tanaman berdaun lebar (lebih dari 40 famili). *Verticillium dahliae* adalah patogen yang umum terdapat di banyak negara.



Daun kapas yang layu



Batang kapas layu



Layu Verticillium pada terong dan pertumbuhan dalam kultur

Gejala-gejala

Keparahan penyakit layu tergantung pada faktor-faktor seperti strain jamur, level inokulum dalam tanah, kultivar dan suhu. Gejala kelayuan biasanya lebih parah pada tanaman yang masih muda dari pada yang sudah dewasa. Gejala awal terdiri dari klorosis pada intervena daun, kehilangan turgiditas daun dan pengeritingan daun. Gejala akhir adalah penguningan, pencoklatan vena, nekrosis daun, layu, gugur daun, kerdil dan akhirnya kerusakan tanaman yang terinfeksi. Gejala-gejala menjadi lebih jelas pada musim panas, pada saat tanaman di bawah tekanan kelembaban dan suhu di atas 26°C. Dengan kelembaban yang cukup, tanaman yang terinfeksi dapat hidup sampai menjadi dewasa dengan gejala moderat. Tanaman ini dapat menjadi dewasa lebih awal. Gejala internal termasuk diskolorasi vaskuler coklat pada mahkota, batang utama, cabang dan petiol. Pada buah batu (stone fruits), kulit kayu terkupas dan menunjukkan lapisan kambium berwarna coklat. Pohon yang masih muda dapat mati, tetapi pohon yang sudah tua dapat hidup kembali dengan daun baru pada tahun berikutnya. Layu Verticillium pada kapas menurunkan hasil dan mutu dari fiber. Infeksi pada kapas di lapang biasanya tidak terlihat sampai tanaman berumur 35-40 hari sesudah tanaman mulai bertumbuh. Umbi kentang yang terinfeksi dapat mengembangkan diskolorasi coklat muda pada cincin vaskuler. Diskolorasi vaskuler yang parah dapat sampai ke pertengahan umbi. Lubang-lubang dapat terbentuk dalam umbi yang terinfeksi. Diskolorasi merah muda atau

coklat muda dapat terlihat di sekitar mata umbi kentang atau adanya blot-blot yang ireguler pada permukaan umbi yang telah terinfeksi. *V. dahliae* dan *V. albo-atrum* kedua-duanya dapat ditemukan pada tanaman tomat yang layu. Pada kukurbita, gejala akan bertambah dari bagian mahkota. Mutu buah akan berkurang, diskolorasi vaskuler terlihat serta gejala jaringan noda dan tanaman akan mati.

Patogen

Bila ditumbuhkan dalam PDA, *V. dahliae* menghasilkan miselium putih, halus dan langsing, sering dengan konidiofor yang bercabang. Konidia berbentuk hialin, unisel, oval, dan dihasilkan satu per satu atau dalam himpunan pada bagian ujung. Mikrosklerotia dapat terbentuk dalam satu minggu pada 20°C.

Sebaran Inang

Sebaran inang dari *V. dahliae* termasuk kacang tanah, brasic, kapsikum, cinnamon, kukurbita, kapas, tomat, kentang, mangga, tembakau, pistachio, dan sesame.

Epidemiologi

V. dahliae bertahan hidup dalam tanah sebagai mikrosklerotia selama beberapa tahun. Bila debris tanaman yang terinfeksi terurai, mikrosklerotia yang dihasilkan dalam jumlah besar pada jaringan yang terinfeksi akan dikeluarkan ke dalam tanah. Mereka akan tetap dorman sampai germinasi distimulasi oleh eksudat akar tanaman. Infeksi berkembang melalui korteks akar ke xylem. Didalam xylem, miselium selanjutnya mengkolonisasi vessel dan menghasilkan konidia yang bergerak cepat melalui arus transpirasi ke bagian atas tanaman. Gulma juga penting dalam hal persistensi patogen di antara tanaman yang peka. Infeksi terjadi di musim semi, dan gejala mulai terlihat pada pertengahan musim panas. Gejala menjadi lebih parah di akhir musim panas, tapi dapat tidak kelihatan sesudah tahun berikutnya atau bertahun-tahun sesudah infeksi.

Patogen didesiminasikan ke seluruh lapang oleh peralatan pertanian, angin, dan pergerakan air atau biji yang telah terinfeksi.

Pengendalian

- Tanamlah di lokasi yang belum terinfeksi.
- Lokasi tanah yang terinfeksi harus dilakukan lebih banyak irigasi untuk mereduksi penyakit layu dan membiarkan tanaman menjadi dewasa.
- Pilihlah varietas yang cepat menjadi tua, varietas yang lebih toleran dan biji yang bebas penyakit.
- Praktek-praktek kultural yang dapat meningkatkan suhu tanah dan menurunkan insiden penyakit.
- Pemberian nitrogen yang terlalu banyak dapat mempromosi penyakit, tapi potassium yang tinggi menurunkannya.
- Hindarilah penanaman secara terus-menerus tanaman yang peka. Masukkan tanaman rumput atau gunakan tanah yang sudah lama tidak ditanami dalam rotasi tanaman.
- Karena banyak gulma merupakan inang dari patogen ini, pengelolaan gulma dapat mereduksi jumlah inokulum dalam tanah. Keluarkan dan bakarlah residu-residu tanaman yang terinfeksi.
- Umbi kentang yang terkontaminasi dengan tanah yang terinfeksi harus diperlakukan dengan fungisida. Kendalikan nematoda untuk mengurangi jumlah lokasi-lokasi infeksi.

BAB XII

TEKNIK LABORATORIUM

Media

Sejumlah besar media telah dikembangkan untuk pertumbuhan jamur. Banyak di antaranya adalah media umum yang cocok untuk pertumbuhan banyak jenis jamur, sedangkan lainnya adalah media selektif untuk isolasi jamur-jamur tertentu dari tumbuhan atau tanah. Semua media memiliki sifat yang sama yaitu adanya agen pengeras (biasanya agar) dan sejumlah hara makanan yang penting untuk pertumbuhan jamur. Media dapat berupa sintetik, yang dibuat dari beberapa konstituen bahan kimia atau dari bahan alami seperti ekstrak tanaman.

Banyak media mikologis yang mengandung karbohidrat tinggi. Media ini membuat pertumbuhan jamur menjadi lebih cepat, dengan pertumbuhan miselium yang banyak. Namun demikian, penanaman dalam media secara berulang-ulang kadang-kadang menyebabkan terjadinya kemerosotan kultur dan hilangnya virulensi. Spora-spora dan struktur lainnya yang digunakan untuk identifikasi kadang-kadang sangat bervariasi pada media yang kaya. Dengan alasan ini maka lebih dipilih media yang memiliki hara makanan yang rendah untuk pemeliharaan kultur dan untuk identifikasi.

Beberapa komponen media.

Air yang berasal dari jaringan air yang disuplai oleh swasta / pemerintah cocok digunakan untuk beberapa jenis media, karena air tersebut mengandung element-element tertentu (trace element) yang mungkin tidak ada dalam air destilasi. Namun demikian di daerah-daerah tertentu air seperti ini mungkin mengandung bahan yang bersifat racun bagi jamur. Salah satu yang paling penting adalah tembaga, yang bersifat penghalang bagi pertumbuhan banyak spesies

Phytophthora serta jenis lainnya. Dalam hal ini air destilasi lebih dipilih untuk digunakan.

Agar merupakan ekstrak dari algae dan mutunya dapat berubah tergantung pada sumbernya. Tersedia dalam bentuk tepung atau dalam blok atau bentuk lempengan. Banyak tepung agar yang larut dengan mudah pada waktu diautoklaf. Resep yang diberikan di bawah ini adalah tipe agar seperti ini. Beberapa tepung agar dan semua agar bentuk padat perlu untuk dilarutkan dengan mendidihkan dalam air sebelum ditambahkan dalam media. Untuk menguji apakah demikian, buatlah 1,5 % agar air dan diautoklaf untuk waktu standar. Apabila dituangkan dalam pinggan petri, harus menjadi padat, dan gel yang berwarna jernih. Apabila media tidak terbentuk secara benar, atau berwarna kabur, maka agar tersebut perlu untuk dilarutkan terlebih dahulu. Untuk melakukan ini, buatlah suspensi agar yang dibutuhkan dalam setengah volume air sebagaimana yang ditentukan dalam resep dan dididihkan selama dua jam. Tambahkan air sampai pada volume awal, dan kemudian ditambahkan larutan agar dan bahan lainnya sebelum diautoklaf.

Antibiotik dapat ditambahkan dalam media isolasi untuk mencegah pertumbuhan bakteri. Kebanyakan antibiotik (kecuali chloramphenicol) tidak stabil apabila dipanaskan dan perlu ditambahkan ke dalam media sesudah diautoklaf. Antibiotik ini dilarutkan dalam air steril sesuai resep.

Untuk banyak keperluan dapat ditambahkan langsung pada media, tetapi untuk suatu pekerjaan yang kritis larutan antibiotik disterilisasi dan difilter sebelum digunakan. Jenis-jenis antibiotik yang umum dipakai adalah:

Penisilin, aktif melawan bakteri gram positif, larut dalam air
Streptomisin, aktif melawan bakteri gram negatif, larut dalam air
Neomisin, aktif melawan bakteri gram positif, larut dalam air
Kloramfenikol, aktif melawan bakteri gram positif dan gram negatif, larut dalam etanol kloramfenikol dapat ditambahkan ke dalam media sebelum diautoklaf. Antibiotik diduga bersifat karsinogenik. Semua antibiotik harus ditangani secara hati-hati.

Fungisida sering digunakan untuk media selektif. Sebagai contoh, *Fusarium* spp, tahan terhadap pentakloronitrobenzen (PCNB; Terrachlor atau Quintozene dan dikloronitrianiilin (DCNA; Allisan) dan

fungisida-fungisida ini ditambahkan ke dalam media selektif untuk Fusarium.

Rose Bengal ditambahkan dalam beberapa media yang dipergunakan untuk isolasi dari tanah. Bahan ini menghalangi pertumbuhan semua jamur dan ditambahkan untuk menghindari spesies yang bertumbuh cepat menjadi koloni besar sehingga menghalangi pertumbuhan jamur yang bertumbuh lambat, media rose bengal harus disimpan dan diinkubasi di ruang gelap.

Media untuk keperluan Umum

1. Water Agar (WA)

Agar air (2%) terdiri dari 20 g agar dalam 1 liter air dan direkomendasi sebagai substrat untuk perkecambahan konidia dan dipergunakan untuk memulai kultur spora tunggal. Pertumbuhan hifa dalam media ini sangat jarang, jadi cocok untuk kultur-kultur pengambilan ujung hifa tunggal untuk memulakan koloni baru. Pertumbuhan yang jarang dalam agar air juga memfasilitasi isolasi jamur dari bahan tumbuhan, terutama akar.

Agar air (0.05%), 0.5vg agar dalam 1 liter air, dipergunakan dalam persiapan seri pengenceran tanah. Agar dilarutkan dalam air sebelum dibagikan ke dalam botol-botol McCartney. Botol-botol tidak ditutup rapat selama sterilisasi dan penutup-penutup dikuatkan setelah sterilisasi berakhir.

2. Carnation Leaf-Piece Agar (CLA)

CLA adalah media substrat alami (Snyder & Hansen, 1947) dipersiapkan dengan meletakkan penggalan-penggalan daun anyelir (sekitar 1 penggal per 2 ml agar) dalam piringan petri dan kemudian ditambah 2 % agar air steril.

