

BUKU AJAR

HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN



HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN

LESTA, S.P., M.Si

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
2024**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Buku Ajar Hama dan Penyakit Tanaman dapat diselesaikan dengan baik. Buku ajar ini merupakan acuan bagi mahasiswa Program Sarjana Terapan Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian lingkup Kementerian Pertanian dalam mengikuti proses perkuliahan untuk mendapatkan gambaran secara jelas dalam menerima materi mata kuliah tersebut.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan buku ajar ini. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat bagi para mahasiswa pada Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian.

Sungailiat, 28 September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi	1
B. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah.....	1
BAB 2 RUANG LINGKUP HAMA TANAMAN.....	2
A. Arti dan Pengelompokkan Hama.....	2
B. Bentuk Umum Serangga Hama.....	4
C. Tipe Alat Mulut Serangga	8
BAB 3 ORDO SERANGGA HAMA UTAMA	12
D. Ordo Diptera, Coleoptera, dan Orthoptera	12
E. Ordo Lepidoptera, Rodentia, dan Acari.....	14
F. Ordo Hemiptera, Sub-Ordo Homoptera, dan Thysanoptera	15
BAB 4 RUANG LINGKUP PENYAKIT TANAMAN	18
A. Arti dan Pengelompokkan Penyakit.....	18
B. Cendawan.....	26
C. Bakteri.....	40
D. Virus.....	43
E. Nematoda	53
SOAL PENGAYAAN	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
GLOSARIUM	71
BIOGRAFI PENULIS.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Konsep segitiga penyakit	22
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Bentuk umum serangga.....	4
Gambar 3.2. Metamorfosis holometabola	5
Gambar 3.3. Metamorfosis paurometabola	5
Gambar 3.4. Metamorfosis ametabola	6
Gambar 3.5. Metamorfosis himetabola.....	6
Gambar 3.6. Metamorfosis paurometabola-holometabola	7
Gambar 3.7. Metamorfosis hipermetamorfosis	7
Gambar 3.8. Alat mulut serangga secara umum.....	8
Gambar 3.9. Tipe mulut menggigit –mengunyah dan contoh.....	9
Gambar 3.10. Tipe mulut menusuk-menghisap dan contoh.....	9
Gambar 3.11. Tipe mulut serangga mengait-menghisap	10
Gambar 3.12. Tipe mulut serangga meraut-menghisap	10
Gambar 3.13. Contoh serangga ordo Diptera	12
Gambar 3.14. Contoh serangga ordo Coleoptera	13
Gambar 3.15. Contoh serangga ordo Orthoptera.....	14
Gambar 3.16. Contoh serangga ordo Lepidoptera	14
Gambar 3.17. Contoh serangga Ordo Rodentia	15
Gambar 3.18. Contoh Serangga Ordo Acari	15
Gambar 3.19. Contoh Serangga Ordo Hemiptera.....	16
Gambar 3.20. Contoh Serangga sub-ordo Homoptera	17
Gambar 3.21. Contoh serangga Ordo Thysanoptera	17
Gambar 4.1. Skema tanaman sehat dan sakit	19
Gambar 4.2. Gejala lokal dan gejala sistemik	20
Gambar 4.3. Gejala Nekrosis, hyperplasia, hypoplasia, dan hipertrofi.....	21
Gambar 4.4. Segitiga penyakit.....	22
Gambar 4.5. Sistematis ukuran pathogen dalam sel tumbuhan.....	26
Gambar 4.6. Berbagai tipe askokarp dri Filum Ascomycota	28
Gambar 4.7. Skema struktur <i>Aspergillus</i> sp. dan <i>Penicillium</i> sp.....	29

Gambar 4.8. Gejala embun jelaga	30
Gambar 4.9. Gejala embun hitam	30
Gambar 4.10. Gejala dan tanda <i>Rhizopus</i> sp.....	32
Gambar 4.11. Gejala penyakit gosong jagung dan teliospora	33
Gambar 4.12. Gejala karat dan detail pustule uredia	34
Gambar 4.13. Gejala penyakit cacar daun teh dan basidiospora.....	35
Gambar 4.14. Gejala penyakit antraknosa pda buah cabai.....	36
Gambar 4.1.5. Mikroskopis spesies <i>Colletotrichum</i>	36
Gambar 4.16. Gejala infeksi <i>S. rolfii</i> pada batang kacang tanah	38
Gambar 4.17. Mikroskopik <i>S. Rolfii</i>	38
Gambar 4.18. <i>Pyricularia oryzae</i>	39
Gambar 4.19. Gejala penyakit hawar daun bakteri dan koloni	41
Gambar 4.20. Gejala penyakit busuk bulir padi	41
Gambar 4.21. Gejala layu bakteri pada tomat.....	42
Gambar 4.22. Gejala penyakit kudis	43
Gambar 4.23. Gejala BBTV dan serangga vektor	46
Gambar 4.24. Gejala belang dan serangga vektor	47
Gambar 4.25. Gejala mosaik bengkuang oleh BCMV	48
Gambar 4.26. Skematik siklus penyakit tungro	48
Gambar 4.27. Variasi pertikel virus	49
Gambar 4.28. Gejala luar akibat infeksi virus	50
Gambar 4.29. Penularan virus secara mekanik.....	51
Gambar 4.30. Cara penularan virus tanaman secara lainnya.....	52
Gambar 4.31. Skematik perilaku dan strategi makan fitonematoda	54
Gambar 4.32. <i>Meloidogyne</i> spp.....	55
Gambar 4.33. Nematoda sista kentang.....	56
Gambar 4.34. Pola perineal <i>G. Pallida</i>	56
Gambar 4.35. Gejala NSK pada pertanaman kentang.....	57
Gambar 4.36. Gejala penyakit kuning pada tanaman lada.....	57
Gambar 4.37. <i>Radopholus similis</i>	59

Gambar 4.38. Gejala <i>A. besseyi</i>	59
Gambar 4.39. <i>Aphelenchoides besseyi</i>	60

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku ini mempelajari dan mengidentifikasi Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang difokuskan pada hama dan penyakit, tanaman. Aspek-aspek yang dipelajari meliputi arti hama tanaman, biomorfologi dan klasifikasi hama tanaman, faktor-faktor yang mempengaruhi hama, sedangkan untuk penyakit tanaman lebih kepada arti pentingnya penyakit tanaman, proses terjadinya dan perkembangan penyakit, patogen utama dan fisiologi penyakit, epidemiologi.

B. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) dengan beberapa indikator performance yaitu mahasiswa mampu:

1. Mengidentifikasi faktor dan proses penyebab adanya hama dan penyakit tanaman
2. Menjelaskan hubungan atau interaksi hama dan penyakit tanaman dengan tanaman
3. Mengidentifikasi jenis-jenis hama dan penyakit tanaman berdasarkan berdasarkan morfologi dan gejala serangann

BAB 2

RUANG LINGKUP HAMA TANAMAN

A. Arti dan Pengelompokan Hama

Hama adalah salah satu organisme pengganggu tanaman golongan serangga yang dapat merugikan tanaman secara kualitas maupun kuantitas. Menurut Dadang (2006) hama merupakan gangguan pada tanaman, manusia, atau ternak. Dalam arti luas, hama merupakan semua macam bentuk gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan dan kerugian pada manusia, ternak, dan tanaman. Dalam arti sempit, hama merupakan semua jenis hewan yang berpotensi mengganggu pada kegiatan budidaya tanaman yang mengakibatkan kerusakan tanaman dan menurunkan produksi tanaman secara ekonomis (Simluthan Kementrian Pertanian 2019). Serangga hama dapat menyerang mulai dari benih hingga pasca panen (hama gudang).

Umumnya kelompok serangga terdiri dari serangga berguna (*Helpful or beneficial insect*) dan serangga merugikan (*Harmful or injerious insect*). Serangga merugikan terdiri dari: *poisonous insect* (ulat bajra/ulat api, lebah), *pest* yaitu *crop pest* (serangga hama pada tanaman yang dibudidayakan), *plant pest* (serangga hama pada tanaman hutan atau tanaman sayuran lainnya), *stored groin pest* (serangga hama gudang), *house hold pest* (serangga hama pada rumah tangga, contohnya serangga kecoa), *dometic animal pest* (serangga hama pada luka yang diderita hewan ternak), dan *disease pests* (serangga yang menyebabkan berbagai penyakit ataupun vektor penyakit). Berdasarkan kepentingannya, serangga perusak atau hama juga dikelompokkan menjadi beberapa kategori, yaitu:

- *Major pest/ Main pest/ Key pest* atau hama penting atau hama utama adalah serangga hama yang selalu menyerang tanaman dengan inetnsitas yang berat di suatu daerah (umunya daerah yang luas) dalam kurun waktu yang

lama sehingga perlu dikendalikan. Jika hama utama tidak dikendalikan akan menyebabkan kerugian secara ekonomi bagi petani, seperti wereng coklat, penggerek batang, dan ganjur yang merupakan hama utama tanaman padi.

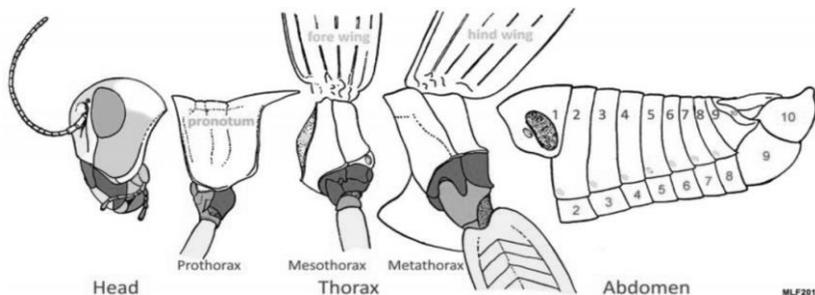
- *Secondary pest/ Potensial pest* adalah hama yang biasanya tidak menyebabkan banyak kerusakan, serangannya dapat menjadi lebih parah karena perubahan ekosistem karena populasinya meningkat sehingga dapat menjadi hama utama.
- *Inclently pest/ occasional pest* adalah hama yang menyebabkan kerusakan pada tanaman mungkin sangat kecil atau tidak signifikan dikarenakan kerusakannya yang masih dapat ditoleransi oleh tanaman. Populasi hama ini dapat meningkat dan menyebabkan kerusakan ekonomi, terutama tidak diberi perlakuan pengendalian, sebagai contoh, serangga hama belalang yang memakan daun padi setempat.
- *Migratory pest* adalah hama yang mempunyai sifat suka berpindah (migrasi). Hama ini biasanya bukan berasal dari ekosistem pertanian setempat, tetapi datang dari luas karena sifatnya migran. Hama ini dapat datang di suatu tempat dan menimbulkan kerugian yang berarti, namun hanya dalam jangka waktu yang pendek karena mereka akan pindah ke daerah lain. Sebagai contoh, belalang kembara (*Locusta migratoria*), yang datang secara berkala dan memakan berbagai tanaman di wilayah yang dilalui dengan populasi yang sangat besar.

B. Bentuk Umum Serangga Hama

Serangga hama termasuk filum Arthropoda kelas Insecta. Serangga memiliki kerangka luar yang disebut dengan eksoskeleton (ekso=luar) dan skeleton=kerangka) yang dilapisi oleh kitin. Dinding tubuh serangga disebut dengan integument yang memiliki struktur yang keras. Tubuh serangga terbagi menjadi 3 bagian (tagmata) yaitu kepala, toraks, dan abdomen (Gambar 1).

Secara umum, serangga memiliki 3 pasang tungkai yang beruas-ruas, memiliki satu pasang antenna, dan memiliki satu pasang mata majemuk, namun sebagian besar memiliki mata tunggal. Kepala serangga merupakan tempat melekatnya antena, mata, dan alat mulut. Biasanya antena beruas-ruas. Mata serangga terbagi menjadi mata majemuk (compound eyes) dan mata tunggal (simple eyes), serta alat mulut yang terdiri dari labrum, mandible, maksila, dan labium.