Potongan daun anyelir dibuat dari daun anyelir segar yang bebas dari residu fungisida. Secepatnya sesudah dipetik daun-daun di potong-potong menjadi 5-8 mm dan dikeringkan dalam oven pada sekitar 70oC selama 3-4 jam sampai menjadi rapuh.

Potongan-potongan daun juga dapat dikeringkan dalam oven microwave. Potongan daun kering dibungkus dengan aluminium atau kontainer polikarbonat dan disterilisasi dengan Gamma irradiasi (2,5

megarad). Potongan daun steril disimpan pada 2-5 oC dan dapat bertahan selama 12 bulan.

Banyak spesies yang bersporulasi dalam CLA dalam 6-10 hari. Dengan menggunakan media ini bentuk-bentuk konidia biasanya lebih uniform dibandingkan dengan menggunakan media yang kaya dengan karbohidrat seperti PDA. Mikrokonidia yang dibentuk dan sporodokia lebih disukai digunakan dalam identifikasi karena mereka lebih konsisten dalam bentuk dan panjang daripada makrokonidia yang dibentuk dalam monofialid soliter pada hifa dalam agar.

Mikrokonidia lebih umum terbentuk pada hifa yang bertumbuh dalam agar yang kadang-kadang jauh dari potongan daun. Cara pembentukan mikrokonidia, adanya rantai mikrokonidia, dan adanya klamidospora dapat ditentukan dengan pemeriksaan langsung dalam mikroskop bila sepotong CLA kecil (diameter 5cm) dipergunakan untuk identifikasi secara rutin kultur-kultur Fusarium. Sejumlah jamur membentuk peritesia dalam CLA apabila diinkubasi di bawah cahaya.

3. KCl Agar

Penambahan 4-8g-1 KCl ke dalam WA atau CLA meningkatkan jumlah dan panjang rantai dalam kultur dengan karakteristik ini. Rantai-rantai lebih mudah diperiksa karena kurangnya air pada permukaan agar dan kurangnya droplet air pada miselum udara. Spesies dari *Cylindrocladium* akan lebih mudah membentuk stipe dalam media ini.

4. V8-Juice Agar

30 % (v/v) suspensi V8 Juice (Campbell's Soups Pty. Ltd) dibuat dengan 2 % WA. Sebelum penambahan agar PH juice harus diatur menjadi 5.5-6.5 dengan menggunakan 1.0M NaOH. Medium ini telah digunakan untuk merangsang pembentukan peritesia dari *Haemanectria hamatococca*. Juga dapat digunakan untuk pembentukan pseudotesia pada *Pyrenophara tritici-repentis*.

5. Potato Dextrose Agar (PDA)

PDA adalah medium yang kaya dengan karbohidrat dan mengandung 20g dekstrosa, 20g agar dan larutan dari 250 g kentang

putih yang dibuat menjadi 1 ltr dengan air kran. Kentang tidak dikupas tetapi dicuci dan dipotong-potong sebelum dididihkan sampai menjadi agak lembut. Kentang yang telah direbus, disaring melalui kain filter dengan meninggalkan sedikit sedimen.

Konidia yang terbentuk dalam PDA biasanya bervariasi dalam bentuk dan ukuran, jadi kurang baik untuk identifikasi. Namun demikian morfologi koloni, pigmentasi dan kecepatan pertumbuhan *Fusarium* spesies dalam PDA cukup konsisten bila medium disiapkan secara teliti dan bila kultur dimulai dari inokulum standar dan inkubasi dalam kondisi standar. Karakter-karakter koloni ini berguna sebagai kriteria untuk identifikasi sekunder. Meskipun PDA berguna untuk isolasi banyak jenis jamur, banyak jamur saprofit dan bakteri juga bertumbuh dalam PDA dan dapat menghalangi pertumbuhan kembali patogen. Dianjurkan bahwa konsentrasi kentang dan dextrose diturunkan 50-75% apabila medium digunakan untuk isolasi *Fusarium* spesies dan jamur lain dari bahan tumbuhan.

6. Carrot Agar

Dipergunakan dalam studi fertilitas untuk spesies *Gibberella* dan untuk pertumbuhan *Thielaviopsis basicola*.

400g wortel dicuci dan dipotong-potong menjadi bagian yang kecil. Diautoklaf selama 10 menit dalam 400 ml air. Wortel dan air diblender sampai membentuk campuran yang sama dan kemudian ditambah 500ml air. Tambahkan 20 g agar dan diotoklaf.

7. Soil Agar (SA)

Pembentukan kladospora meningkat dalam SA. Jadi medium ini merupakan suplemen kritis untuk identifikasi beberapa spesies *Fusarium*.

SA disiapkan dengan menambahkan 500g tanah kering yang sudah disaring dan 15 g agar ke dalam 1 liter air. Jumlah tanah yang dipergunakan dapat bervariasi sesuai tipe tanah. Pembentukan kladospora yang berlimpah oleh berbagai spesies telah diamati dalam SA yang dipersiapkan dengan 250 g tanah liat hitam. Medium yang sudah diautoklaf harus digoyang secara reguler sementara cairan agar dituangkan untuk mendapatkan penyebaran bahan yang sama dalam pinggan petri.

Media Selektif

1. Peptone PCNB Agar (PPA /Nash-Snyder Medium)

PPA terdiri dari medium dasar dimana antibiotik dan fungisida ditambahkan untuk memungkinkan isolasi spesies *Fusarium* dari dalam larutan tanah (Nash & Snyder, 1962). Medium ini sangat menghambat jenis-jenis jamur yang lain dan bakteri tetapi memungkinkan pertumbuhan lambat dari *Fusarium* yang membentuk koloni-koloni kecil berdiameter 5-10 mm sesudah 5-7 hari.

Basal Medium dalam 1 liter air :

Agar 20.0 g

Pepton 15.0 g

KH₂PO₄ 1.0 g

MgSO₄.7H₂O 0.5 g

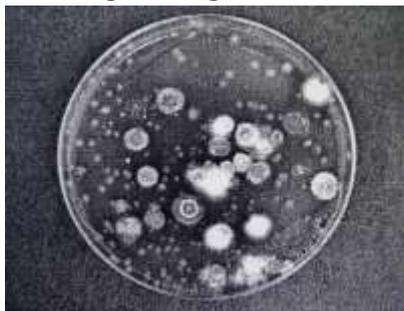
Terrchlor 1.0 g (mengandung 75% w/w)

Basal medium diautoklaf kemudian dinginkan sampai 55oC, sebelum ditambahkan dalam 10 ml air steril :

1.00 g Streptomisin

0.12 g Neomisin

Petri yang sudah disiapkan harus dikeringkan dalam ruangan gelap yang dingin agar air dalam suspensi tanah diserap dengan cepat. Kebanyakan spesies *Fusarium* tidak membentuk koloni-koloni yang jelas pada PPA, sporulasinya kurang baik dan morfologi dari konidia tidak normal. Koloni-koloni harus disubkultur untuk diidentifikasi. Kultur-kultur *Fusarium* tidak boleh dipelihara dalam PPA karena metabolisme peptone akan menyebabkan terjadinya akumulasi amonia yang beracun.
*Streptomisin efektif untuk gram negatif, neomisin untuk gram positif.



Fusarium sp. pada PPA yang diisolasi dari tanah

2. Selektif Fusarium Agar (SFA)

Medium SFA ini adalah medium dimodifikasi yang mengandung anti mikroba.

Basal medium dalam 1 liter air:

- 20.0 g agar
- 20.0 g dekstrosa
- 0.5 g KH_2PO_4
- 2.0 g NaNO_3
- 0.5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- 1.0 g ekstrak yeast
- 1.0 % $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 ml

Basal medium diautoklaf kemudian didinginkan sampai suhu 55°C lalu ditambahkan bahan anti mikroba dalam 10 ml air steril:

- 0.1 g streptomisin sulfat
- 0.013 g dichloran* ditambahkan sebagai AlisanR
- 0.01 g neomisin sulfat

SFA memungkinkan *Fusarium* sp. dari akar tanaman dan sisa-sisa tanaman yang pertumbuhannya lambat, kurang terhambat oleh sebagian besar jamur, dibanding pada PPA. Koloni spesies berbeda yang berkembang dari potongan akar atau sisa tanaman dapat lebih efisien dibedakan dibandingkan pada PPA. SFA tidak sesuai untuk isolasi spesies *Fusarium* dari larutan tanah. Catatan : Dichloran (2,6-dichloro-4-nitroaniline) 0.0065g dapat diganti dengan AllisanR 0.013 g atau dengan fungisida PCNB (pentachloronitrobenzene) 0.75 g/L-1, seperti 1 g TerrachlorR.

3. Dichloran Chloramphenicol Peptone Agar (DCPA)

DCPA dikembangkan untuk isolasi selektif *Fusarium* sp. dan Dematiaceous : *Hyphomisetes* dari bijian sereal (Andrew and Pitt, 1986).

Basal medium; dalam 1 liter air destilasi mengandung:

- 20.0 g agar
- 15.0 g peptone
- 1.0 g K_2HPO_4
- 0.2 g chloramphenicol*

Setelah diautoklaf, dalam 10 ml etanol tambahkan 0.002 g dichloran

Fusarium spesies menghasilkan koloni-koloni yang baik pada DPCA. Medium ini merupakan alternatif yang digunakan untuk identifikasi spesies Fusarium karena makrokonidianya seragam dan sama dengan yang terbentuk pada CLA (Hoking and Andrews, 1987). Miselium udara lebih tersebar pada DCPA dibanding pada CLA sehingga makrokonidia yang dihasilkan sedikit. Klamidospora juga lebih sedikit pada DCPA dibandingkan dengan pada CLA. DCPA tidak boleh digunakan sebagai medium pemeliharaan karena metabolisme pepton dapat menyebabkan akumulasi ammonia sampai ke tingkat beracun. Jamur Mucoraceous ditekan oleh dichloran dan ketiadaan sumber karbohidrat menjadi selektif bagi Aspergillus dan Penicillium spesies.

*Chloramphenicol merupakan antibiotik berspektrum luas yang dapat diautoklaf.

4. Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA)

SNA adalah agar nutrient lemah yang dapat digunakan untuk identifikasi dan pemeliharaan isolat Fusarium dan *Cylindrocarpum* (Nirenberg, 1976). Selain membatasi pemerosan kultur, medium ini memicu sporulasi yang seragam dan perkembangan sel konidiogenus yang baik.

SNA dibuat dengan mengautoklaf dalam 1 liter air :

1.0g KH₂ PO₄
1.0g KNO₃
0.5 g MgSO₄ .7H₂O
0.5 g KCl
0.2 g glukosa
0.2 g sukrosa
20.0 g agar

Untuk memicu terjadinya sporulasi, dua lembar kertas filter steril (1 cm²) diletakkan pada permukaan agar yang telah mengeras. SNA berwarna transparan sehingga dapat dilihat secara langsung di bawah mikroskop atau menempatkan potongan kecil pada slide dan ditetesi air kemudian ditutup dengan gelas penutup untuk observasi. Cairan broth yang terbuat dari miselium ini tanpa penambahan agar sering digunakan ekstraksi DNA.

5. Modified Potato Dextrose Agar (MPDA)

MPDA dikembangkan untuk isolasi selektif jamur patogen dari mahkota tanaman gandum, khususnya jamur penyebab busuk mahkota, *Fusarium pseudograminearum* dan busuk akar *Bipolaris sorokiniana*.

Basal medium disiapkan seperti pada PDA tetapi konsentrasi larutan kentang dan dekstrosa hanya separuh. Sepuluh gram dekstrosa dan kaldu dari 125 g kentang dibuat menjadi 1 liter. Konsentrasi agar juga dapat diturunkan menjadi 15 g apabila mahkota gandum dalam jumlah yang besar dan dituang dalam nampan stainless steel.

Setelah basal medium diautoklaf dan didinginkan sampai suhu 55oC, tambahkan antibiotic dalam 10 ml air steril, 0.16 g streptomisin sulfat, 0.013g dikloran (ditambahkan seperti AllisanR) dan 0.06 g neomisin sulfat.

MPDA memungkinkan pembentukan koloni *F. graminearum* yang jelas dan menekan pertumbuhan jamur *mucoraceus* serta spesies *Trichoderma*.

6. Komada's Medium

Komadas medium dianjurkan untuk isolasi selektif *F. oxysporum* dari tanah. Koloni *F. oxysporum* berpigmen. Spesies *Fusarium* lainnya ditekan untuk berkembang. Basal medium mengandung bahan-bahan dalam 1 liter air destilasi dan diautoklaf (121oC selama 15 menit) lalu dinginkan sampai 55oC baru ditambah antimikroba.

1.0 g K₂HPO₄

0.5 g KCl

2.0 g asparagine

20.0 g D galaktosa

15.0 g agar

Dalam basal medium tambahkan 10 ml air destilasi:

1.0 g PCNB seperti Terrachlor®

0.5 g oxygall

1.0 g Na₂ B₄ O₇ .10H₂O

0.3 g streptomisin sulfat

pH diatur sampai 3.8 ±0.2 dengan 10% asam fosforik

7. Phytophthora selektif medium (PSM)

20 ml wortel (bubur)

80 ml kentang (bubur) (lihat resep di bawah) 8 g agar

buatlah menjadi 1 liter dengan air destilasi, diautoklaf dan setelah dingin (60oC) tambahkan :

3.7 ml Himexasol dalam air

400 µl Pimarisin

200 mg Penisilin

Bungkus pinggan petri dengan pembungkus plastik dan simpan dalam kulkas tanpa cahaya. Dibuang setelah 1 bulan.

Mengumpan dengan menggunakan tanah

Buatlah larutan tanah 100 ml menjadi 400 ml dengan air destilasi. Aduk dan tambahkan potongan PSM dan diamkan selama 24 jam. Masukkan larutan tanah dalam kulkas selama 2 jam untuk kejutan dingin. Keluarkan potongan PSM secara hati-hati dengan menuang larutan melalui saringan. Keringkan dengan cepat namun harus hati-hati. Biarkan selama 48 jam untuk terjadinya pertumbuhan. *Phytophthora cinnamomi* dapat diidentifikasi di bawah mikroskop berupa hifa tebal.

8. Grass-blade Medium (Medium Potongan Rumput) untuk Oomycetes

Sporangium dan oogonium *Pythium* dan *Phytophthora* dapat diamati dengan baik melalui miselium yang bertumbuh dalam air. Cara ini dapat disiapkan dengan mengkulturkannya pada potongan rumput dalam pinggan petri yang berisi air. Potonglah rumput, jagung, atau sorgum menjadi bagian-bagian kecil (0.5 – 1 cm). Didihkan dalam air selama 10 menit kemudian letakkan 4 – 5 potong ke dalam pinggan petri yang berisi 15 – 20 ml air steril. Inokulasi dengan penyumbat dari kultur media. Jamur akan mengkolonisasi potongan rumput dan miselium akan bertumbuh pada permukaan air. Untuk memeriksa, letakkan cover slip dibagian bawah air. Dengan berhati-hati usiklah beberapa miselium dan letakkan pada cover glas. Keluarkan cover glas dari kultur, dibalik dan diletakkan pada satu tetes air dalam slide mikroskop.

9. Selektif Mediumn untuk mendapatkan kembali Thielaviopsis - TB-CEN

Agar air yang dingin (45 – 50oC) ditambahkan :

- 40 – 60 ml jus wortel
- 400 mg Etridiazol
- 250.000 unit Nystatin
- 500 mg Chlortetracyklin HCl
- 1 g CaCO₃

Medium untuk inoculum Alami

Chaff-Grain Medium (Medium Dedak Biji-bijian)

Inoculum yang cocok untuk ditambahkan ke dalam tanah dalam uji patogenisitas dapat dilakukan dengan menggunakan dedak bijian yang sudah dikolonisasi sebagai substrat. Ini sangat sesuai untuk spesies yang tidak membentuk klamidospora tetapi yang biasanya tetap hidup dalam tanah sebagai hifa pada residu tumbuhan.

Dedak sereal dan biji sereal yang sudah digiling (rasio 5 : 1) dicampur dan direndam dalam air selama 1 malam pada suhu 5oC untuk mengeluarkan senyawa fenol, ditiriskan lalu disebarkan dalam botol atau kantong oven polyester. Kontainer ditutup rapat dengan kapas, diautoklaf selama 15 menit dalam 2 hari berturut- turut. Kontainer diinokulasi dengan konidia atau suspense miselium (2 ml per250 ml campuran dedak biji-bijian) dan diaduk sampai merata dan diinkubasikan. Campuran ini harus selalu diaduk untuk merangsang sporulasi. Apabila seluruh medium sudah dikolonisasi, kering-anginkan sampai ukuran yang dikehendaki untuk ditambahkan ke tanah atau dapat disimpan sampai 12 bulan pada suhu 2 – 5oC.

Sterilisasi bahan dan alat

Pendahuluan

Sterilisasi adalah suatu istilah yang berarti pengrusakan sempurna atau penghilangan semua organisme. Pilihan metode tergantung terutama pada sifat alami dari bahan yang akan disterilisasi.

Sterilisasi panas

Suhu dan waktu untuk membunuh mempunyai hubungan terbalik. Tabel di bawah ini menunjukkan waktu minimum yang dibutuhkan untuk sterilisasi efektif pada suhu tertentu dalam pemanasan basah atau kering :

Suhu °C	Panas basah (jam)	Panas kering (jam)
100 °C	20	
110 °C	2.5	
115 °C	50 menit	
121 °C	15 menit	
125 °C	6.5 menit	
130 °C	2.5 menit	
140 °C		8
150 °C		2.5
160 °C		1
170 °C	40 menit	
180 °C	20 menit	

Waktu-waktu ini tidak menjamin untuk sterilisasi. Itu adalah waktu yang dihitung dari pengalaman dan didasarkan pada tingkat normal kontaminasi dengan ketahanan panas dari organisme.

Spesies, strain dan kemampuan membentuk spora dari mikroba mempengaruhi kepekaannya terhadap panas. Dalam panas lembab, bentuk vegetatif dari banyak bakteri, ragi, dan jamur, serta kebanyakan virus-virus hewan, terbunuh dalam waktu 10 menit pada suhu antara 50-600 C. Di pihak lain spora-spora bakteri membutuhkan sampai 15 menit pada suhu dari 100-121o C. Dalam panas kering, spora bakteri membutuhkan 1 jam pada suhu 160o C.

Sifat dari bahan organisme yang dipanaskan juga merupakan faktor penting. Kandungan senyawa organik yang tinggi umumnya dapat memproteksi spora dan struktur vegetatif melawan aksi mematikan dari panas. Protein, gelatin, gula, tepung, asam nukleat, lemak dan minyak semuanya bereaksi dengan cara ini. Pengaruh lemak dan minyak adalah tertinggi pada panas lembab karena dapat menghalangi akses uap lembab terhadap mikroba. Penambahan

desinfektan organik atau anorganik memiliki pengaruh yang bertentangan, yaitu memfasilitasi pengrusakan mikroba. pH juga sangat penting. Spora bakteri yang tahan panas pada pH netral dan berkurang sejalan dengan meningkatnya asiditas atau alkalinitas. Hal ini mempunyai kegunaan praktis dalam sterilisasi alat-alat metal. Didihkan air pada 2 % Na_2CO_3 selama 10 menit, sama efektif dengan mendidihkan air biasa selama beberapa jam.

Sterilisasi panas kering

Panas kering membunuh mikroba dengan oksidasi. Proses kering merupakan metode yang terbaik untuk sterilisasi alat – alat gelas kering seperti tabung reaksi, flask, pipet, siringe gelas dan instrument-instrument seperti forsep, scalpel, gunting dan lain- lain. Oven dengan udara panas juga dipergunakan untuk sterilisasi bahan kering dalam kontainer tertutup dan tepung, lemak, minyak dan lumas (grease) yang tidak tembus terhadap uap lembab. Bahan- bahan inidipenetrasi secara sangat lambat oleh panas sehingga harus disterilisasi secara hati-hati.

Alat-alat gelas harus dibungkus untuk memungkinkan penetrasi udara panas ke seluruh bungkusan. Ini dapat dibantu dengan kipas. Periode waktu yang dibutuhkan untuk sterilisasi pada 60o C adalah 1 jam. Namun demikian, kebanyakan oven terutama bila berisi penuh, akan memakan waktu 2-3 jam untuk mencapai suhu tersebut. Jadi 4 jam pada suhu 160oC merupakan waktu minimum untuk bungkusan yang besar. Empat jam pada suhu 170oC merupakan margin yang aman. Oven tidak boleh dibuka selama pengeringan karena sekali dibuka dalam waktu beberapa detik saja dapat menurunkan suhu sampai 70o C yang akan membutuhkan waktu 1 jam bagi oven untuk mencapai suhu awal. Hal ini akan beresiko tidak terjadinya sterilisasi.

Sterilisasi panas basah

Keadaan basah membunuh mikroorganisme kemungkinan dengan cara koagulasi dan denaturasi enzim-enzim dan struktur proteinnya, suatu proses dimana air juga berpartisipasi. Semua media kultur disterilisasi dengan cara ini. Adalah penting untuk diketahui bahwa membunuh dengan panas lembab membutuhkan kontak uap dengan mikroorganisme, dan apabila hal ini diproteksi dari

pembahasan dengan lumas atau paket air maka mereka hanya akan memperlemah proses sterilisasi. Uap yang sudah tersaturasi lebih efektif dari panas kering, sebagian karena kemampuan membunuhnya dan sebagian juga karena peningkatan suhu yang cepat dari bahan yang disterilisasi. Uap murni pada tekanan atmosfer mempunyai suhu 100°C. Eksposur tunggal selama 90 menit sering gagal untuk mensterilisasi pada 100°C karena hanya beberapa jamur termofil dan sedikit mesofil yang dapat bertahan hidup dengan perlakuan ini. Metode yang lebih umum dipakai adalah sterilisasi dengan menggunakan uap yaitu “Tyndallisation” pemanasan pada 100°C selama 30-45 menit pada 3 hari berturut-turut.

Mengautoklaf pada suhu lebih besar dari 100°C adalah metode yang paling baik dan paling banyak dipergunakan untuk sterilisasi kultur media dan bahan-bahan kedokteran. Kebanyakan autoklaf dan pemasak tekanan (pressure cooker) dioperasikan pada suhu 121°C dimana periode tunggu untuk sterilisasi adalah 15 menit. Adalah penting bahwa semua udara dikeluarkan dari otoklaf, karena kalau tidak maka suhu yang dibutuhkan tidak akan tercapai. Banyak autoklaf besar yang melakukan ini secara otomatis.

Bila menggunakan pemasak tekanan atau autoklaf manual, biarkan uap keluar dari outlet selama 2-3 menit sebelum menutup valve atau meletakkan penutup. Seharusnya menggunakan basket dan bukan timah. Pipet tidak boleh diautoklaf dalam canister karena kantong udara membuat cara ini menjadi tidak efisien dalam proses sterilisasi. Suhu dan bukan tekanan yang merupakan kriteria penting untuk prosedur sterilisasi.