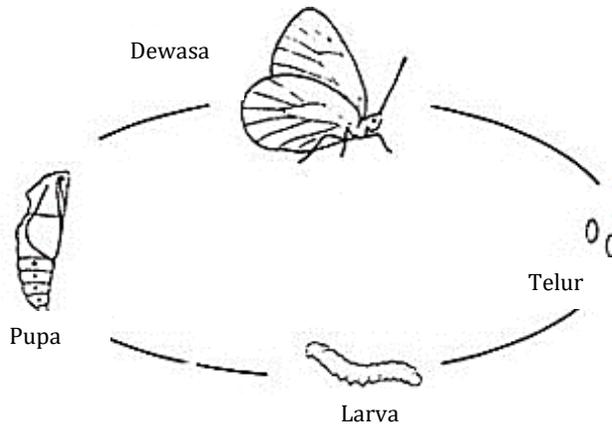
Toraks atau dada serangga merupakan tempat melekatnya tungkai dan sayap. Pada torak terdapat 3 ruas, yakni protorak (torak bagian depan), mesotorak (torak bagian tengah), dan metatorak (torak bagian belakang). Tungkai yang melekat pada torak terdapat 3 pasang, yakni tungkai depan (forelegs), tungkai tengah (midlegs), dan tungkai belakang (hindlegs). Pada toraks, juga melekatnya sayap, secara umum terdapat 2 pasang, yakni sayap depan (forewings) yang terletak di mesotorak dan sayap belakang (hindwings) yang terletak pada metatorak. Abdomen (perut) serangga beruas-ruas. pada serangga betina terdapat ovipositor (alat yang digunakan untuk meletakkan telur pada jantan) dan serangga jantan memiliki hipandrium.



Gambar 1. Bentuk umum serangga

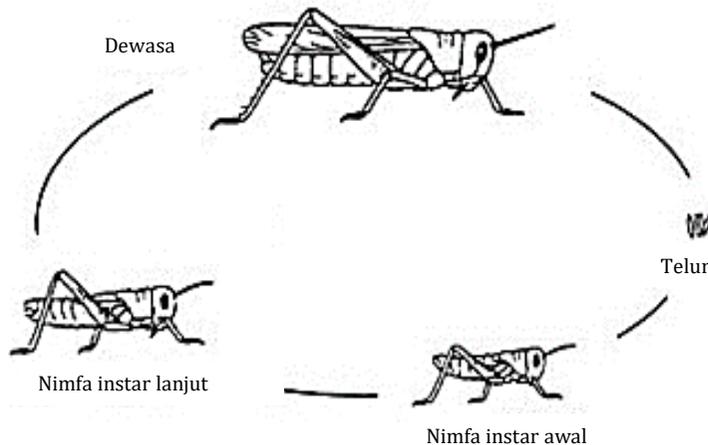
Perkembangan serangga hama secara umum terdiri dari telur, pradewasa (larva/nimfa), dewasa (imago) dan mengalami pergantian kulit dan metamorfosis. Metamorfosis serangga pada umumnya terdiri dari holometabola (metamorfosis sempurna) dan paurometabola (metamorfosis bertahap). Namun, terdapat beberapa metamorphosis lainnya seperti ametabola (tanpa metamorphosis), hemimetabola (metamorphosis tidak lengkap), paurometabola-holometabola (metamorphosis bentuk antara), dan hipermetamorfosis.

Metamorfosis holometabola atau metamorphosis sempurna memiliki tahapan dari telur, ulat (larva), pupa/kepompong, dan dewasa (imago) (Gambar 2). Bentuk tubuh dan jenis makanan larva berbeda dengan dewasa. Contoh serangga dengan metamorphosis holometabola antara lain kupu-kupu, ngengat, kumbang, lebah, tawon, semut, dan lain-lain.



Gambar 2. Metamorfosis holometabola atau sempurna

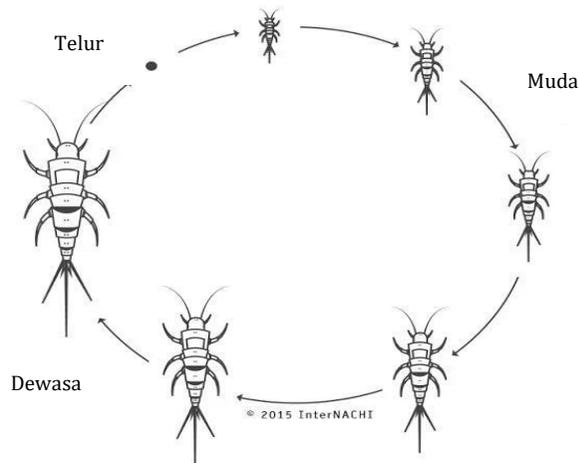
Metamorfosis paurometabola atau metamorphosis bertahap memiliki tahapan dari telur, nimfa, dewasa (imago) dan tidak ada fase pupa (Gambar 3). Bentuk tubuh dan jenis makanan nimfa sama dengan dewasa. Nimfa dan dewasa berbeda dalam ukuran tubuh dan kematangan organ reproduksi. Contoh serangga dengan metamorphosis paurometabola antara lain belalang, kepik, belalang sembah, kecoa, dan lain-lain.



Gambar 3. Metamorfosis paurometabola atau bertahap

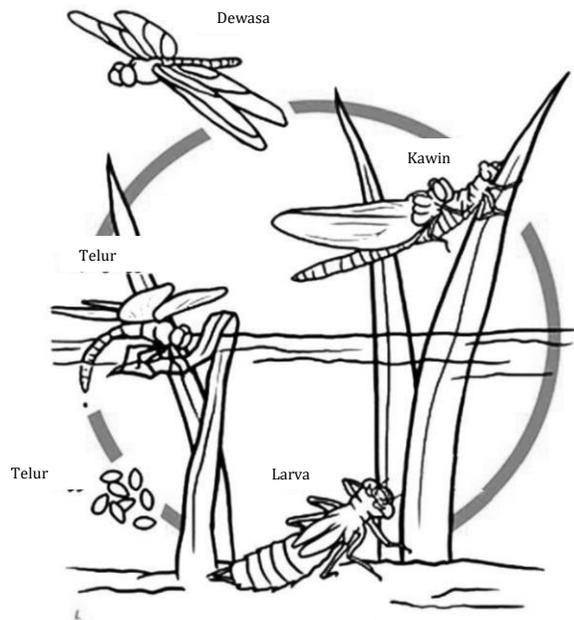
Metamorfosis ametabola atau tanpa metamorfosis merupakan metamorphosis yang tidak ada perbedaan bentuk antara predewasa dan dewasa (Gambar 4). Pradewasa dan dewasa berbeda ukuran dan kematangan

alat reproduksi. Contoh serangga dengan metamorphosis ametabola adalah kutu buku (Ordo Thysanura).



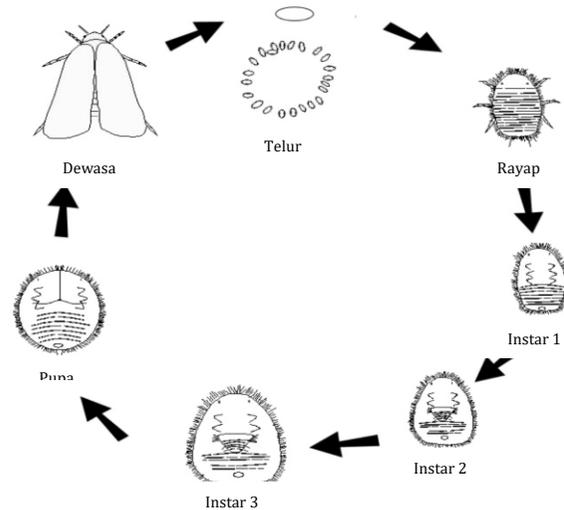
Gambar 4. Metamorfosis ametabola

Metamorfosis himetabola atau metamorfosis bentuk antara merupakan metamorphosis yang bentuk pradewasa dan dewasa berbeda. Habitat pradewasa di air (akuatik) deawasa di darat/udara. Pradewasa disebut dengan naiad (Gambar 5). Contoh serangga dengan metamorfosis himetabola adalah capung (Ordo odonata).



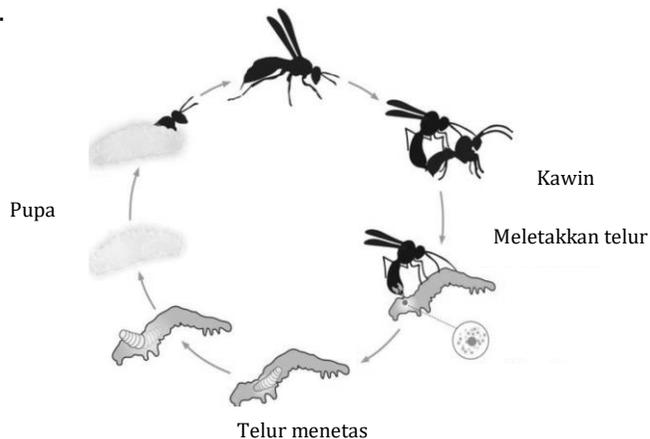
Gambar 5. Metamorfosis himetabola

Metamorfosis paurometabola-holometabola merupakan metamorphosis yang mirip dengan paurometabola, tetapi ada satu atau dua instar terakhir pradewasa yang tidak aktif bergerak. Pradewasa aktifnya disebut dengan nimfa dan pradewasa yang tidak aktif disebut dengan pupa (Gambar 6). Contoh serangga dengan metamorphosis paurometabola-holometabola adalah Thrips (Ordo Thysanoptera), kutu kebul (Ordo Hemiptera, Famili Aleyrodidae).



Gambar 6. Metamorfosis paurometabola-holometabola

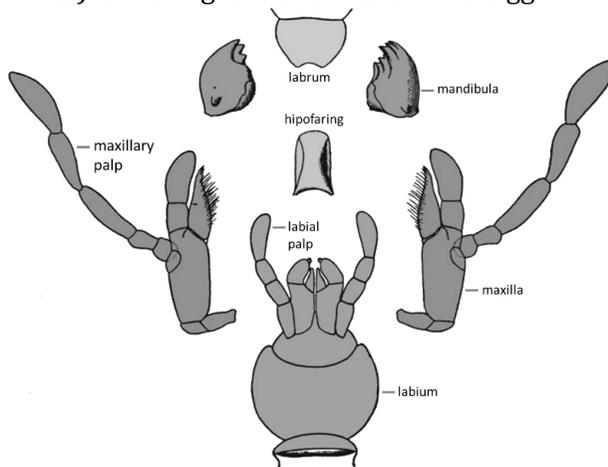
Metamorfosis hipermetamorfosis merupakan metamorphosis yang mirip dengan holometabola, tetapi bentuk larva instar 1 dengan instar berikutnya berbeda. Pradewasa aktif disebut dengan larva dan pradewasa yang tidak aktif disebut dengan pupa (Gambar 7). Contoh serangga dengan metamorphosis paurometabola-holometabola adalah parasitoid dari ordo Hymenoptera.