Autoklaf harus diatur agar tekanan dalam ruang tidak turun dengan cepat dan mengakibatkan media mendidih dan membasahi penutup (plug). Media harus ditinggalkan dalam otoklaf selama sekitar 5 menit setelah kembali ke tekanan atmosfer, karena terkadang larutan tetap sangat panas dan apabila ditinggalkan dalam otoklaf untuk periode yang lama, akan kehilangan volume dalam jumlah yang lumayan karena akan terbentuk vakum dalam otoklaf. Upaya yang harus dilakukan untuk menghindari sterilisasi volume media yang besar dan kecil bersamaan karena untuk volume besar memerlukan waktu yang lama untuk mencapai suhu yang diinginkan dan ini akan mengakibatkan media dalam volume kecil menerima pemanasan yang

terlalu lama. Dibawah ini adalah panduan waktu ekstra yang harus ditambahkan untuk mencapai suhu yang diinginkan :

Volume cairan (Botol)	Waktu extra (menit)	Total waktu 121 °C (Menit)	Volume cairan (conical flask)	Waktu extra (menit)	Total waktu 121 °C (Menit)
100 mL	10 min	25 min	100 mL	2 min	17 min
250 mL	12 min	27 min	250 mL	4 min	19 min
500 mL	18 min	33 min	500 mL	8 min	23 min
1000 mL	22 min	37 min	1000 mL	12 min	27 min
2000 mL	27 min	42 min	2000 mL	20 min	35 min

Sterilisasi dengan Filtrasi

Mikroba dapat juga dikeluarkan dari cairan melalui filter yang mempunyai pori yang sangat kecil untuk menangkap bakteri. Metode ini digunakan untuk mensterilisasi serum, larutan antibiotic, lautan karbohidrat dan media yang labil terhadap panas. Ada dua tipe utama filter yang digunakan yaitu filter asbestos dan filter membrane. Asbestos dari filter seitz memiliki beberapa kelemahan untuk pekerjaan laboratorium, tetapi karena biayanya murah, masih tetap dipergunakan secara extensive dalam beberapa industry. Filter membrane telah berkembang dalam penggunaannya di laboratorium- laboratorium sejak beberapa tahun terakhir ini.

Filter membran berbentuk tipis, struktur lembaran yang berpori dari ester selulose atau bahan polimerik yang sejenis. Semua partikel yang lebih besar dari ukuran pori tertahan dalam filter. Ukuran pori antara 14μ sampai 0.25μ , dan sangat uniform (variasi dari 0.045μ filter kira-kira $+ 0.02\mu$) dan mencakup sekitar 80 % dari total volume filter. Jadi kecepatan mengalir biasanya jauh lebih besar dari filter-filter

lain yang memiliki ukuran kemampuan yang sama. Apabila suatu masalah kompatibilitas terjadi, filter yang tahan terhadap larutan juga tersedia. Mereka dapat diotoklaf dengan baik satu demi satu pada suhu 121 oC selama 15 menit.

Membrane filter berukuran 0.22 μ biasanya digunakan dalam pengoperasian karena semua bakteri yang telah dilaporkan lebih besar dari 0.22 μ dan dengan sendirinya secara fisik dapat tertahan dalam segala kondisi oleh filter. Sistem tekanan positif lebih menguntungkan dibanding dengan sistem tekanan negatif karena:

- a. Tekanan yang lebih besar dapat diterapkan
- b. Kontaminasi saat pemindahan bahan flask vakum steril ke tempat kerja dapat dieliminasi,
- c. Kemungkinan untuk terjadinya kebocoran yang menyebabkan kontaminasi ke dalam flask dieliminasi,
- d. Eliminasi rongga udara (dan adanya denaturasi) larutan protein dapat dicapai.

Bila mensterilisasi cairan dengan bahan partikulat tersuspensi tinggi maka prefilter gelas microfiber perlu digunakan untuk menghalangi penyumbatan membrane yang tidak diinginkan.

Sterilisasi Alat

Forsep, jarum inokulasi dan alat-alat lainnya harus disterilisasi sebelum terjadi kontak dengan kultur untuk menjaga terjadinya kontaminasi silang.

Jarum inokulasi, dapat disterilisasi dengan memanaskannya dalam api sampai menjadi merah. Jarum harus didinginkan terlebih dahulu sampai ke suhu ruangan sebelum dipergunakan. Jarum yang panas adalah penyebab umum kegagalan dalam melakukan subkultur.

Forsep dan scalpel, disterilisasi dengan meletakkannya dalam beaker yang berisi alkohol. Sebelum digunakan, alkohol yang masih melekat pada peralatan dibakar dengan melewati forsep di atas nyala api. Jangan menahan alat dalam api karena alat tersebut akan menjadi panas. Berhati-hati untuk tidak meletakkan alat yang panas atau sedang menyala dalam atau dekat alkohol, karena berbahaya akan terjadinya kebakaran.

Sterilisasi Permukaan Tempat Bekerja

Nampan, permukaan meja dan tempat-tempat lain dapat disterilisasi dengan menggunakan cairan desinfektan. Alkohol adalah bahan yang paling banyak digunakan dalam hal ini. Alkohol bekerja dengan sangat baik sebagai sterilan apabila mengandung sedikit air, dan larutan 70 % etanol adalah yang cocok. Larutan Hipoklorit seperti 1 % sodium hipoklorit juga sangat efektif, tetapi bahan ini mengeluarkan bau yang kurang enak, dan meninggalkan residu padat dan merusak pakaian.

Prosedur Pengkulturan

Kondisi Inkubasi

Sporulasi dan pigmentasi jamur akan berkembang dengan baik apabila ada cahaya, termasuk panjang gelombang ultra violet, dan fluktuasi suhu. Semua kultur untuk identifikasi di Fusarium Research Laboratory (FRI) diinkubasi pada suhu berganti-ganti yaitu 25 oC pada siang hari/20 oC pada malam hari, dengan fotoperiod 12 jam. Kultur diinkubasi 40 cm di bawah light bank (lebar 75 cm) yang dilengkapi dengan 140 W tabung floresen putih dingin dan 36 W tabung cahaya hitam (Philip TL 36 W/80 RS F40 BLB). Dua lampu meja (light bank) dan dua rak untuk kultur dibuat pada frame yang dapat bergerak dengan dipisahkan oleh jarak 20 cm antara rak atas dan bawah untuk mencegah panas lampu dari bagian bawah.

Bila lampu tabung dekat ultraviolet (cahaya hitam) tidaktersedia maka dapat digunakan lampu tabung cool white fluorescent atau ditempatkan pada cahaya difus di siang hari karena banyak jamur akan bersporulasi dengan baik pada cahaya- cahaya itu. Sinar matahari langsung dapat membunuh kultur. Cahaya lampu pijar jangan digunakan karena sinar merah dapat menghambat sporulasi dan panas yang dikeluarkan akan mengeringkan kultur dengan cepat.

Pemindahan Spora Tunggal

Koloni yang bertumbuh dari konidia tunggal atau ujung hifa bersifat seragam dan konsisten dalam penampakan dan meyakinkan kemurnian kultur. Prosedur pemindahan konidia tunggal yang berkecambah juga perlu untuk memisahkan kultur campuran yang ditemukan dalam isolasi dari bahan tumbuhan sakit atau dari tanah.

Teknik ini dilakukan dengan menyiapkan suspensi konidia dalam 10 ml air destilasi steril dalam tabung reaksi. Sepenggal makrokonidia dari sporodokium diperlukan untuk mendapatkan konsentrasi yang setara dengan 1-10 konidia dalam 1 tetes kemudian diperiksa melalui mikroskop. Piringan agar air “kering” (minimal berumur 7 hari) disemaikan dengan menuangkan suspensi konidia pada permukaan dan langsung diaduk. Piringan-piringan petri diinkubasi pada posisi miring (30- 40 derajat) dalam ruang gelap pada suhu 25 oC selama 18-20 jam.

Piringan-piringan diperiksa dengan menggunakan mikroskop. Konidia tunggal yang berkecambah dipindahkan dalam bentuk potongan agar persegi kecil dengan menggunakan jarum yang memiliki ujung datar dan pinggiran yang tajam. Bagian tajam dari jarum itu digunakan untuk memotong penggalan-penggalan kecil di sekitar konidium dan bagian permukaan yang datar digunakan untuk mengeluarkan blok potongan agar untuk dipindahkan ke medium yang diinginkan. Agar air dapat ditambah dengan antibiotik bila kultur awal terkontaminasi oleh bakteri atau ditambahkan satu tetes 25 % asam laktat ke suspensi konidia untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Suspensi konidia yang asam harus didiamkan selama 10 menit sebelum dituangkan. Perkecambahan konidia dapat dihambat selama 24 jam. Beberapa jamur tidak akan berkecambah tanpa penambahan hara external, dalam hal ini penambahan sedikit glukosa atau sukrosa dalam medium akan mempercepat germinasi.

Penyebab umum gagalnya spora berkecambah pada piringan spora tunggal adalah jarum yang dipakai untuk mengeluarkan spora dari kultur media terlalu panas sehingga spora-sporanya mati.

Pemindahan ujung hifa

Teknik ini dipergunakan untuk memulai kultur spesies yang biasanya mengembangkan degenerasi (degenerated) variant kultur dari konidia yang dikecambahkan seperti diantaranya *Rhizoctonia* atau *Sclerotinia* yang tidak bersporulasi dalam kultur. Miselium dari koloni yang tidak merosot (pada CLA untuk spesies *Fusarium*) digunakan untuk memulai suatu koloni pada agar air. Agar air harus dituang pada posisi miring. Salah satu bagian piringan menjadi tipis (kira-kira 1 mm) sehingga pertumbuhan hifa akan lebih terbatas. Ujung hifa tunggal

dipotong dengan menggunakan prosedur pemindahan kecambah konidia tunggal.

Varian Kultur Degenerasi

Penggunaan prosedur pengkulturan standar memungkinkan terjadinya degenerasi variant kultur untuk secepatnya diketahui dan dibuang. Meskipun degenerasi kultur merupakan masalah penting dalam penelitian *Fusarium* dan jamur lain namun masih sedikit yang diketahui tentang mekanisme dasar yang terjadi. Variant ini berbeda dengan kultur tipe liar (wild type) secara morfologi dan fisiologi. Degenerasi variant kultur spesies- spesies patogenik selalu tidak virulent dan harus dihindari dalam penelitian penyakit. Sebaliknya, produksi mycotoxin mungkin tidak terpengaruh dalam degenerasi kultur.

Ada dua tipe degenerasi kultur variant. Satu menuju ke arah produksi spora pada sedikit miselium, yang satu dicirikan oleh kehilangan kemampuan untuk sporulasi. Pada waktu lalu, hal ini diyakini disebabkan oleh adanya dua tipe inti yang disebut “mycelial” dan conidial” dalam jamur, dan istilah “ dual phenomenon” kini dipakai untuk hal tersebut. Meskipun sering digunakan dalam literature, teori ini telah diganti dan “ dual phenomenon” kini dipakai sebagai manifestasi dari degenerasi kultur. Dalam proses *Fusarium*, degenerasi konidial disebut pionnotal. Type pionnotal adalah koloni yang rata tanpa miselium udara dan terdiri dari banyak makrokonidia yang terdistorsi. Tipe miselia terdiri dari miselium yang steril berwarna putih. Kultur tipe liar tidak dapat diperoleh kembali dari degenerasi variant.

Adanya degenerasi kultur variant lebih umum pada beberapa kultur variant beberapa spesies dibanding yang lain. Variasi ini dipengaruhi oleh adanya sub-kultur yang dilakukan terus-menerus pada media yang kaya karbohidrat dengan menggunakan pemindahan massa miselium. Adanya degenerasi kultur variant dapat diperkecil dengan menggunakan substrat alami atau medium yang mengandung nutrisi rendah seperti CLA atau WA dan dengan memulai kultur dari perkecambahan konidium tunggal atau ujung hifa.

Kultur Tungau

Kultur tungau merupakan masalah kronis bagi ahli mikrobiologi. Tungau dapat merusak seluruh koleksi dengan membawaspورا jamur dan bakteri di antara kultur-kultur. Metode pengendalian terbaik adalah kebersihan dengan menyakinkan bahwa semua ruang kerja, peralatan, incubator dan ruang kultur terpelihara bersih. Kultur- kultur yang sudah tua dan tidak diperlukan lagi harus dibuang.

Kultur tungau dapat dikeluarkan dari kultur miring dengan menggunakan penutup kertas beras (rice paper cap) yang dilengketkan pada bagian mulut dari tabung reaksi. Perekat terdiri dari 20 % gelatin (w/w) dengan 5 % sulfat tembaga (w/w) yang menghalangi pertumbuhan mikroba dalam perekat. Campuran ini dipanaskan untuk melarutkan gelatin kemudian dituangkan dalam pinggan petri dan disimpan pada suhu 5 oC . Tabung ditutup dengan memanaskan bagian mulut pada nyala api, dan memasukkannya perlahan dalam perekat serta meletakkan tabung dalam bentuk terbalik pada potongan kertas. Biarkan perekat mengeras sedangkan kertas yang melebar dibakar sehingga yang tertinggal hanya penutup pada bagian mulut tabung.

Pengawetan kultur

Kultur jamur seringkali perlu untuk disimpan dalam periode yang lama, baik sebagai strain referensi atau untuk penggunaan ulang dalam suatu penelitian jangka panjang. Bahaya terbesar ialah kemungkinan terjadinya degenerasi atau degenerasi kultur, yang mengakibatkan hilangnya karakter-karakter penting seperti patogenesis atau kemampuan untuk sporulasi. Di banyak laboratorium, cara yang umum dipakai untuk mempertahankan kultur ialah pemindahan terus menerus ke media agar. Apabila hal ini dilakukan, maka harus menggunakan medium lemah untuk menurunkan frekuensi subkultur. Setelah sub kultur bertumbuh pada medium segar, mereka harus disimpan pada suhu rendah (kulkas atau ruang dingin). Beberapa tabung atau pinggan dari setiap kultur yang akan disimpan harus diperiksa apakah terjadi degenerasi atau kontaminasi pada setiap pemindahan dan hanya yang mempertahankan karakteristik tipe liar dipergunakan untuk memulai kultur berikutnya.

Bila kultur dipertahankan lebih dari beberapa bulan, teknik penyimpanan yang lebih khusus harus digunakan.

Liophilisasi

Liophilisasi, pengeringan beku, adalah metode yang dipilih untuk penyimpanan jangka panjang dari banyak jenis jamur dan dipergunakan secara rutin untuk koleksi-koleksi kultur yang penting. Kelemahan utamanya adalah membutuhkan peralatan khusus. Ada banyak jamur lain yang tidak berhasil dekering- dinginkan terutama Oomycetes. Cara ini sangat baik untuk jamur yang bersporulasi baik dalam kultur.

Sebagai contoh, lebih dari 12.000 isolat telah di Liophilisasi di Fusarium Research Laboratory (FRL) sejak tahun 1971 dengan mengeringkan potongan daun Carnation yang terkolonisasi dalam gelas ampul kecil dalam keadaan vakum tinggi (10⁻¹ -10⁻² Torr). Ampul-ampul disiapkan dengan memasukkan penutup kapas wol berukuran kecil dan diautoklaf dalam beaker yang tidak ditutup rapat. Empat lembar daun kecil dari kulutur yang berumur 2-3 minggu yang berawal dari konidium tunggal, secara aseptik dipindahkan ke ampul dan ditutup kembali, diberi label, kemudian dipanaskan dan dibiarkan membentuk-hour glass dengan menggunakan senter gas (gas torch). Unit liophilisasi dilengkapi dengan ruang vakum dingin untuk mempercepat pengeringan. Sesudah 18 jam ampul-ampul ditutup dalam vakum tinggi dan disimpan pada suhu 5 oC. Semua spesies Fusarium yang umum telah secara sukses diliophilisasi dengan menggunakan teknik ini dan dapat mempertahankan viabilitas sesudah 20 tahun penyimpanan.

Kultur dapat dihidupkan kembali secara aseptik dengan menanamkan potongan daun kering pada CLA. Selanjutnya ampul disterilisasi permukaan sebelum dibuka/dipecahkan untuk mengeluarkan potongan daun.

Pengawetan Jangka Panjang Pada Silika Gel

Silika Gel adalah metode penyimpanan yang lebih diinginkan di beberapa laboratorium lain karena tidak membutuhkan alat yang mahal dan mudah untuk digunakan. Kultur dapat diambil berulang-ulang dari tabung penyimpanan tunggal, meskipun kontaminasi harus

dihindari. Kelemahan utama adalah penurunan gradual viabilitas tetapi hal ini dapat diatasi melalui pergantian ulang dengan bahan yang segar. Kemampuan hidup jamur yang disimpan dengan cara ini tergantung pada produksi konidia dalam jumlah yang besar.

Silika gel disterilisasi kering 180 oC selama 1.5 jam dalam tabung kultur yang ditutup dengan penutup bersekerup, kemudian didinginkan dalam bak es sebelum digunakan. Konsentrat suspensi konidia disiapkan dengan menambahkan beberapa potong daun carnationi ke dalam tabung berisi 2 ml susu steril. 0,3 ml cairan suspensi konidia disebarkan pada 3 cm³ kristal untuk membasahinya. Silika gel akan melebur apabila terlalu lembab. Pencampur vortex digunakan untuk merestribusi konidia dan kemudian tabung kultur diletakkan dalam bak es sampai dingin, karena panas akan dihasilkan dalam reaksi antara air dengan silika gel. Selanjtnya, konidia dan susu diserap ke dalam permukaan silika gel tetapi jamur tidak mengkolonisasi substrat sehingga kemungkinan untuk terjadinya degenerasi dapat diatasi.

Penyimpanan Tanah

Prosedur ini hampir sama dengan penyimpanana dalam silika gel. Tanah lempung (loam soil) dengan kelembaban 20% dimasukkan dalam botol gelas universal kecil (kira-kira 30 ml) sampai 1/3 penuh dan botol-botol tersebut diautoklaf 2 kali dengan jarak waktu 24 jam. Ditambahkan satu ml suspensi spora dalam air steril, dan kultur dibiarkan bertumbuh selama 2 hari (spesies yang bertumbuh cepat) sampai 10 hari (spesies yang bertumbuh lambat) pada suhu ruangan. Botol- botol disimpan dalam refrigerator. Kultur dapat dihidupkan kembali dengan memercikkan beberapa butiran tanah pada media segar. Banyak jamur dapat bertahan hidup selama beberapa tahun dalam penyimpanan tanah. Namun demikian metode ini kurang baik dibanding dengan silika gel karena jamur mengkolonisasi tanah sebelum dan selama penyimpanan, dan hal ini mempertinggi potensi degenerasi dan kemudian hilangnya karakter-karakter morfologi yang penting.

Penyimpanan dalam Air

Metode ini murah dan sederhana tapi secara khusus cocok untuk *Phytium* dan *Phytophthora*. Blok agar sebesar 5 cm persegi di potong-potong dari bagian pinggir koloni yang masih muda dan bertumbuh aktif. Blok-blok ini dimasukkan dalam air steril dalam botol McCartney kemudian ditutup rapat. Botol-botol disimpan dalam kondisi sejuk (15 oC). Kultur-kultur dapat disimpan selama 1-2 tahun tapi beberapa spesies dapat tahan hidup sampai 5 tahun. Kultur dapat dihidupkan kembali dengan mengeluarkan blok agar dari dalam botol dan meletakkan misellium terbalik pada media segar.

Pengawetan Temporer

Dehidrasi potongan daun yang sudah dikolonisasi dalam silika gel selama 48 jam dapat dipergunakan sebagai metode untuk menyimpan sementara atau memindahkan kultur untuk pengiriman. Potongan daun yang sudah dikolonisasi diambil dari kultur berumur sekitar 2 minggu dan diletakkan dalam sampul kecil steril (Gamma irradiated). Selama dehidrasi dalam silika gel, sampul dibiarkan agak terbuka. Kultur dapat dihidupkan kembali dengan meletakkan potongan daun pada CLA atau konidia dalam sporodochia pada potongan daun kering dapat dipergunakan untuk memulai kultur baru dengan menggunakan teknik pemindahan perkecambahan konidia tunggal.

Pengawetan Untuk Dokumentasi Herbarium

Spesimen holotipe yang ditumbuhkan pada PDA dibutuhkan bila memasukkan diskripsi resmi untuk spesies dan subspecies.

Kultur-kultur dimulai dari perkecambahan konidia tunggal dan ditumbuhkan dalam kondisi suhu dan cahaya standar selama 2 sampai 3 minggu. Pengawetan kultur dilakukan dengan menggunakan agar dan gliserin. Tiga gram agar dilarutkan dalam 147 ml air, yang kemudian dimasukkan masing-masing 6 ml cairan dalam tabung reaksi sebelum diautoklaf. Penutup pinggan kultur diletakkan terbalik, tambahkan 1.5-1.7 ml gliserin dan kemudian 6 ml aliquot agar panas dituangkan keatas gliserin. Kultur secara aseptik diangkat dari pinggan petri dan diapungkan pada campuran dalam penutup. Kultur-kultur kemudian dibiarkan mengering dalam laci selama 3-5 hari dan ditutup dengan

kertas putih. Apabila sudah kering, kultur berbentuk seperti karet dan dapat dikeluarkan dari piringan petri untuk penyimpanan.

Prosedur ini telah diperbaiki untuk spesies *Fusarium* di FRL (*Fusarium Research Laboratory*), Pennsylvania State University.

Isolasi

Isolasi dari tumbuhan

Pemilihan prosedur isolasi tergantung pada sifat dan jumlah contoh tumbuhan dan jenis jamur yang terlibat. Apabila hanya sedikit contoh yang akan dipelajari maka sejumlah prosedur dapat diseleksi untuk menemukan jamur target yang diinginkan. Sebaliknya, bila jumlah contoh besar dalam suatu survei yang ekstensif biasanya tidak memerlukan banyak prosedur.

Isolasi jamur dari tumbuhan dipengaruhi oleh sifat dari jaringan yang sakit, metode sterilisasi permukaan, prosedur penanaman (plating), medium dan kondisi inkubasi. Jaringan yang dipilih untuk penanaman haruslah bahan khas yang mengandung penyakit yang akan diteliti. Jaringan nekrotik yang paling tua harus dihindari karena kemungkinan bagian itu telah dikolonisasi secara ekstensif oleh saprofit. Metabolit beracun yang ada dalam jaringan nekrotik juga dapat menghalangi penemuan patogen. Demikian halnya dengan jaringan yang telah rusak oleh sesuatu atau serangga juga harus dihindari karena saprofit biasanya dengan mudah mengkolonisasi bagian-bagian yang telah terluka. Secara ideal, jaringan yang baru terinfeksi dipilih untuk studi isolasi. Perhatikan bahwa contoh-contoh harus disimpan dalam keadaan dingin dan kering selama transit ke laboratorium untuk mengurangi pertumbuhan jamur dan bakteri saprofit.