Gambar 7. Metamorfosis hipermetamorfosis

C. Tipe Alat Mulut Serangga

Alat mulut merupakan salah satu alat tubuh yang mendukung kemampuan serangga untuk bertahan di alam yang bentuk dan ukurannya sangat bermacam-macam. Dengan tipe alat mulut tertentu, serangga hama dalam merusak tanaman akan mengakibatkan gejala kerusakan yang khas pada tanaman yang diserangnya. Alat mulut serangga secara umum terdiri dari labrum (struktur seperti bibir atas), mandible (struktur keras untuk memotong), maksila (struktur untuk mengunyah), dan labium (struktur seperti bibir bawah). Berikut gambar alat mulut serangga secara umum

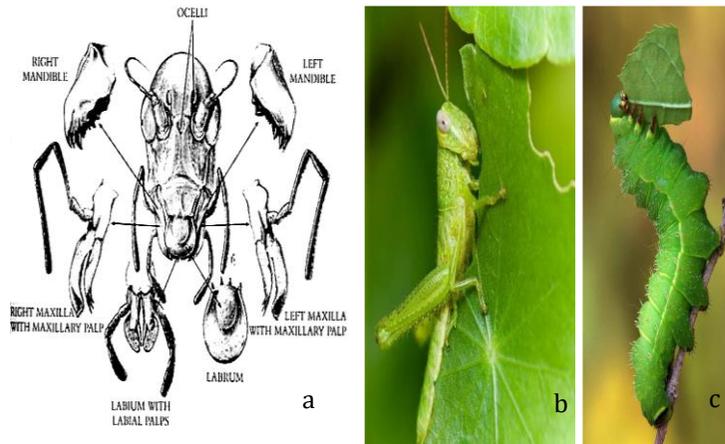


Gambar 8. Alat mulut serangga secara umum

Tipe alat mulut serangga sangat beragam. Hal ini berhubungan dengan berbagai tipe gejala ataupun tanda serangan dari berbagai jenis hama yang dijumpai di lapangan. Selain itu tipe alat mulut dapat pula digunakan untuk menduga cara hidup ataupun untuk menaksir populasi hama yang bersangkutan. Tipe alat mulut serangga tergantung dari stadium perkembangan, bentuk makanan, dan jenis makanannya. Secara umum tipe mulut serangga terdiri dari mengigit-mengunyah, menusuk-menghisap, mengait-menghisap, dan meraut-menghisap.

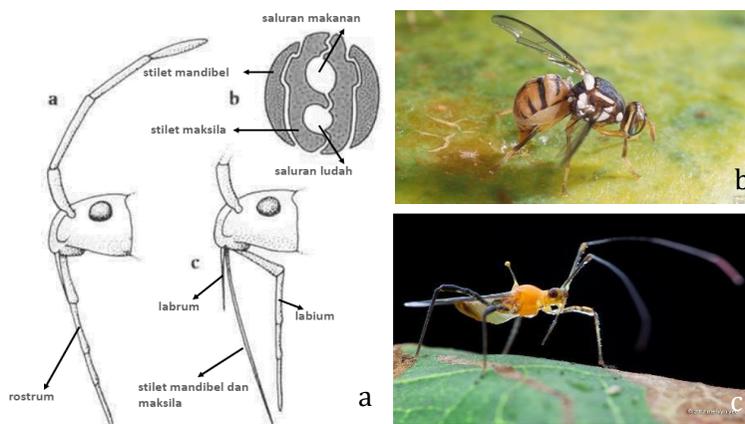
Tipe mulut serangga menggigit-mengunyah merupakan tipe mulut dengan mandibulata (mandible) yang berperan secara dominan (Gambar 9a).

Contoh serangga dengan tipe mulut ini adalah belalang, ulat, kumbang, kecoa, dan rayap (Gambar 9b dan 9c).



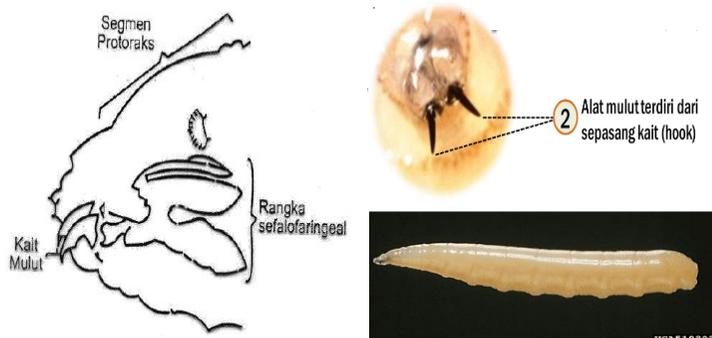
Gambar 9. Tipe mulut serangga menggigit-mengunyah (a) dan contoh serangga dengan tipe mulut menggigit-mengunyah (b dan c)

Tipe mulut serangga menusuk-menghisap merupakan tipe mulut dengan tipe haustelata dan alat mulut yang termodifikasi menjadi seperti jarum. Bagian mulut serangga tipe ini antara lain labrum, labium menjadi rostum, mandible yang merupakan stilet mendibel, dan maksila yang disebut dengan stilet maksila (Gambar 10a). Contoh serangga dengan tipe mulut ini adalah wereng cokelat, lalat buah, kepik, (Gambar 10b dan 10c) kutu daun, nyamuk, dll.



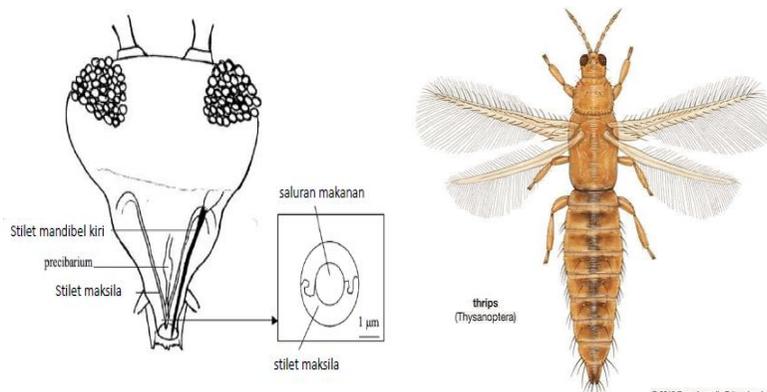
Gambar 10. Tipe mulut serangga menusuk-menghisap (a) dan contoh serangga dengan tipe mulut menggigit-mengunyah (b dan c)

Tipe mulut serangga mengait-menghisap merupakan tipe mulut yang termodifikasi menjadi mulut kait (mouth hook). Tipe mulut ini tidak memiliki bagian seperti labrum, labium, dan maksila tetapi hanya memiliki mandibel yang termodifikasi menjadi kait mulut. Contoh serangga dengan tipe mulut ini adalah larva lalat buah (Gambar 11).



Gambar 11. Tipe mulut serangga mengait-menghisap

Tipe mulut serangga meraut-menghisap merupakan tipe mulut yang termodifikasi untuk meraut dan menghisap. Bagian mulut tipe ini labrum, labium, mandibel (stilet mandible kiri), dan maksila (stilet maksila). Contoh serangga dengan tipe mulut ini adalah Thrips (Gambar 12).



Gambar 12. Tipe mulut serangga meraut-menghisap

Serangan yang disebabkan oleh serangga hama akan meninggalkan gejala kerusakan yang khas. Menurut Sembel (2012) gejala adalah setiap perubahan pertanaman yang mengarah pada pengurangan hasil kualitas dari

hasil yang diharapkan akibat serangan hama. Gejala merusak yang diakibatkan oleh serangan hama khususnya dari morfologi alat mulut serangga hama.

BAB 3

ORDO SERANGGA HAMA UTAMA

A. Ordo Diptera, Coleoptera, dan Orthoptera

Ordo Diptera merupakan salah satu ordo yang terbesar dari ordo serangga. Diptera di bedakan secara langsung dan mudah dengan serangga-serangga lainnya. Diptera memiliki sayap depan dan sayap belakang tersusun menjadi struktur-struktur seperti kenop yang disebut halter, yang fungsinya sebagai organ keseimbangan (Borror 1996). Ordo diptera mempunyai metamorfosa holometabola, tipe alat mulut Diptera seperti belalai yang disebut proboscis, antara lain menusuk (Agromyzida), menghisap (Syrphidae), dan menjilat dan menghisap (lalat buah). Berikut beberapa contoh serangga dengan ordo Diptera



Gambar 13. Contoh serangga Ordo Diptera

Ordo Coleoptera dikenal juga dengan sebutan kumbang. Kumbang mempunyai ciri morfologi yang sama dengan kebanyakan serangga. Coleoptera memiliki siklus hidup metamorfosa holometabola (Borror 1992). Coleoptera merupakan serangga yang memiliki sayap yang menyerupai perisai dan sayap depan yang menebal dan keras terbuat dari kitin sebagai kerangka luarnya. Sayap depan pada kumbang keras dan tebal, yang berfungsi sebagai penutup sayap belakang dan tubuh. Mulut kumbang bertipe menggigit dan mengunyah. Berikut beberapa contoh serangga dengan ordo Coleoptera



Gambar 14. Contoh serangga Ordo Coleoptera

Ordo Orthoptera merupakan salah satu makhluk hidup yang jenisnya cukup banyak, hampir mencapai 20.000 jenis (Prakoso 2017). Orthoptera adalah pemakan tumbuhan, tetapi ada beberapa diantaranya yang bertindak sebagai predator pada serangga lain (Semiun & Mamulak 2019). Orthoptera berasal dari istilah orthos yaitu lurus dan pteron yang artinya sayap. Spesies Orthoptera ada yang memiliki sayap dan tidak memiliki sayap.

Beberapa jantan memiliki alat penghasil suara dan beberapa betina Orthoptera memiliki satu alat perteluran (opivisitor). Kelompok serangga ini pada waktu istirahat memiliki perilaku special, dimana sayap belakang dilipat lurus di bawah dan sayap depannya berukuran lebih sempit daripada sayap belakang. Spesies Orthoptera juga memiliki metamorphosis tidak sempurna dan sederhana (paurometabolous) (Borror 1996). Secara umum, ordo Orthoptera memiliki tipe mulut mengigit-mengunyah. Berikut adalah contoh serangga hama dengan ordo Orthoptera



Gambar 15. Contoh serangga ordo Orthoptera

B. Ordo Lepidoptera, Rodentia, dan Acari

Ordo Lepidoptera (bangsa kupu/ngengat), umumnya dikenal sebagai penghisap madu/nectar pada serangga dewasa. Kelompok ordo ini berpotensi sebagai hama hanya pada fase larva (ulat) saja, namun beberapa diantaranya bertindak sebagai predator.



Gambar 16. Contoh serangga ordo Lepidoptera

Rodentia adalah ordo terbesar dalam kelas mamalia dan hama utama di sektor pertanian. Beberapa spesies tikus seperti *Rattus tiomanicus*, *R. rattus diardii*, *R. argentiventer*, dan *R. tanezumi* menjadi hama di perkebunan sawit. *R. tiomanicus* adalah hama dominan di perkebunan sawit, yang dapat menurunkan produksi hingga 5%. Ordo Rodentia memiliki cara serangan dengan mengunyah bagian tanaman budidaya. Berikut adalah contoh spesies tikus yang banyak menyerang tanaman budidaya dan menyebabkan kerugian



Gambar 17. Contoh serangga Ordo Rodentia

Populasi *R. tiomanicus* di perkebunan sawit berkisar antara 84 hingga 578 ekor per hektar. Penyebab tingginya populasi tikus ini adalah luasnya

habitat sawit yang terus bertambah. Ekspansi perkebunan sawit di daratan tropis berkembang dengan cepat dan luas.

Tungau merupakan sejenis artropoda yang merupakan sekelompok hewan kecil yaitu 0,5–2 mm, bertungkai delapan, seperti caplak. Tungau bersifat parasite, mempunyai kisaran inang yang banyak (polifag), dan sangat mudah menyebar. Tubuhnya halus transparan, berwarna hijau kekuningan, kaki yang kecil dapat bergerak dengan cepat. Tungau memiliki tipe mulut yang menusuk dan meghisap.



Gambar 18. Contoh serangga Ordo Acari

Kerangka dasar pada tubuh tungau terbagi gnathosoma anterior yaitu pedipalpus dan chelicerae; serta idiosoma yaitu bagian kaki dan mata (bila ada). Secara umum, Pedipalpus memiliki lima segmen dan merupakan sensor utama yang membantu tungau dalam mencari makanan dan lingkungan. Dalam beberapa kelompok mereka dapat dimodifikasi sebagai struktur liar untuk menangkap mangsa atau perangkat lain digunakan menempel pada host. Berikut beberapa contoh tungau yang menyerang tanaman

C. Ordo Hemiptera, Sub-Ordo Homoptera, dan Thysanopter

Hemi berarti “setengah” dan pteron artinya “sayap”. Golongan serangga yang termasuk ke dalam ordo ini memiliki sayap depan yang mengalami modifikasi sebagai “hemelytron”, yaitu setengah bagian di daerah pangkal menebal, sedangkan sisanya berstruktur seperti selaput, dan sayap belakang mirip tipis (membrane). Tipe perkembangan hidup ordo Hemiptera adalah paurometabola (telur-nimfa-imago). Tipe alat mulut, baik nimfa

maupun imago, bersifat menusuk-menghisap, dan keduanya dalam habitat yang sama. Stadium serangga yang merusak tanaman adalah nimfa dan imago.