Prosedur yang digunakan untuk sterilisasi permukaan terutama tergantung pada sifat dari jaringan. Salah satu prosedur yang umum dipakai adalah merendam contoh ke dalam 1 % sodium hipoklorit dalam 10 % etanol, dan selanjutnya dibersihkan dalam air steril. Namun demikian, beberapa jenis jaringan yang berpori banyak dan menyerap sterilant permukaan yang dapat mengeliminasi pathogen sebagai kontaminan pada permukaan contoh. Akan lebih baik untuk mengoles jaringan yang berpori banyak, seperti batang sorgum yang diinfeksi oleh busuk batang dengan 95% alcohol. Pengolesan dengan 95 % alcohol merupakan prosedur yang lebih diinginkan untuk sterilisasi

permukaan bagian-bagian tumbuhan berkayu yang sakit. Sterilisasi permukaan mungkin tidak cocok untuk akar-akar halus. Disinfestasi parsial dari akar-akar halus dapat dilakukan dengan mencuci dalam air kran yang berfilter selama 30-120 menit dan selanjutnya dicuci dengan air steril. Nozel yang kecil dianjurkan untuk mencuci akar, debris tanah dan jaringan tumbuhan. Teknik apa saja yang dipilih, dianjurkan agar pada proses pengeringan menggunakan kertas tisu steril di bawah arus udara yang difilter sesudah sterilisasi permukaan atau sesudah dicuci. Pengeringan menghambat pertumbuhan bakteri dari jaringan.

Penanaman sepotong kecil jaringan (1-2 x1-2 mm) memperkecil jumlah jamur yang berkembang dari setiap potongan. Hal ini akan mempermudah perlakuan subkultur dan sedikit kemungkinan bagi pathogen yang bertumbuh lambat dikalahkan oleh saprofit yang bertumbuh cepat. Namun demikian, dalam beberapa studi, potongan jaringan yang lebih besar dapat ditanamkan apabila menggunakan medium agak selektif. Bagian internodus mahkota tumbuhan dan mahkota gandum dapat ditanamkan pada MPDA untuk mempelajari terjadinya infeksi oleh *F pseudograminearum* seperti yang dilakukan oleh Laboratorium Penelitian Fusarium (FRL)

Isolasi spesies patogenik dari akar sakit sulit dilakukan karena banyaknya saprofit yang mengkolonisasi jaringan nekrotik akar, terutama bagian korteks. Patogen busuk akar *Fusarium* biasanya mengkolonisasi korteks dan stile (jaringan vaskuler) akar. Frekuensi isolasi dari spesies-spesies ini dapat dipercepat dengan penanaman segmen stele sesudah dikeluarkan sebagian atau seluruh korteks.

Pemilihan medium sebagian besar tergantung pada sifat dari jaringan yang terlibat dalam prosedur isolasi. Media yang berharga rendah seperti CLA, WA atau 1 kekuatan PDA cocok untuk isolasi dari akar yang besar atau pangkal batang. Antibiotik dapat ditambahkan ke media ini apabila bakteri menghalangi pertumbuhan jamur. Media yang kaya karbohidrat biasanya dihindari dalam studi isolasi karena mereka lebih cocok untuk saprofit yang bertumbuh cepat, seperti jamur mucaraceus dan *Trichoderma*. Selain itu, beberapa pathogen merosot dengan cepat menjadi avirulent (tidak virulent) pada penggunaan media-media tersebut.

Media yang kaya seperti PDA lebih tepat untuk isolasi jamur yang bertumbuh lambat atau isolasi dari akar yang sangat halus. Media

selektif biasanya digunakan untuk isolasi *Fusarium* dari contoh-contoh akar atau mahkota yang sakit. Terdapat banyak media selektif yang telah diuraikan disini. Harusnya ditekankan bahwa semua media adalah selektif karena mereka akan lebih senang untuk pertumbuhan jamur daripada organisme lain. Dalam penuntun ini istilah medium selektif dipergunakan untuk media yang mengandung agen anti mikroba.

Pinggian-pinggian isolasi diinkubasi dalam kondisi cahaya dan suhu standar. Koloni-koloni yang bertumbuh pada segmen jaringan harus disubkultur pada CLA dan konidia yang dihasilkan pada pinggian-pinggian ini dapat dipergunakan untuk memulai kultur untuk keperluan identifikasi. Akan lebih baik untuk mensubkultur dari koloni muda yang berkembang dari potongan jaringan dengan bantuan mikroskop diseksi. Prosedur ini akan mengurangi kesulitan yang disebabkan oleh spesies yang bertumbuh cepat dibandingkan dengan spesies yang bertumbuh lambat.

Ada beberapa teknik lain untuk mendapatkan kembali jamur, langsung atau tidak langsung dari contoh tumbuhan, tanpa penanaman kembali potongan jaringan pada agar. Beberapa spesies bersporulasi pada permukaan dari jaringan yang sakit. Konidia dapat diambil dari bagian ini dan digunakan untuk mempersiapkan suspensi konidia yang ditanamkan pada WA yang mengandung antibiotik. Konidia tunggal yang berkecambah diambil untuk memulai kultur murni untuk identifikasi.

Askospora dapat dipergunakan untuk memulai kultur murni dari bahan contoh dimana jamur target memproduksi peritisia fertile. Potongan jaringan kecil mengandung peritisia dicuci, dan sesudah air yang berlebihan dikeluarkan diletakkan pada bagian dalam dari pinggian petri terbalik yang mengandung WA atau CLA. Jaringan ditahandengan jel petroleum. Askospora dikeluarkan sesudah 24-28 jam dan terkumpul dalam permukaan agar dimana mereka bergerminasi dan mengembangkan koloni. Jamur ini kemudian disubkultur dalam media yang lain dengan ujung hifa atau pemindahan spora tunggal untuk keperluan identifikasi.

Pengujian skala besar pada busuk mahkota gandum dilakukan dengan cara dibuat dalam media selektif yang dituangkan dalam nampan. Di laboratorium penelitian *Fusarium*, digunakan nampan

stainless steel 30x40x2 cm. Penutup dipotong dari lembaran Perspex. Nampan dan penutup digosok dengan alkohol sebelum digunakan. Mahkota gandum dan internodus subcrown dicuci dan dilakukan sterilisasi permukaan, kemudian diletakkan dalam medium, 50 per tray. Penutup dikeluarkan dan nampan diinkubasi di bawah cahaya selama 4-5 hari. *Fusarium graminearum* kelompok (group) 1 dapat dikenal melalui bentuk morfologi koloni yang sangat khas pada MPDA. Hasil yang terbaik didapatkan apabila konsentrasi agar adalah 1.5 % atau lebih rendah sehingga mahkota dan internodus subcrown dapat ditekan ke dalam permukaan medium.

Isolasi dari tanah

Jamur dapat diisolasi secara langsung dari tanah dengan menggunakan teknik pinggan pengenceran (dilution plat technigue) dengan menanamkan debris pada media selektif, dengan pemisahanfisik langsung atau tidak langsung menggunakan akar hidup atau teknik pengumpanan jerami steril. Teknik yang paling tepat untuk isolasi jamur khusus akan tergantung pada caranya menetap dalam tanah. Spesies seperti *Fusarium axysporum* dan *F. solani* yang membentuk klamidospora dalam jumlah yang besar dalam tanah dapat diisolasi secara konsisten dalam tanah dengan menggunakan teknik pinggan pengenceran. Sebaliknya, spesies yang bertahan dalam tanah sebagai hifa dalam residu tumbuhan seperti *F. graminearum* dan *F. avenaceum* dapat diisolasi secara konsisten dengan penanaman debris pada media selektif.

Spektrum jamur yang diisolasi dan frekuensi isolasi dipengaruhi oleh prosedur pengambilan contoh di lapang, transit dan penyimpanan contoh, dan metode isolasi yang digunakan. Jamur, terutama patogen tumbuhan, tersebar secara tidak merata dalam tanah. Patogen lebih banyak di sekitar tubuhan yang sakit. Residu yang terinfestasi dapat terkonsentrasi pada permukaan atau pada bagian 1-5cm dalam profil tanah di lapang dimana residu tertahan pada permukaan tanah. Penyebaran spasial dari pathogen, baik dalam residu atau sebagai khamidooopora, juga dipengaruhi oleh frekuensi dan tipe pengolahan tanah (inversion tillage or sub- tillage). Faktor-faktor ini harus diperhatikan bila membuat perencanaan untuk pengambilan contoh tanah. Lebih baik mengangkut dan menyimpan contoh dalam

tanah kantong kertas. Kontainer plastik harus dihindari karena mereka menghalangi pengeringan dan menunjang pertumbuhan jumlah bakteri. Contoh tanah harus disimpan pada suhu rendah (2-5 oC) untuk menghalangi aktivitas mikroba.

Teknik Cawan Pengenceran Tanah

Teknik ini dilakukan dengan menyebarkan suspensi tanah (pengenceran antara 1:50 dan 1:2000 dalam 0.05 % agar air) secara merata pada permukaan medium yang selektif untuk jamur sasaran, seperti PPA untuk *Fusarium* sp. Pengenceran 1:500 atau 1:1000 biasanya cocok untuk tanah pertanian atau padang rumput sedangkan pengenceran 1:50 lebih sesuai untuk tanah gurun atau padang rumput kering. Jika perlu tanah dihancurkan dengan mortar kemudian diayak sebelum ditambahkan ke Agar Air. Propagul dalam suspensi tanah biasanya akan berkecambah dalam 2-3 hari dalam PPA dan pada hari ke 5-7 telah menghasilkan koloni kecil. Suspensi dapat disebarkan secara merata dipermukaan medium dengan hati-hati memipet 1 ml suspensi tanah ke bagian tepi medium PPA, kemudian biarkan cawan agak miring sehingga memungkinkan suspensi mengalir ke bagian lain secara merata.

Koloni berbagai spesies lebih mudah dibedakan dan bersporulasi lebih banyak jika cawan pengenceran diinkubasi dalam cahaya. Identifikasi langsung pada cawan pengenceran tidak direkomendasikan karena banyak *Fusarium* spesies menghasilkan koloni yang sama pada PPA dan morfologi spora tidak beraturan. Untuk identifikasi maka semua koloni harus disubkultur terlebih dahulu. Penting untuk memastikan bahwa sebelum penanaman tanah harus dikering-anginkan untuk mengurangi pertumbuhan bakteri, demikian juga medium harus dibiarkan mengering selama paling sedikit 5 hari sebelum digunakan, dan harus menggunakan pipet dengan diameter yang sama untuk kajian kuantitatif.

Catatan bahwa estimasi jumlah propagul yang berasal dari perhitungan pada cawan pengenceran tidak perlu memberikan suatu estimasi potensi inokulum yang akurat. Koloni dapat berasal dari propagul bersel tunggal atau multi sel atau dari kelompok hifa, bebas atau dalam potongan sangat kecil dari sisa organik. Propagul dalam

potongan debris yang lebih besar dari lobang pipet tidak akan masuk ke cawan pengenceran.

Teknik isolasi Debris

Teknik ini melibatkan penanaman debris tanah yang telah dicuci pada media selektif. Contoh tanah disuspensikan dalam air yang dituangkan melalui saringan menurut tingkatan ukuran 4.0 mm, 2.0 mm, dan 0.5 mm. Saringan pertama menahan gravel dan residu potongan tumbuhan yang besar. Residu ini dapat disterilisasi permukaan dan ditanamkan pada media selektif untuk mendapatkan jamur target. Debris yang berukuran kecil tertahan pada dua saringan lainnya, tidak dapat disterilisasi permukaan karena terlalu kecil dan berpori banyak. Debris-debris yang tertahan dalam saringan, dicuci untuk mengeluarkan partikel- partikel tanah dengan menggunakan spayer halus dari kran berfilter selama 2 jam. Debris yang telah dicuci ini dikeringkan dengan menggunakan kertas tisu atau handuk dan dikeringkan dalam silika-gel selama 24-28 jam sebelum ditanam pada media selektif. Dari tanah padang rumput ternak dan tanah rumput (grasland), dengan menggunakan teknik ini berhasil diisolasi banyak spesies *Fusarium*.

Pemisahan Fisik Partikel

Banyak patogen menghasilkan propagul besar, seperti sklerotia, yang dapat diekstraksi secara langsung dari dalam tanah dengan cara fisik. Untuk sklerotia, tanah dicuci melalui beberapa saringan dengan menggunakan penyemprot air. Ukuran saringan harus cocok dengan ukuran sklerotia. Sebagai contoh, sklerotia dari *Sclerotium rolfsii* harus cocok lewat saringan 2 mm dan ditahan pada saringan 0.6 mm. Bahan-bahan yang tertahan pada saringan yang lebih kecil dicuci dalam beaker besar dengan menggunakan sedikit air. Larutan sukrose 50 % w/w ditambahkan kedalam beaker dan bahan tersebut disuspensi melalui pengadukan. Bahan-bahan organik termasuk sklerotia mengapung pada permukaan. Bahan ini dipindahkan kembali ke saringan yang lebih kecil, dan sukrose dicuci keluar. Sklerotia dipisahkan dari debris organik dengan inspeksi visual melalui mikroskop diseksi. Akan membantu bila terlebih dahulu memindahkan fraksi organik ke sepotong kertas filter.

Pengumpanan

Teknik pengumpanan dapat menggunakan bahan tumbuhan untuk secara selektif untuk mengisolasi patogen dari tanah atau akar yang sakit. Ada banyak cara yang dapat dilakukan dan beberapa contoh akan diberikan di sini.

Jamur yang bertumbuh lambat mungkin sulit untuk diisolasi secara langsung dari jaringan akar nekrotik yang dikolonisasi secara ekstensif oleh jamur lain dan bakteri. Namun demikian, jamur yang bertumbuh lambat sering dapat diisolasi secara tidak langsung dengan menggunakan kombinasi pengumpan dan teknik penanaman. Jaringan nekrotik dicuci dengan baik dan dipotong menjadi potongan kecil yang dicampur dengan tanah dan diperlakukan dengan uap udara. Biji yang sudah disterilisasi permukaan dari kultivar yang sama ditanam ke dalam campuran ini. Tumbuhan umpan diinkubasi dalam kondisi yang menguntungkan penyakit. Akar-akar ditemukan kembali sesudah terjadi perkembangan bintik dan segmen- segmen ditanamkan dalam media yang cocok sesudah proses pencucian dan apabila perlu dilakukan sterilisasi permukaan.

Thielaviopsis basicola dapat diisolasi dari akar menggunakan umpan potongan wortel. Akar wortel disterilisasi permukaan dengan merendam dalam 1 % NaOCI selama 20 menit atau menggosoknya dengan alkohol. Wortel dipotong menjadi ukuran 3-4 mm tebal dengan pisau steril dan diletakkan pada potongan kertas filter steril lembab dalam piringan petri. Akar sakit yang telah dicuci dan dikeringkan diletakkan pada bagian atas dari potongan wortel. Piringan petri dijaga tetap lembab tetapi tidak basah dan diinkubasi selama 7-10 hari pada suhu ruang gelap. Karakter dari spora *T. basicola* dapat terlihat pada wortel dan dapat langsung dipindahkan ke medium yang cocok. Beberapa spesies *Phytium* dan *Phytophthora* dapat diisolasi dari tanah dengan menggunakan apel, atau buah lain sebagai umpan. Apel digosok dengan alkohol dan dibuat lobang sampai kebagian tengah sekitar diameter 10 mm dengan menggunakan cork borer. Lobang ini diisi dengan tanah dan ditutup dengan stiki tape untuk menjaga tanah. Buah apel diinkubasi dalam suhu ruangan bercahaya. Isolasi dibuat sesudah beberapa hari dari margin penyebaran cepat, bintik cokelat. Metode ini tidak begitu selektif karena *Zygomycetes* yang bertumbuh cepat akan mengakibatkan terjadinya bintik yang sama.

Spesies *Phytophthora* dapat diisolasi dari tanah dengan menggunakan jaringan tumbuhan diatas tanah yang banjir. Sebagai contoh tanah sampai 100 g, diletakkan pada kontainer yang cocok seperti beaker. Dituangi air steril atau air deionisasi sampai kedalaman 2-5 cm. Potongan tumbuhan yang pekah diapungkan pada bagian permukaan air dan bahan diinkubasi selama beberapa hari. Zoospora dari *Phytophthora* tertarik pada jaringan tumbuhan, sementara spora lain tetap dalam tanah. Miselium *Phytophthora* dapat dilihat bertumbuh pada umpan yang berada diatas permukaan air, dan dapat dipindahkan ke medium agar atau ke grassblade-water culture. Bahan umpan harus dari spesies yang pekah terhadap *phytophthora* yang diisolasi. Umpan telah digunakan termasuk pinus jarum, *Eucalyptus cotyledons*, daun sitrus, dan bibit alafafa serta kedelai/apabila umpan tidak mengapung, dapat digantungkan dengan menggunakan tali atau digabung dengan foam polystyrene atau pengapung yang cocok.

Uji patogenisitas

Patogenisitas jamur harus dinilai dengan menggunakan teknik yang memungkinkan reproduksi gejala-gejala khas dari penyakit dan sesuai jarak waktu yang relevant terhadap rumah kaca atau keadaan di lapang. Petunjuk berikut ini dianjurkan untuk mendesain pengujian-pengujian yang cocok untuk uji patogenisitas. Kultur tipe liar (wild type) yang khas harus digunakan untuk persiapan inokulum. Secara ideal kultur-kultur ini baru saja diisolasi dari bahan tumbuhan sakit dan dipelihara pada media nutrisi rendah CLA. Kemungkinan lain menggunakan kultur liofilisasi yang memiliki sejarah yang sama. Isolat yang sudah merosot (mutasi), atau yang sudah disubkultur berulang-ulang mungkin sudah tidak virulent lagi. Sifat dan jumlah inokulum yang dipergunakan dalam uji patogenisitas harus sesuai dengan inokulum yang menyebabkan penyakit dalam kondisi lapang. Dalam hal ini perlu untuk membuat asumsi bahwa uji patogenisitas biasanya dimulai sebelum studi mendetail tentang ketahanan dan penyebaran spesies yang akan diuji.

Beberapa patogen hanya menyebabkan penyakit berat pada tumbuhan yang tertekan. Jadi teknik yang dipilih untuk uji patogenisitas harus memungkinkan penggunaan tumbuhan tertekan apabila hal itu merupakan faktor kunci terjadinya penyakit pada

tumbuhan. Tekanan, dapat disebabkan antara lain oleh kurangnya kelembaban tanah, suhu ekstrim atau herbisida.

Desain dari uji patogenesis untuk dugaan adanya patogen terbawa tanah sulit dilakukan karena sifat dan jumlah inokulum dari tanah memiliki pengaruh penting terhadap infeksi dan perkembangan penyakit. Struktur-struktur tertentu yang diproduksi dari kultur yang memiliki potensi beraksi sebagai inokulum terbawa tanah mungkin tidak dapat bertahan di dalam tanah sehingga tidak cocok untuk uji patogenesis. Sebagai contoh, konidia dari banyak spesies *Fusarium* dengan cepat pecah (menjadi kempes) dalam tanah alami pada suhu tinggi. Sebaliknya, klmisodospora sebaiknya digunakan sebagai inokulum dari *F. oxysporum* dan *F. solani*. Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh kedua jamur ini dapat diproduksi dengan menggunakan propagul pada level rendah, bila isolat bersifat virulent. Densitas inokulum serendah 50-100 propagul /g tanah cukup untuk reproduksi gejala- gejala penyakit yang khas. Beberapa patogen kebanyakan menetap dalam tanah sebagai hifa pada residu tumbuhan. Inokulum yang cocok dari spesies-spesies ini dapat di siapkan dari kultur yang ditumbuhkan pada substrat steril, dedak gandum atau tangkai jagung. Jaringan terinfeksi dikeringkan dan digiling sebelum penambahan tanah. Dedak gandum, barley atau oat (dengan atau tanpa biji) adalah substrat yang cocok untuk *F. Pseudograminearum*, *F.culmorum* dan *F. Avenaceum*. Batang jarang adalah substrat yang cocok untuk *F.moniliforme*. Tipe inokulum ini dapat dicampur merata melalui dalam tanah (1-2 % w/w) atau ditambahkan sebagai lapisan horizontal inokulum yang halus diantara profil tanah. Tanah (steril, pasturisasi atau tanpa perlakuan) mempunyai pengaruh kritis terhadap keseriusan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* dan patogen terbawa tanah lainnya. Jadi tanah yang dipilih untuk uji patogenesis harus sama dengan penyakit yang dalam investigasi dalam hubungannya dengan sifat-sifat fisik dan kimia dari tanah tersebut. Tanah yang steril harus digunakan apabila penyakit biasanya terbatas pada tanah steril. Busuk mahkota dan busuk akar tomat yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f.sp, *radicis-lycopersici* biasanya menjadi masalah pada tanah yang difumigasi. Sebaliknya, tanah yang tidak diperlakukan harus digunakan dalam hubungannya dengan

penyakit pada tanaman di lapang seperti busuk mahkota dan busuk akar gandum serta busuk tangkai jagung dan sorgum.

Tanah tanpa perlakuan dari lapang harus bebas dari jamur terbawa tanah dan patogen lain dari inang tertentu, dan dari residu pestisida. Jenis tanah ini dapat diambil dari lapang yang telah ditanami dengan tanaman lain atau yang telah lama dikosongkan/dibiarkan.

Mikroba dari tanah yang tidak diperlakukan menghalangi aktivitas dari patogen terbawa tanah. Eliminasi pengaruh- pengaruh penghalang ini dengan sterilisasi melapangkan jamur patogen terbawa tanah bertumbuh secara vegetatif setelah penambahan inokulum dari tanah steril. Patogen pada akhirnya mengakibatkan penyakit yang lebih parah dalam tanah steril dari pada yang tidak diperlakukan secara steril. Hal ini terjadi karena tingkat inokulum lebih tinggi setelah pertumbuhan vegetatif, dan tidak ada halangan mikroba dari prapenetrasi fase infeksi.

Pewarnaan Akar untuk Mikoriza dan Jamur Patogen.

Teknik ini sangat berguna untuk memeriksa mikoriza vesicular-arbuscular dalam tanah. Cara ini juga akan mendemonstrasikan adanya jamur patogenik. Teknik ini dapat dengan mudah dilakukan dengan meletakkan akar dalam tabung reaksi atau flask kecil, dimana setiap larutan ditambahkan berturut- turut. Salah satu langkah menggunakan larutan potasium hidroksida panas, yang bersifat sangat korosif dan dapat menyebabkan pelukaan serius apabila tertuang pada kulit atau terpençar ke mata. Sarung tangan dan penutup mata harus dipergunakan.

1. Cucilah akar dalam air. Simpan contoh dalam 50 % etanol bila dibutuhkan.
2. Hancurkan dalam 10 % KHO pada suhu 90 C (dalam steamer atau tabung reaksi dalam beaker air mendidih) selama 30 – 60 menit. Perhatian: alkali panas sangat korosif. Gunakan 30 menit untuk leeks, bawang, gandum dll; 45 menit untuk kebanyakan dikotiledon herbaceous, jagung; 60 menit akar dari spesies kayu.
3. Apabila akar berubah warna, dikelentangkan (bleach) selama 10-30 menit pada suhu ruang dalam hidrogen peroksida alkaline (3 ml 20 % NH₄OH dalam 30 ml 3% H₂O₂).