Hemiptera memiliki ukuran dan bentuk yang bervariasi. Hemipteran berukuran mulai dari 1-110 mm. hemipteran memiliki bentuk sangat pipih, panjang, bulat telur, dan hamper segitiga. Jenis serangga yang termasuk ke dalam ordo Hemiptera memiliki tipe mulut menusuk-menghisap. Serangga dengan ordo Hemiptera (Gambar 14) antara lain hama penghisap wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*), kutu kebul, kutu loncat, wereng hijau, kutu tempurung, dan kutu putih.



Gambar 19. Contoh serangga Ordo Hemiptera

Serangga dengan ordo Hemiptera kepik atau disebut dengan sub-ordo Homoptera mempunyai sayap depan berstruktur sama, yaitu seperti selaput (membran). Sebagian dari serangga ini mempunyai dua bentuk, yaitu serangga bersayap dan tidak bersayap. Kutu daun (*Aphis* sp.) sejak menetas sampai dewasa tidak bersayap. Namun, bila populasinya tinggi sebagian serangga tadi membentuk sayap untuk memudahkan pindah dari satu tempat ke tempat yang lain.

Tipe perkembangan hidup ordo Homoptera adalah paurometabola (telur-nimfa-imago). Ordo homoptera memiliki tipe mulut yang menusuk-menghisap. Jenis serangga yang termasuk ke dalam sub-ordo homoptera (Gambar 20), antara lain hama penghisap daun teh, kina, dan buah kakao, kepuk buah lada (*Dasynus piperis*), kepik hijau (*Nezara viridula*), kepik buah jeruk (*Rhynchoecoris Poseidon* Kirk.), dan kepik mirid (*Helopeltis antonii*).



Gambar 20. Contoh serangga sub-ordo Homoptera

Ordo Thysanoptera atau dikenal dengan Thrips memiliki dua pasang sayap yang berumbai dan tipe mulut yang meraut dan menghisap. Metamorphosis Thrips adalah peralihan antara peurometabola dan holometabola. Salah satu family Thrips yang penting adalah Thripidae. Berikut gambaran hama Ordo Thysanoptera



Gambar 21. Contoh serangga Ordo Thysanoptera (Thrips)

BAB 4

RUANG LINGKUP PENYAKIT TANAMAN

A. Arti dan Pengelompokan Penyakit

Penyakit Tanaman

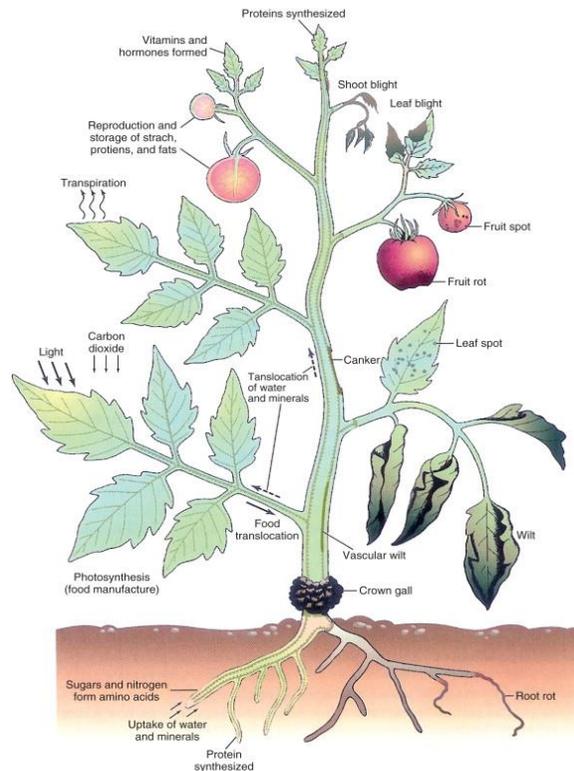
Tumbuhan adalah Kingdom Plantae yang tidak dikehendaki atau tidak secara sengaja dibudidayakan oleh manusia. Sedangkan tanaman adalah tumbuhan yang secara sengaja dibudidayakan oleh manusia untuk diambil manfaatnya, baik secara ekonomi, estetika, dan lain sebagainya. Tumbuhan dalam bahasa Inggris disebut sebagai *plant*, sedangkan tanaman disebut sebagai *crop*.

Penyakit tumbuhan adalah kondisi abnormal suatu tumbuhan yang tidak dapat menjalankan fungsi fisiologisnya dengan baik yang disebabkan oleh faktor biotik maupun faktor abiotik. Ilmu penyakit tumbuhan atau Fitopatologi adalah ilmu yang mempelajari penyakit tumbuhan beserta faktor penyebab terjadinya penyakit tersebut. Secara lebih luas, Fitopatologi mempelajari makhluk hidup dan kondisi lingkungan yang memicu terjadinya penyakit tumbuhan, mekanisme terjadinya penyakit tumbuhan, interaksi antara tumbuhan dengan agens penyebab penyakit, serta cara-cara ilmiah untuk mencegah dan mengendalikan kerusakan yang disebabkan oleh penyakit tumbuhan.

Berkaitan dengan penjelasan paragraf sebelumnya, penggunaan kata tumbuhan pada Ilmu Penyakit Tumbuhan merujuk pada pembelajaran yang bukan hanya sebatas tanaman budidaya, melainkan juga tumbuhan yang tidak dibudidayakan. Hal ini karena tumbuhan dapat menjadi inang alternatif dari agens penyebab penyakit yang bersifat infeksius (patogen). Inang alternatif adalah kondisi saat patogen dapat menginfeksi tumbuhan lain selain tanaman utama. Sebagai contoh suatu patogen dapat menginfeksi

tanaman cabai, namun ketika bukan musim tanam cabai, patogen tersebut dapat menginfeksi tanaman/tumbuhan lain dari kelompok tanaman budidaya maupun gulma. Inang alternatif ini dapat berupa tanaman budidaya maupun tumbuhan liar (gulma).

Bagian penyakit tumbuhan pada buku ini akan berfokus pada penyakit tumbuhan yang bersifat infeksius yang disebabkan oleh faktor biotik. Agens penyebab penyakit yang bersifat infeksius ini selanjutnya disebut sebagai patogen. Secara garis besar, ilustrasi mengenai gejala penyakit tumbuhan yang disebabkan oleh patogen dapat dilihat pada Gambar 1. Penyakit tumbuhan yang disebabkan oleh patogen dapat menunjukkan gejala yang beraneka ragam seperti yang terlihat pada bagian kanan Gambar 1. Gejala merupakan respon tumbuhan atas terjadinya kondisi abnormal yang disebabkan oleh patogen. Kondisi abnormal ini menyebabkan kerusakan hingga kematian sel tumbuhan.



Gambar 1. Skema perbandingan tanaman sehat dan tanaman sakit

Berbagai cara patogen dalam menyebabkan penyakit pada tumbuhan di antaranya dengan cara menyerap sel inang tumbuhan sebagai sumber makanannya; mengganggu metabolisme sel inang melalui enzim, toksin, ataupun zat pengatur tumbuh yang disekresikan; menghambat sistem transportasi air dan hara tumbuhan; dan mengonsumsi sel inang tumbuhan secara langsung setelah terjadinya kontak.

Gejala dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan berdasarkan sifatnya, yaitu gejala lokal dan gejala sistemik. Gejala lokal adalah gejala yang hanya muncul pada bagian tanaman yang terinfeksi saja dan tidak tersirkulasi ke seluruh bagian tumbuhan. Gejala lokal ini umum terjadi pada tumbuhan yang terinfeksi oleh cendawan (Gambar 2a). Sedangkan gejala sistemik adalah gejala yang dapat menyebar ke seluruh bagian tumbuhan walaupun lokasi infeksi hanya ada di satu titik tanaman saja. Gejala sistemik ini umumnya terjadi pada tumbuhan yang terinfeksi oleh virus (Gambar 2b). Adapun berdasarkan karakter morfologinya, gejala penyakit tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi empat golongan, yaitu nekrosis, hiperplasia, hipoplasia, dan hipertrofi.



Gambar 2. Gejala lokal (a) dan gejala sistemik (b)

Nekrosis adalah kondisi kematian sel yang ditandai dengan adanya perubahan warna pada jaringan tumbuhan. Umumnya perubahan warna yang terjadi adalah hitam atau coklat yang terjadi karena adanya oksidasi senyawa fenol. Salah satu contoh gejala nekrosis adalah bercak daun pada

kacang tanah yang disebabkan oleh cendawan *Cercosporidium personatum* (Gambar 3a). Hiperplasia adalah gejala terjadinya pertumbuhan jumlah sel yang jauh lebih banyak dibandingkan kondisi normal. Salah satu contoh gejala ini adalah adanya pertumbuhan rambut akar yang berlebihan (Gambar 3b). Sebaliknya, hipoplasia adalah kondisi pertumbuhan jumlah sel yang jauh lebih sedikit dibandingkan kondisi normal. Secara umum gejala ini ditandai dengan ukuran tumbuhan yang menjadi kerdil dan lebih kecil dibandingkan tumbuhan normal (Gambar 3c). Hipertrofi adalah gejala penyakit tumbuhan yang terjadi karena adanya pertumbuhan berlebihan ukuran sel tumbuhan yang lebih besar dibandingkan sel tumbuhan normal. Ukuran sel yang besar ini membuat tumbuhan terlihat seperti membengkak. Gejala hipertrofi biasanya muncul bersamaan dengan gejala hiperplasia sehingga menimbulkan gejala yang kompleks. Sebagai contoh adalah gejala puru akar yang disebabkan oleh nematoda *Meloidogyne* spp. (Gambar 3d).

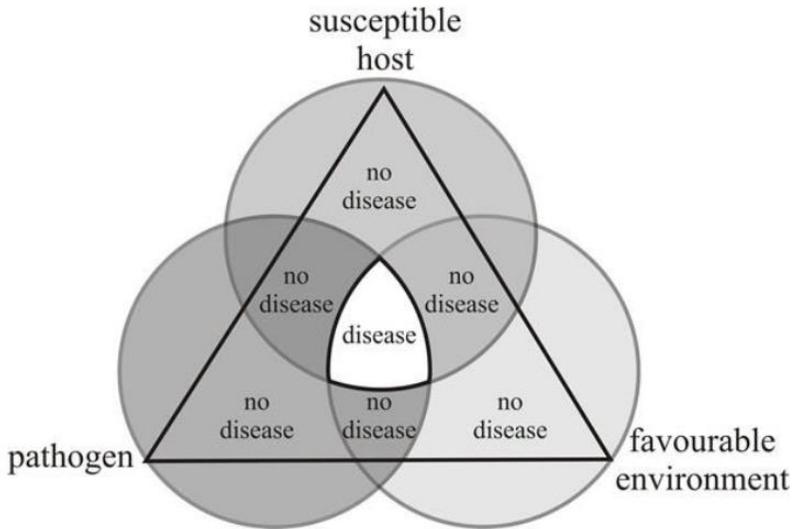


Gambar 3. Gejala nekrosis bercak daun kacang tanah (a), hyperplasia rambut akar (b), hypoplasia padi (c) dan hipertrofi akar tomat (d)

Penyebaran Patogen

Suatu penyakit dapat terjadi apabila konsep segitiga penyakit dapat terpenuhi. Konsep segitiga penyakit terdiri atas patogen, inang, dan lingkungan (Gambar 4). Konsep ini menjelaskan bahwa agar terjadinya penyakit infeksius pada tumbuhan, diperlukan adanya patogen yang virulen, inang yang rentan, serta kondisi lingkungan yang sesuai untuk perkembangan patogen. Tidak terpenuhinya salah satu syarat tersebut akan membuat patogen tidak dapat menginfeksi tumbuhan sehingga penyakit tidak terjadi.

Secara ringkas, kaidah konsep segitiga penyakit beserta kejadian penyakit dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Segitiga penyakit (Newton *et al.* 2012)

Tabel 1 Konsep segitiga penyakit dan kaitannya dengan kejadian penyakit tumbuhan

Segitiga Penyakit			Kejadian Penyakit
Patogen Virulen	Inang Rentan	Lingkungan Sesuai	
X	✓	✓	X
✓	X	✓	X
✓	✓	X	X
✓	✓	✓	✓

Keterangan: ✓ (terpenuhi), X (tidak terpenuhi)

Pemahaman mengenai konsep segitiga penyakit dapat menjadi dasar pertimbangan strategi pengendalian suatu penyakit tumbuhan. Studi terkait penyakit tumbuhan akan mempelajari konsep tersebut, baik dari segi patogen, tumbuhan inang, maupun lingkungan yang sesuai. Salah satu studi ini dapat disebut sebagai studi bioekologi patogen tumbuhan.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah patogen memiliki kecenderungan terhadap tumbuhan tertentu untuk diinfeksi atau dapat disebut sebagai kisaran inang. Secara sederhana, kisaran inang adalah jangkauan jenis tumbuhan yang dapat diinfeksi oleh suatu patogen. Patogen ada yang memiliki kisaran inang luas dan ada juga yang memiliki kisaran inang sempit. Sebagai contoh nematoda *Meloidogyne* spp. yang memiliki kisaran inang luas sehingga dapat menginfeksi berbagai jenis tumbuhan dari famili yang berbeda-beda. Nematoda ini dapat menginfeksi tomat (famili Solanaceae), wortel (famili Apiaceae), kubis (famili Brassicaceae), mentimun (famili Cucurbitaceae), ubi jalar (famili Convolvulaceae), lada (Piperaceae), dan lain sebagainya. Sebaliknya patogen yang memiliki kisaran inang sempit hanya dapat menginfeksi satu spesies tumbuhan, sebagai contoh bakteri *Ralstonia solanacearum* yang hanya dapat menginfeksi famili Solanaceae. Bahkan ada patogen yang hanya dapat menginfeksi satu spesies inang saja, sebagai contoh patogen karat daun kopi *Hemileia vastatrix* yang hanya dapat menginfeksi bagian daun kopi saja.

Terjadinya suatu penyakit tumbuhan juga dipengaruhi oleh cara penyebaran suatu patogen. Cara penyebaran patogen dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, di antaranya adalah penyebaran melalui udara (*air borne*), benih (*seed borne*), tanah (*soil borne*), air (*water borne*) dan serangga vektor (*vector borne*). Masing-masing cara penyebaran memiliki karakteristik tertentu dalam menyebabkan penyakit tumbuhan dan bahkan ada yang dapat menyebabkan epidemi penyakit tumbuhan.

Epidemi merupakan kejadian penyakit yang menyebar dan meluas pada suatu wilayah dalam suatu waktu tertentu. Patogen yang bersifat tular udara (*air borne*) umumnya dapat menyebabkan terjadinya epidemi penyakit tumbuhan. Sebagian besar patogen yang bersifat tular udara berasal dari kelompok cendawan. Spora atau konidia cendawan yang kecil dan ringan memungkinkan untuk terbawa oleh angin lalu tersebar luas ke berbagai lahan pertanian. Meskipun demikian, faktor lain seperti keseragaman genetik

tanaman budidaya juga dapat memperkuat terjadinya epidemi penyakit tumbuhan.

Penyebaran patogen melalui benih merupakan salah satu cara yang dapat menyebabkan masuk dan menyebarnya suatu patogen secara cepat dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Secara umum, patogen yang terbawa benih dapat bertahan dalam waktu lama di dalam benih sehingga hal ini dapat membahayakan apabila benih tersebut dapat lolos dan masuk ke wilayah yang sebelumnya belum pernah ada patogen tersebut. Peran karantina pertanian sangat diperlukan untuk mencegah agar hal tersebut tidak terjadi. Terkadang benih yang mengandung patogen tidak menunjukkan adanya gejala (*symptomless*) sehingga sangat sulit dibedakan dengan benih sehat. Secara umum, sebagian kelompok cendawan, bakteri, virus, dan nematoda ada yang dapat bertahan pada benih tanaman.

Patogen yang bersifat tular tanah merupakan jenis patogen yang sulit dikendalikan. Jenis patogen ini dapat bertahan sangat lama di dalam tanah, bahkan hingga sampai puluhan tahun dalam bentuk struktur bertahan. Secara umum nematoda parasit tumbuhan bersifat tular tanah, meskipun ada sebagian kecil yang bersifat tular benih karena menginfeksi bagian tajuk tanaman. Terdapat juga cendawan dan bakteri patogen tumbuhan yang bersifat tular tanah, di antaranya adalah cendawan *Fusarium* sp. dan bakteri *Ralstonia solanacearum*. Dua patogen tersebut dapat menyebabkan penyakit layu pada tanaman budidaya.

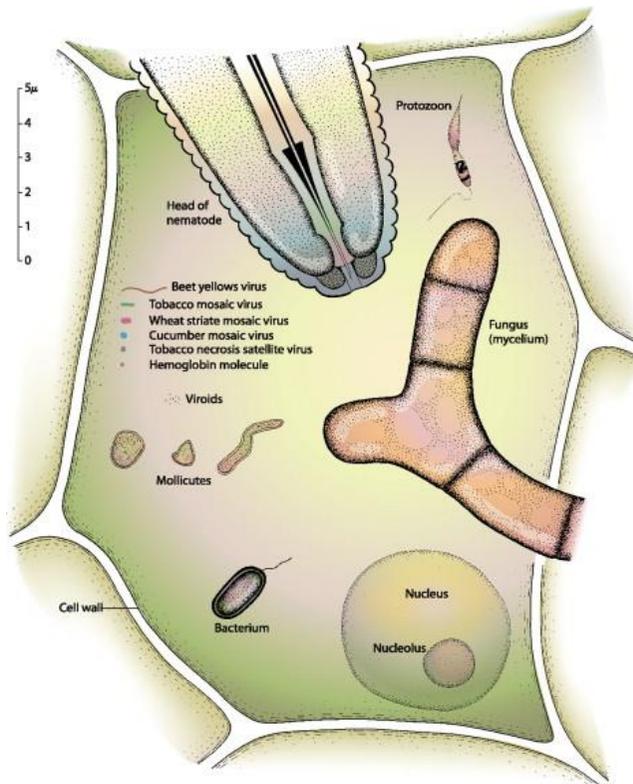
Secara umum, patogen yang disebarkan melalui serangga vektor adalah kelompok virus tumbuhan. Terdapat jenis virus tumbuhan yang hanya dapat disebarkan melalui serangga vektor, yaitu *Pepper yellow leaf curl virus*. Virus ini disebarkan oleh serangga hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Gejala infeksi virus ini menyebabkan tanaman cabai menguning, kerdil, dan daunnya keriting. Biasanya cabai yang terinfeksi virus tersebut tidak akan menghasilkan buah cabai atau hanya sedikit sekali menghasilkan buah cabai.

Terdapat beberapa jenis patogen yang dapat ditularkan atau disebarkan dengan lebih dari satu cara. Sebagai contoh virus *Bean common mosaic virus* yang dapat ditularkan melalui benih, serangga vektor kutudaun (*Aphis craccivora*), atau melalui kontak antara tanaman sakit dengan tanaman sehat. Semakin tinggi variasi penularan patogen, maka kesempatan untuk terjadinya penyakit tumbuhan juga akan meningkat.

Selain cara penyebaran dan penularan patogen yang disebutkan di atas, terdapat patogen yang memiliki cara penyebaran unik. Salah satu patogen tersebut adalah cendawan penyebab penyakit antraknosa pada cabai (*Colletorichum capsici*). Cendawan ini menyebar dari satu tanaman ke tanaman lainnya ketika musim hujan atau saat ada percikan air. Struktur konidia yang lengket memungkinkan cendawan ini untuk menyebar ketika terkena percikan air. Penyemprotan jenis pestisida yang tidak tepat justru dapat membantu cendawan ini untuk menyebar ke seluruh pertanaman cabai.

Patogen Penyebab Penyakit Tumbuhan

Patogen penyebab penyakit tumbuhan berasal dari berbagai Kingdom serta memiliki ukuran yang beragam, dimulai dari yang dapat dilihat secara langsung oleh mata hingga yang memerlukan alat bantu mikroskop untuk mengamatinya. Sebagai perbandingan, berbagai jenis ukuran patogen pada sel tumbuhan dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa secara individu, nematoda memiliki ukuran yang cenderung lebih besar dibandingkan patogen lainnya. Namun untuk dapat melihat satu individu nematoda berbentuk *vermiform* (bentuk cacing), diperlukan alat bantu mikroskop stereo. Beberapa jenis nematoda dapat dilihat secara langsung oleh mata dalam bentuk paket telur (sista). Cendawan maupun bakteri dapat dilihat secara langsung dalam bentuk koloni.



Gambar 5. Skematik ukuran patogen di dalam sel tumbuhan

Kelompok utama patogen tumbuhan di antaranya adalah cendawan, bakteri, virus, dan nematoda. Masing-masing kelompok patogen tersebut berasal dari kingdom yang berbeda, kecuali virus yang tidak masuk ke dalam kingdom mana pun karena merupakan agens submikroskopik yang hanya dapat melakukan replikasi di dalam sel makhluk hidup.

B. Cendawan

Cendawan merupakan penyebutan yang merujuk pada Kingdom Fungi mikroskopik yang memerlukan bantuan mikroskop cahaya untuk dapat mengamatinya. Sedangkan penyebutan jamur merujuk pada Kingdom Fungi yang memiliki ukuran makroskopik sehingga bentuknya dapat dilihat secara langsung oleh mata serta umumnya memiliki struktur yang disebut tubuh buah (tudung).

Cendawan memperoleh makanan dengan cara absorpsi atau menyerap nutrisi dari sumber bahan organik sehingga disebut sebagai organisme heterotrof. Cendawan memiliki struktur yang disebut hifa, yaitu struktur seperti benang yang dapat mengeluarkan enzim untuk menguraikan bahan organik yang akan diabsorpsi. Pada beberapa cendawan, hifa mengalami modifikasi menjadi haustorium yang berfungsi untuk masuk ke sel inang dan menyerap makanannya. Hifa cendawan ada yang memiliki sekat (septa) dan ada yang tidak memiliki sekat (asepta/*coenocytic*). Kumpulan hifa yang menumpuk menjadi satu disebut sebagai miselium. Miselium sering dapat dilihat secara langsung oleh mata.

Berdasarkan cara memperoleh nutrisi, cendawan patogen tumbuhan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu parasit obligat dan parasit fakultatif. Cendawan yang bersifat parasit obligat (biotrof) hanya dapat mengambil nutrisi pada tumbuhan yang masih hidup. Sedangkan cendawan parasit fakultatif adalah cendawan yang sebagian besar siklus hidupnya sebagai saprofit pada bahan organik mati, namun pada kondisi tertentu dapat menjadi parasit pada tumbuhan yang masih hidup.