4. Cuci kembali akar sampai bersih dengan air kran (3 pergantian, atau dalam air mengalir selama 2 menit). Akar diasamkan dalam 2 % HCl sampai akar menjadi putih.
5. Warnai akar dalam larutan anilin blue (lihat di bawah) pada 90oC selama 8-10 menit
6. Keluarkan warna selama satu malam pada suhu ruang atau 5 – 10 menit pada 90oC dalam 70 % gliserol atau asam laktat.
7. Letakkan akar pada slide dalam larutan penghilang warna dan diperiksa

Larutan Pewarna

0,05 metil blue atau anilin blue dalam 70 % gliserol yang sudah diasamkan atau asam laktat

Gliserol yang diasamkan

700 ml gliserol; 300 ml air mengandung 2 ml HCl pekat

Pewarnaan Akar untuk Deteksi Nematoda

Prosedur ini untuk akar yang segar atau akar yang sudah difiksasi (foemalin, alcohol, FAA dll). Penting untuk diketahui bahwa akar yang dikoleksi secepat mungkin diwarnai karena nematode dapat bermigrasi dari akar. Jamur biasanya tidak diwarnai dengan metode ini.

1. Cucilah tanah dengan air kran
2. Letakkan akar dalam 250 conical flask yang berisi 70 ml 1.5 % sodium hipoklorit dan dikelantang selama lima menit dengan melakukan pengadukan seperlunya
3. Bersihkan akar dengan air dan rendam selama 15 menit dalam 1 % asam asetat. Pembersihan dengan asam ini sangat kritis terutama bagi akar yang sudah difiksasi
4. Bersihkan larutan asam dan masukkan akar dalam 30 ml air destilasi yang terlebih dahulu sudah ditambahkan pewarna (lihat di bawah). Panaskan pada api yang rendah hingga mendidih. Didihkan perlahan-lahan selama 30 detik kemudian dinginkan dalam suhu ruang selama 30 menit.
5. Keluarkan sat warna yang tertinggal dengan mencuci dalam air. Masukkan akar ke dalam 20 ml gliserol yang sudah

Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah

diasamkan, dan panaskan sampai mendidih. Setelah mendidih flask diangkat dan dinginkan dengan memasukkan ke dalam air.

6. Masukkan akar ke dalam piringan petri yang berisi gliserol, pisahkan dan amati di bawah mikroskop. Nematode akan berwarna merah sedangkan akar tidak berwarna.

Larutan Pewarna stok

0,35 g asam fuchsin

25 ml asam asetat

75 ml air

Gliserol yang diasamkan

2 ml HCl, dilarutkan dalam 300 ml air kemudian ditambahkan ke dalam 700 ml gliserol

DAFTAR PUSTAKA

- Ali-Stayeh, M., Ho, C. and Dick M. 1986. An Improved Method and Medium for Quantitative Estimates of Population of *Pythium* species from Soil. *Transaction of the British Mycological Society* 8t:39-47.
- Bartnicki-Garcia, S. 1966. Chemistry of Hyphal Walls of *Phytophthora*. *Journal of Microbiology* 42:57-69.
- Bissonnete, K. Sharp N. Dykstra M., Robertson I., Davis B., Padhye A. and Kauffman L. 1991. Nasal and Retrobulbar Mass in a Cat and Caused by *Pythium insidiosum*. *Journal of Medical Veterinary Mycology* 29:39-44.
- Bratoleveanu, J. 1985. Species of *Pythium* associated with Barley in South Australia. PhD Thesis, University of Adelaide, 158 pp.
- Burr T. 1973. Population Dynamic of *Pythium aphanidermatum* in Field Soil. MSc Thesis. University of Arizona, Tucson, 33 pp.
- Burr T. and Stanghellini, M. 1973. Propagule Nature and Density of *Pythium aphanidermatum* in Field Soil. *Phytopathology* 63:1499-1501.
- Butler E. 1907. An Account of the Genus *Pythium* and some Chytridiaceae. *Memoirs of the Department of Agriculture, India. Botanical Service* 1:1-162.
- Campbell W. and Hendrix F. 1967. A New Heterothallic *Pythium* from Southern United States. *Mycologia* 59:274-278.
- Chamswarnng C. 1984. Etiology and Epidemiology of *Pythium* Root rot of Wheat. PhD Thesis. Washington State University. 161 pp.

- Croft B. 1987. A bioassay to quantify *Pythium graminicola* in soil. *Australasian Plant Pathology* 16:48-51
- Deacon, J. Laing S. and Berry L. 1991. *Pythium mycoparasiticum* sp. Nov., an aggressive mycoparasite from British Soils. *Mycotaxon* 42:1-8
- Dick M. 1989. Phylum Oomycota. In *Handbook of Potocystista*. Eds. L. Margulis et al., Jones and Bartlett, Boston, pp.661-685
- Dick M. 1990. Key to *Pythium*. Department of Botany, University of Reading, Reading, UK.
- Dick M. and Ali-Shtayeh, M. 1986. Distribution and frequency of *Pythium* sp. In *Parkland and farmland soils*. *Transaction of the British Mycological Society* 88:49-62
- Eckert J. and Tsao P. 1960. A preliminary report on the use of pimaricin in the isolation of *Phytophthora* spp. From root tissues. *Plant Disease Reporter* 44:660-661
- Fischer A. 1892. *Phycomycetes*. Rabenhorst, *Kryptogamenflora* 1, 505 pp
- Gardner D. and Hendrix F. 1973. Carbon dioxide and oxygen concentrations in relation to survival and saprophytic growth of *Pythium irregulare* and *Pythium vexans* in soil. *Canadian Journal of Botany* 51:1593-1598.
- Golden J. Powell W. and Hendrix F. 1972. The influence of storage temperature on recovery of *Pythium* spp. and *Meloidogyne incognita* from field soil. *Phytopathology* 62:819-823
- Griffin D. 1963. Soil physical factor and the ecology of fungi. *Transaction of the British Mycological Society* 46:368-372
- Gunderson J. Elwood H. Ingold A. Kindle K. and Sogin M. 1987. Phylogenetic relationships between Chlorophytes, Chrysophytes,

and Oomycetes. Proceedings of the National Academy of Science
USA 84:5823-5827

Hendrix F. and Campbell W. 1973. Pythium as plant pathogens.
Ann. Rev. of Phytopathol. 11:77-98

Hansen A. 1960. The Selective effect of the antibiotic pimaricin upon
growth of several cacao fungi in vitro. Phytopathology 50:638
(abstract)

Jeffers S. and Martin S. 1986. Comparison of two media selective for
Phytophthora and Pythium species. Plant Disease 70:1038-1043

Kerr A. 1964. The influence of soil moisture on infection of peas by
Pythium ultimum. Australian Journal of biological Science 17:676-
685.

Liew E.C.Y., Pinaria A. Rondonuwu F., Paath J., Sembel D.T Burgess.L.W.
2008. Vanilla stem rot pathogen can survive as an endophyte
within healthy vines. Journal of Plant Pathology. 90: (supp2.): S414
Liew E.C.Y, Rondonuwu F, Pinaria A, Sembel D.T, Summerell B.A,
Burgess L.W. 2004. Fusarium stem rot of vanilla in North Sulawesi.
Phytopathology. 94: (suppl.): S61

Lumsden R. and Ayers W. 1975. Influence of environment on the
germinability of constitutively dormant oospore of Pythium
ultimum. Phytopathology 65: 1101-1107

Luna M. and Hine R. 1964. Factors influencing saprophytic growth of
Pythium aphanidermatum in soil. Phytopathology 54:955-959

Matthews V. 1931. Studies on the genus Pythium. University of North
Carolina Press. Chapel Hill, 136 pp.

McMeekin D. 1978. Inhibition and stimulation of growth of Pythium by
streptomycin. Mycologia 70:880-883

- Middleton J. 1943. The taxonomy, host range and geographic distribution of the genus *Pythium*. Memoirs of the Torrey Botanical Club, 23 pp.
- Mircetich S. 1971. The role of *Pythium* in feeder roots of diseases and symptomless peach trees and in orchard soils in peach tree decline. *Phytopathology* 61:357-360
- Mircetich S. and Kraft J. 1973. Efficiency of various selective media in determining *Pythium* population in soil. *Mycopathologia et Mycologia Applicata* 50:151-161
- Novaes-Ledieu M. Jimenez-Martinez A. and Villaneuva J. 1967. Chemical composition of hyphal walls of *Phycomycetes*. *Journal of General Microbiology* 47:237-245
- Pinaria A.G, Burgess L.W, Liew E.C.Y. 2010. *Fusarium* species associated with vanilla stem rot in Indonesia. *Australasian Plant Pathology*. 39: 176-183.
- Pinaria, A. G., Laurence, M. H., Burgess, L. W. and Liew, E. C. Y. 2015. Phylogeny and origin of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* in Indonesia. *Plant Pathology* . 64: 1358–1365.
- Plaats-Niterink A. van der. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, Studies in Mycology No. 21, 242pp.
- Powell M. Lehnen L. and Bortnick R. 1985. Micobody- like organells as taxonomic marker among Oomycetes. *Biosystem* 18:321- 334
- Pringsheim N. 1858. Beitrage zur morphologie und systematk der algen. II. Die saporolegnieen. *Jahrb . wiss. Bot.*, 1:284-306
- Schmitthenner A. 1980. *Pythium* species: Isolation, biology and identification. In *Advances in turfgrass pathology*. (eds, Larsen P

and Joyner B.) Harcourt Brace Jovanovitch, Duluth, Minnesota, 33-36

Schroter J. 1893. Pythiaceae. In "Die Naturlichen Pflanzenfamilien" (eds. Engler A. and Prante K.)11:104-105

Singh R. and Mitchel J. 1961. A selective method for isolation and measuring the population of *Pythium* in soil. *Phytopathology* 51:440-444

Stanghellini M. 1974. Spore germination, growth and survival of *Pythium* in soil. *Proceeding of the American Phytopathological Society* 1:221-214

Stanghellini M. and Hancock J. 1971. The sporangium of *Pythium ultimum* as a survival structure in soil. *Phytopathology* 61:157- 164

Stanghellini M. and Russell J. 1973. Germination in vitro of *Pythium aphanidermatum* oospores. *Phytopathology* 63:133-137

Tsao P. 1970. Selective media for isolation of the pathogenic fungi. *Annual Review of Phytopathology* 8:157-186

Vaartaja O. and Agnihotri V. 1969. Interaction of nutrients and four antifungal antibiotics in their effects on *Pythium* species in vitro and in soil. *Plant and soil.*30:49-61

Waterhouse G. 1968. The genus *Pythium*. Diagnosis (or descriptions) and figures from the original papers. Commonwealth Mycological Institute, Mycological papers 110, 50pp.

TENTANG PENULIS



Arthur G Pinaria, PhD, saat ini adalah dosen tetap pada Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi, Manado. Lulus program sarjana bidang Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi, Manado pada tahun 1990. Tahun 1996 lulus dari program Magister Pascasarjana Universitas Padjajaran Bandung bidang Ilmu Tanaman. Tahun 2010 lulus program Doktor dari Faculty of Agriculture , Food and Natural Resources , The University of Sydney Australia bidang Patologi Tanaman. Saat ini diberi tugas tambahan sebagai Wakil Direktur Bidang Akademik di Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi.