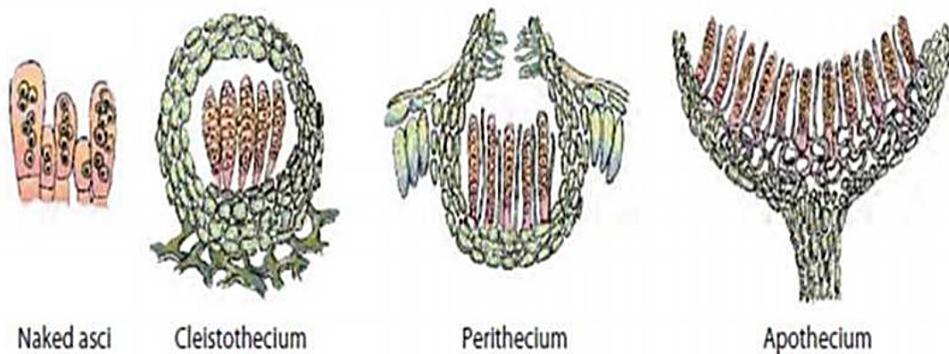
Pada proses siklus hidupnya, umumnya cendawan memproduksi struktur somatik dan struktur reproduktif. Struktur somatik dapat berupa hifa, miselium (kumpulan hifa), sklerotia, dan lain sebagainya. Sedangkan struktur reproduktif berupa spora yang dihasilkan secara seksual. Spora seksual ini umumnya diproduksi saat kondisi lingkungan ekstrem yang dapat mengancam keberlangsungan hidup cendawan. Spora seksual tahan terhadap kondisi ekstrem sehingga eksistensi cendawan tersebut dapat tetap dipertahankan. Selain struktur somatik, cendawan juga memproduksi spora aseksual, di antaranya adalah sporangiofora dan konidia.

Cendawan memiliki berbagai cara untuk dapat menginfeksi inangnya. Cendawan dapat melakukan penetrasi secara langsung ke dinding sel tumbuhan menggunakan struktur yang disebut apresorium. Selain itu, cendawan juga bisa menghasilkan enzim, toksin, maupun zat pengatur

tumbuh untuk dapat memarasit tumbuhan inangnya. Pada jenis cendawan patogen tumbuhan tertentu, penetrasi dapat terjadi melalui bukaan alami tumbuhan seperti stomata, hidatoda, dan lentisel.

Cendawan merupakan kelompok patogen terbesar yang menginfeksi tumbuhan. Terdapat banyak jenis cendawan yang dapat menyebabkan penyakit, baik saat di lahan maupun di gudang penyimpanan. Secara umum, terdapat empat filum utama cendawan sejati (*true fungi*) yang beberapa anggotanya dapat menyebabkan penyakit pada tumbuhan, yaitu Filum Ascomycota, Filum Zygomycota, Filum Basidiomycota, dan Filum Deuteromycota.

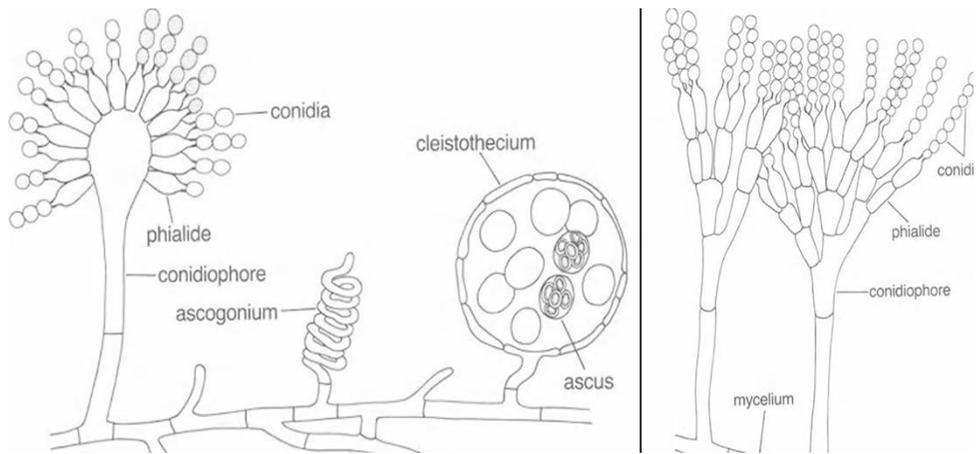
Filum Ascomycota adalah filum terbesar pada Kingdom Fungi. Filum ini menghasilkan spora seksual bernama askospora yang dibentuk di dalam struktur kantung (askus). Ascomycota juga memiliki beberapa tipe tubuh buah (askokarp), di antaranya adalah apotesium, peritesium, kleistotesium, dan tanpa askokarp (Gambar 6). Askokarp tersebut berisi askus yang di dalamnya terdapat askospora. Umumnya satu askus dapat berisi hingga delapan askospora. Selain itu, filum ini juga memproduksi spora aseksual yang disebut konidia.



Gambar 6. Berbagai macam tipe askokarp dari Filum Ascomycota

Contoh Filum Ascomycota yang memproduksi konidia (spora aseksual) adalah *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. Konidia berbentuk bulat dan diproduksi pada bagian ujung fialid. Kumpulan konidia di ujung fialid berbentuk seperti rantai sebelum akhirnya terlepas (Gambar 7). Dua jenis

cendawan tersebut dapat menjadi patogen pada berbagai jenis benih tanaman.

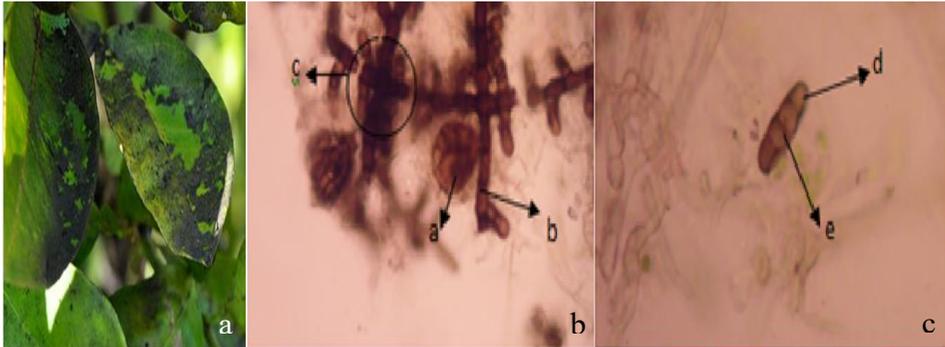


Gambar 7. Skema struktur *Aspergillus* sp. (a) dan *Penicillium* sp. (b)

Contoh lain patogen tumbuhan dari Filum Ascomycota adalah cendawan embun jelaga (*sooty mold*). Patogen ini disebabkan oleh cendawan *Capnodium* sp. dan menyerang berbagai jenis tanaman perkebunan. Embun jelaga tumbuh di permukaan daun sebagai respon terhadap embun madu yang dikeluarkan oleh serangga jenis kutu-kutuan. Umumnya embun madu yang dihasilkan akan diambil oleh semut sebagai *partner* dalam simbiosis mutualisme. Namun jika embun madu tersebut bersisa dan tidak diambil oleh semut, maka akan ditumbuhi oleh cendawan embun jelaga.

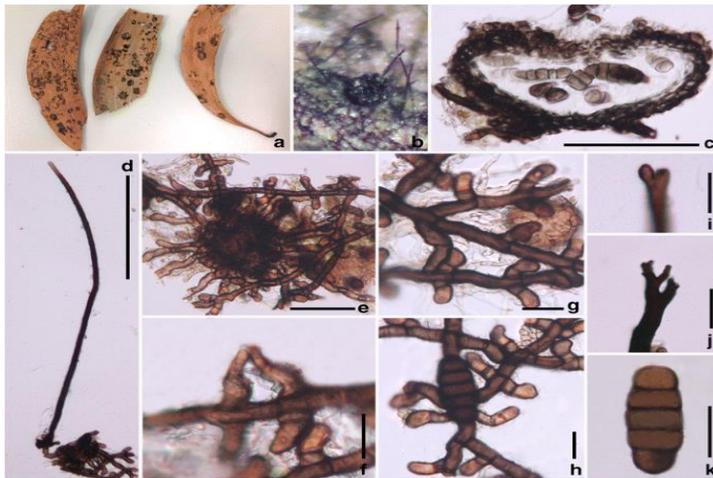
Hal yang menarik dari *Capnodium* sp. adalah cendawan ini tidak bersifat parasit, namun dapat menyebabkan tanaman budidaya menjadi sakit. Oleh karenanya, cendawan ini disebut sebagai patogen non-parasit. Penyebutan ini dikarenakan cendawan tersebut hanya menutupi permukaan daun saja dan tidak mengambil nutrisi dari daun tersebut. Efek dari pertumbuhan cendawan ini adalah tertutupnya permukaan daun sehingga proses fotosintesis terganggu (proses fisiologi terganggu). Cendawan ini berbentuk lapisan berwarna hitam yang sangat mudah dikelupas oleh tangan karena hifanya tidak masuk ke dalam jaringan daun (Gambar 8a). Cendawan

ini memproduksi spora seksual dengan askokarp berbentuk peritesium dan spora aseksual yang disebut konidia (Gambar 8b).



Gambar 8. Gejala embun jelaga (a), mikroskopik embun jelaga (b): a) peritesium, b) sekat hifa, c) percabangan hifa, d) konidia, e) sekat konidia

Contoh lainnya adalah cendawan embun hitam yang disebabkan oleh *Meliola* sp. Sekilas cendawan ini mirip dengan embun jelaga, namun bercak hitam yang terdapat di permukaan daun tidak dapat dikelupas. Hal tersebut karena miseliumnya melekat kuat pada jaringan daun dan merupakan parasit karena menyerap nutrisi dari daun. Hifa cendawan ini memiliki tonjolan hipofodium yang berbentuk mukronat (ujungnya meruncing) dan kapitat (ujungnya membulat). Hipofodium ini yang akan menembus epidermis daun sehingga pekatannya kuat. Sejauh ini hanya ditemukan tahap reproduktifnya saja dan belum ditemukan tahap aseksualnya (Gambar 9).

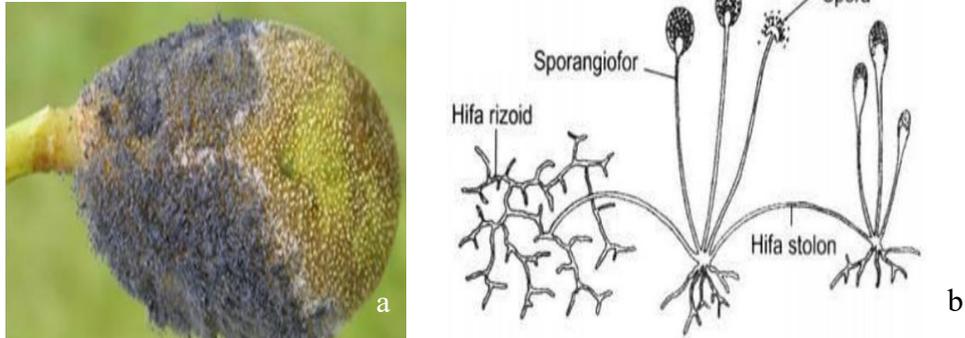


Gambar 9. Gejala embun hitam (a) dan mikroskopik embun hitam *Meliola* sp. (b-k)

Filum Zygomycota adalah cendawan sejati yang secara umum memiliki ciri hifa tidak bersekat ketika muda dan kemudian bersekat ketika tua. Kelompok cendawan ini bereproduksi secara aseksual dan seksual. Secara aseksual, Zygomycota menghasilkan sporangiospora dan terkadang klamidospora yang merupakan sel vegetatif berdinding tebal untuk bertahan pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Secara seksual, Zygomycota memproduksi zygospora yang dihasilkan dari proses kawin (heterotalik) dengan tahapan yang disebut plasmogami, karyogami, dan meiosis. Pada Zygomycota, antara jantan dan betina tidak dapat dibedakan secara morfologi sehingga diberi tanda (+) dan (-).

Contoh Filum Zygomycota yang menginfeksi tumbuhan adalah *Rhizopus* sp. Cendawan ini menginfeksi buah-buahan sehingga menyebabkan buah tersebut bergejala busuk lunak (*soft rot*). Gejala lanjutan akan membuat buah mengering dan mengalami mumifikasi karena miselium tumbuh di seluruh bagian permukaan buah (Gambar 10a). Tanda awal penyakit ini adalah terdapat miselium berwarna kotor yang menyerupai kapas. Pada bagian ujung miselium terdapat bintik-bintik hitam yang merupakan sporangium (spora aseksual) cendawan tersebut.

Secara mikroskopik, ciri khas cendawan ini adalah terdapat struktur menyerupai akar yang disebut rhizoid, berfungsi untuk melekat pada jaringan tempat tumbuhnya. Cendawan ini tidak memiliki sekat serta memiliki struktur khusus yang disebut kolumela dan stolon (Gambar 10b). Selain pada buah-buahan, cendawan ini juga dapat ditemukan pada benih atau biji-bijian di gudang penyimpanan.



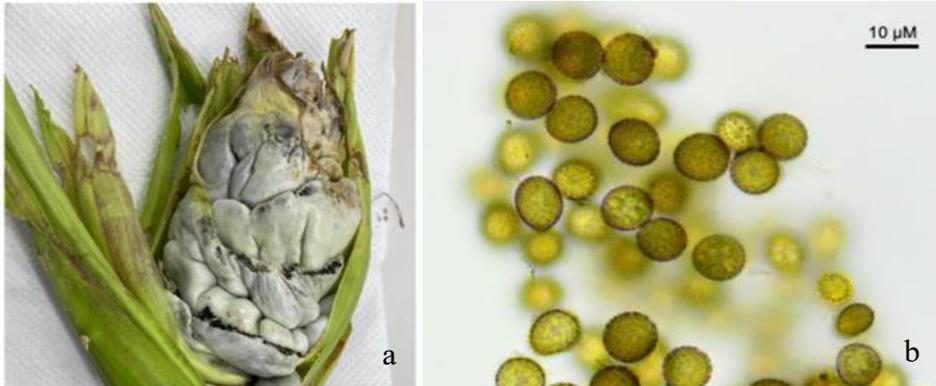
Gambar 10. Gejala dan tanda *Rhizopus* sp. Buah nangka (a) dan mikroskopik *Rhizopus* sp. (b)

Filum Basidiomycota merupakan kelompok cendawan yang memiliki tubuh buah makroskopik yang dapat dilihat secara langsung oleh mata. Selain itu, kelompok cendawan ini juga terdiri atas cendawan uniseluler (khamir/*yeast*) dan cendawan multiseluler. Beberapa cendawan multiseluler Basidiomycota ada yang dapat dikonsumsi oleh manusia sebagai *edible fungi*. Namun demikian, beberapa anggota dari kelompok cendawan ini ada bersifat patogen pada tumbuhan.

Ciri khas dari Filum Basidiomycota adalah memiliki hifa bersekat dan pada tiap sekat terdapat lubang khusus yang disebut *doliphore*. Cendawan ini memiliki kecenderungan berinti dua untuk tiap selnya dan memiliki kait penghubung (*clamp connection*) untuk menjaga kondisinya tetap dikarion. Spora seksual yang dihasilkan disebut basidiospora yang dibentuk pada basidium. Tiap basidium memiliki empat basidiospora. Cendawan ini setidaknya dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu cendawan gosong (Ordo Ustilaginales - *smut fungi*), cendawan karat (Ordo Uredinales - *rust fungi*), dan jamur makroskopik.

Cendawan penyebab penyakit gosong pada jagung adalah *Ustilago maydis*. Cendawan ini menyebabkan biji jagung membesar dan tertutupi oleh lapisan miselium tipis (Gambar 11a). Biji jagung yang membesar tersebut berisi massa spora yang bernama teliospora (Gambar 11b). Teliospora berbentuk bulat berwarna hitam atau coklat tua dengan duri-

duri halus di permukaannya. Saat biji tersebut pecah, maka akan mengeluarkan massa teliospora dengan bentuk seperti gumpalan hitam. Teliospora akan berkecambah membentuk basidium yang kemudian menghasilkan basidiospora.



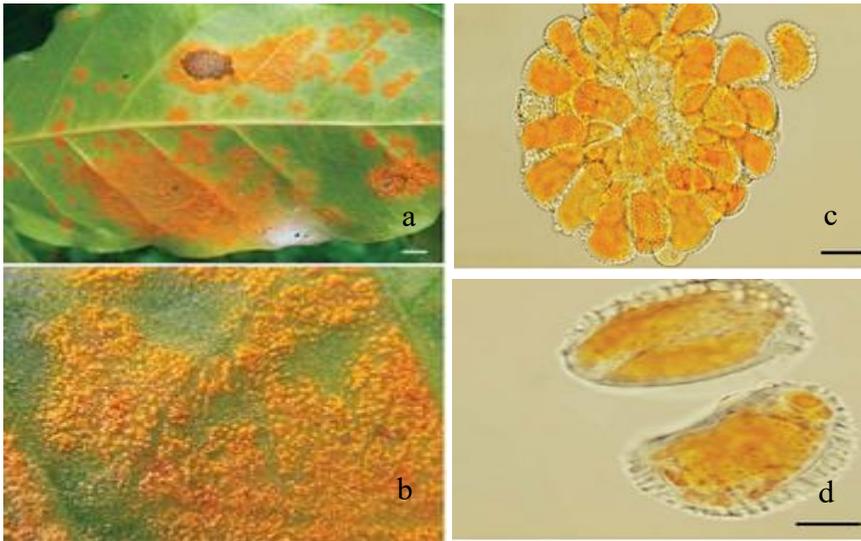
Gambar 11. Gejala penyakit gosong jagung (a) dan teliospora *U. maydis* perbesaran 1000 \times (b)

Cendawan *U. maydis* bersifat non-obligat sehingga bisa dibiakkan di media artifisial. Pada beberapa negara, cendawan ini dikonsumsi sebagai *edible mushroom* sehingga sengaja diinfeksi ke jagung lalu dipanen. Ketika tanaman jagung tidak tersedia, cendawan penyebab penyakit gosong dapat bertahan pada inang alternatif (*alternative host*). Inang alternatif merupakan tumbuhan lain selain inang utama yang dapat diinfeksi oleh suatu patogen. Inang alternatif dapat berupa tanaman budidaya maupun tumbuhan gulma.

Salah satu contoh cendawan karat yang banyak dikenal adalah *Hemileia vastatrix* sebagai penyebab penyakit karat pada daun kopi. Gejala penyakit ini berupa bercak kuning muda hingga kuning tua pada permukaan bawah daun kopi (Gambar 12a-b). Selanjutnya bercak karat tersebut berubah warna menjadi coklat hingga hitam lalu menyebabkan daun kopi berguguran. Serangan berat dapat menyebabkan pohon kopi menjadi gundul.

Secara mikroskopik, *H. vastatrix* membentuk uredium yang berisi uredospora sebagai sporanya. Uredospora awalnya berwarna hialin lalu berubah menjadi jingga ketika sudah matang. Uredospora yang sudah matang

memiliki bentuk seperti juring buah jeruk dengan dinding spora berwarna hialin dan terdapat duri-duri halus pada salah satu sisinya (Gambar 12c-d). Cendawan ini berkecambah dan menginfeksi melalui stomata yang terletak di permukaan bawah daun, sehingga gejala muncul pada permukaan bawah daun.



Gambar 12. Gejala karat pada permukaan bawah daun dan detail pustule uredia (a-b), uredium (c), dan (E) urediospora (d)

Cendawan karat bersifat parasit obligat sehingga tidak bisa ditumbuhkan di media artifisial. Selain itu, cendawan karat juga memerlukan inang antara (*alternate host*) untuk dapat menyelesaikan siklus hidupnya. Berbeda dengan inang alternatif, inang antara merupakan tumbuhan lain selain inang utama yang harus ada agar cendawan karat bisa menyelesaikan siklus hidupnya. Jika inang antara tidak ada, maka siklus hidup cendawan karat tidak dapat diselesaikan. Inang alternatif ini bisa saja memiliki hubungan kekerabatan (famili) yang jauh dengan inang utama.

Terdapat Filum Basidiomycota yang menyebabkan penyakit cacar, yaitu *Exobasidium vexans* sebagai penyebab penyakit cacar pada daun teh. Cendawan ini menginfeksi daun teh muda yang disebut daun peko pada posisi daun ke-1, ke-2, dan ke-3. Hal ini sangat merugikan karena menyerang bagian

daun teh yang dipanen. Sebaliknya, daun teh yang tua cenderung lebih tahan terhadap penyakit ini. Gejala penyakit cacar daun teh berupa bintil-bintil menonjol yang membesar seperti lepuhan berwarna putih (Gambar 13a). Pusat bercak cacar bertepung putih yang merupakan basidium berisi basidiospora. Ukuran cacar tersebut dapat mencapai 1 cm dan akan terus menerus menghasilkan basidiospora selama beberapa hari. Gejala lanjut akan membuat cacar berubah warna menjadi cokelat lalu jaringan di sekitarnya mati sehingga membentuk lubang pada daun. Mikroskopik *E. vexans* dapat dilihat pada Gambar 13b.



Gambar 13. Gejala penyakit cacar daun teh (a) dan basidiospora *E. vexans* (b)

Filum Deuteromycota merupakan kelompok cendawan sejati yang belum diketahui fase reproduksi seksualnya sehingga disebut sebagai *imperfect fungi* (fungi yang tidak sempurna). Cendawan Deuteromycota memiliki hifa bersekat dengan dinding sel tersusun atas kitin. Reproduksi aseksual menghasilkan spora aseksual yang disebut konidia. Beberapa anggotanya merupakan parasit penting pada tanaman budidaya.

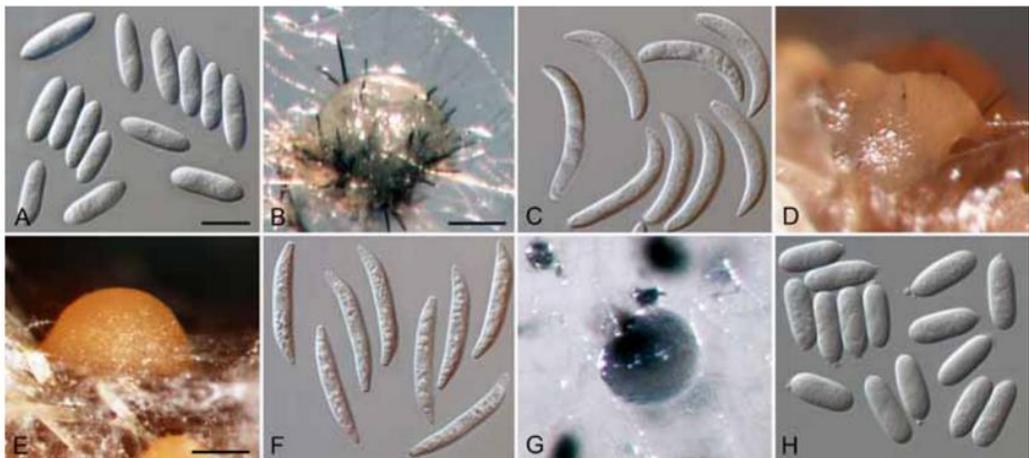
Penyakit antraknosa merupakan salah satu contoh Filum Deuteromycota yang menyebabkan kerugian besar pada hasil pertanian. Cendawan ini memiliki karakteristik infeksi laten, artinya gejala penyakit baru muncul ketika buah akan masuk fase pematangan. Karena menginfeksi bagian tanaman yang dipanen, maka kerugian yang ditimbulkan bisa sangat

besar hingga mencapai 90%. Selain bagian buah, cendawan ini juga dapat menginfeksi bagian daun dan ranting tanaman budidaya.



Gambar 14. Gejala penyakit antraknosa pada buah cabai

Penyakit ini disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum* sp. Komoditas yang diinfeksi oleh cendawan ini di antaranya adalah cabai, paprika, pepaya, buncis, dan lain sebagainya. Pada tanaman cabai, umum ditemukan spesies *C. capsici* dan *C. gloeosporioides*. Gejala yang ditimbulkan sangat khas berupa bercak coklat kehitaman yang meluas (Gambar 15). Pada permukaan bercak terdapat titik-titik kecil yang merupakan aservulus berisi seta, konidiofor, dan konidium. Gejala akhir akibat infeksi penyakit ini menyebabkan buah cabai mengering seperti warna jerami lalu rontok.



Gambar 15. Mikroskopik aservulus, seta, dan konidia spesies *Colletotrichum*: *C. acutatum* (a;e); *C. lineola* (b;f); *C. truncatum* (c;g); dan *C. gloeosporioides* (d;h)

Ciri khas mikroskopik *Colletotrichum* sp. adalah adanya struktur seta dan konidia yang tidak memiliki sekat (asepta). Konidia dapat berbentuk bulan sabit ataupun oval (Gambar 15). Cendawan ini memiliki konidia lengket sehingga proses diseminasi ke tanaman lain terjadi saat adanya percikan air. Selain itu, cendawan ini juga bersifat tular benih. Infeksinya yang bersifat laten membuat pendeteksian sulit untuk dilakukan sejak dini. Penyemprotan dengan pestisida yang tidak tepat justru akan membantu penyakit ini menyebar ke tanaman lain yang masih sehat.

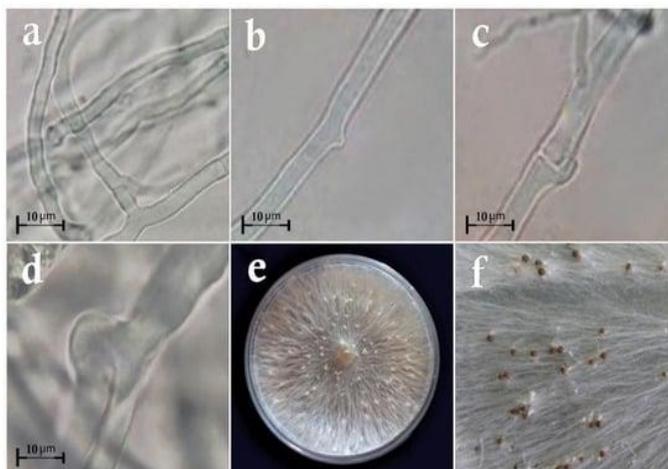
Hal yang memicu *Colletotrichum* sp. untuk mengaktifkan apresorium setelah fase dormansi adalah etilen yang dihasilkan oleh buah saat proses pemasakan. Selain itu, kondisi buah masak yang memiliki epidermis yang lebih lunak juga memudahkan *Colletotrichum* sp. untuk melakukan penetrasi. Buah yang masih muda terkadang mengandung senyawa anti-fungal yang menghambat perkecambahan atau proses penetrasi patogen.

Patogen tumbuhan lainnya dari Filum Deuteromycota adalah *Sclerotium rolfsii* sebagai penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelompok kacang-kacangan. Gejala infeksi *S. rolfsii* menyebabkan bagian tanaman yang dekat dengan tanah mengalami pembusukan dan bagian tajuk menjadi layu karena jaringan pembuluh tanaman mengalami kerusakan. Bagian daun lambat laun akan berubah warna menjadi cokelat lalu pada akhirnya tanaman akan mati. Cendawan ini menginfeksi bagian pangkal batang dengan tanda penyakit berupa miselium berwarna putih (Gambar 16). Selain itu, juga ditemukan sklerotium (jamak: sklerotia) bulat berwarna cokelat yang merupakan struktur bertahan cendawan tersebut saat tidak ada inang atau saat kondisi lingkungan tidak menguntungkan.



Gambar 16. Gejala infeksi *S. rolfsii* pada pangkal batang tanaman kacang tanah

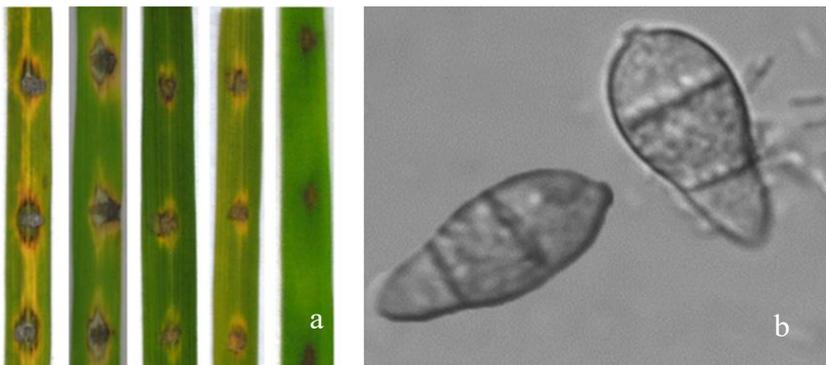
Sklerotium dibentuk dari hifa yang memadat dan mengeras. Pada saat kondisi lingkungan sudah sesuai, sklerotium ini akan berkecambah membentuk miselium berwarna putih seperti bentuk bulu ayam. Cendawan ini tidak memproduksi konidia sehingga disebut sebagai *mycelia sterilia*. Pada hifa biasanya dapat ditemui *clamp connection* (sambungan apit) (Gambar 17). Cendawan *S. rolfsii* juga dapat hidup sebagai saprofit pada sisa bahan organik. Apabila sklerotium diletakkan pada kardus yang dilembapkan, maka sklerotium tersebut dapat berkecambah.



Gambar 17. Mikroskopik *S. Rolfsii*: *mycelia sterillia* (a,b); *clamp connection* (c,d); pola miselium pada media PDA (e); formasi sklerotium (f)

Contoh lain cendawan Deuteromycota yang menimbulkan kerugian di pertanian adalah *Pyricularia oryzae* sebagai penyebab penyakit blas pada padi. Gejala cendawan patogen tumbuhan ini sangat khas berupa bercak yang berbentuk belah ketupat. Bagian tengah bercak berwarna abu-abu, sedangkan bagian pinggirnya berwarna coklat (Gambar 18a). Serangan penyakit blas pada fase vegetatif akan membuat tanaman padi, sedangkan serangan pada fase generatif akan membuat malai padi menjadi tidak berisi. Cendawan ini juga dapat menginfeksi rerumputan sebagai inang alternatifnya.

Secara mikroskopik, *P. oryzae* memiliki konidia dengan bentuk seperti buah pear. Konidia tersebut memiliki dua sekat dengan inti sebanyak dua hingga tiga (Gambar 18b). Konidia berada di ujung konidiofor yang berwarna hialin, berbentuk ramping, bersekat, dan jarang ditemukan bercabang. Cendawan ini termasuk sulit dikendalikan karena mudah mengalami mutasi genetik.



Gambar 18. *P. oryzae*: gejala bercak belah ketupat pada daun (a) dan konidia (b)

Cendawan ini masuk dan menginfeksi padi secara langsung melalui penetrasi mekanis dengan apresorium. Pada bagian ujung apresorium terdapat lapisan melanin yang bersifat semi-permeabel. Glikogen dan lipid yang berasal dari konidia akan dipecah menjadi gliserol. Gliserol inilah yang kemudian berperan seperti dongkrak hidrolik bersama dengan lapisan melanin dan air. Tekanan yang dihasilkan saat penetrasi apresorium ke

permukaan kutikula tanaman adalah 800 atmosfer atau setara dengan tekanan yang terjadi pada kedalaman 800 meter di bawah permukaan air.

C. Bakteri

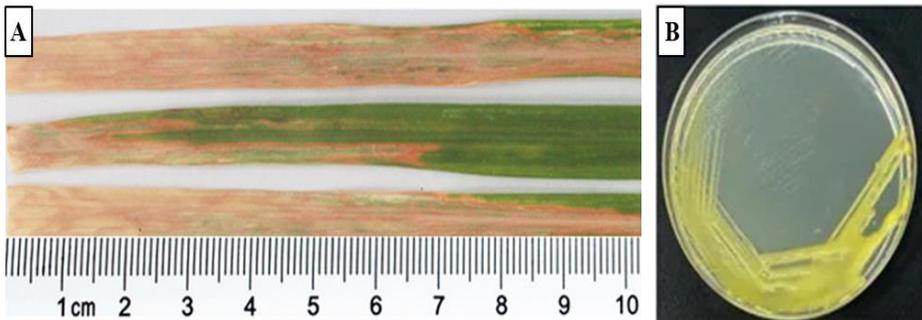
Bakteri patogen tumbuhan sebagian besar berasal dari kelompok gram negatif, meskipun ada sebagian kecil yang berasal dari gram positif. Penentuan gram positif dan gram negatif dapat dilakukan dengan cara pewarnaan gram ataupun pengujian menggunakan larutan KOH 3%. Bakteri gram positif menghasilkan warna biru saat pewarnaan dan tidak menghasilkan lendir saat diberikan larutan KOH 3%. Sebaliknya, bakteri gram negatif menghasilkan warna merah saat pewarnaan dan menghasilkan lendir saat diberikan larutan KOH 3%.

Bakteri masuk dan menginfeksi jaringan tanaman melalui luka ataupun bukaan alami seperti stomata, hidatoda, dan lentisel. Saat tanaman inang tidak ada, bakteri patogen dapat bertahan pada benih, sisa tanaman sakit yang tertinggal di lahan, di dalam tanah, maupun pada inang alternatif. Beberapa jenis bakteri patogen tumbuhan bahkan dapat bertahan bertahun-tahun tanpa tanaman inang.

Adapun pengamatan sel tunggal bakteri sebagai tanda penyakit tidak dapat dilakukan menggunakan perbesaran pada mikroskop cahaya biasa. Pengamatan sel tunggal bakteri akan memungkinkan jika dilakukan dengan mikroskop elektron. Selain itu, dasar identifikasi bakteri adalah secara fisiologi. Pengamatan karakter morfologi bakteri berdasarkan ciri koloni tidak akan mencukupi untuk identifikasi, terutama apabila menggunakan media agar non-selektif.

Contoh bakteri patogen tumbuhan adalah *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Bakteri ini merupakan gram negatif yang menyebabkan penyakit hawar daun bakteri atau dikenal dengan sebutan penyakit kresak pada tanaman padi. Gejala yang ditimbulkan umumnya terjadi pada daun yang lebih tua. Hawar daun dimulai dari ujung daun karena masuk melalui

hidatoda. Pinggiran daun padi mengering dengan warna kuning jerami hingga cokelat muda (Gambar 19a). Apabila terkena angin, daun padi mengeluarkan suara “kresek”. Bakteri ini bersifat tular benih dan dapat ditularkan melalui luka gesekan antara tanaman sakit dengan tanaman sehat. Koloni bakteri ini berwarna kuning saat ditumbuhkan di media agar (Gambar 19b).



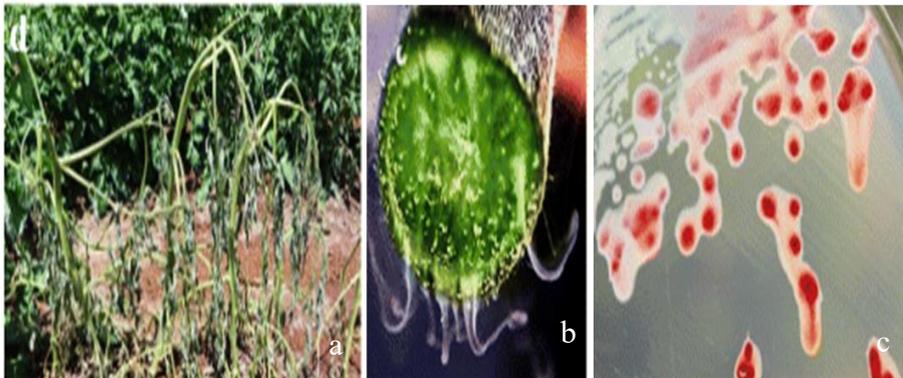
Gambar 19. Gejala penyakit hawar daun bakteri (a) dan koloni *X. oryzae* pv. *oryzae* (b)

Contoh bakteri patogen tumbuhan lainnya yang menyerang padi adalah *Burkholderia glumae*. Bakteri ini secara umum menyerang pada fase generatif padi dan menyebabkan penyakit busuk bulir pada padi. Gejala serangan penyakit ini berupa bagian malai padi yang membentang tegak ke arah atas. Hal ini terjadi karena infeksi *B. glumae* menyebabkan bulir padi tidak terisi penuh. Bagian malai akan berwarna cokelat karena mengalami pembusukan dan malai akan bertekstur lunak. Penyakit ini bersifat tular benih dan terkadang benih yang terinfeksi tidak menunjukkan gejala (*symptomless*).



Gambar 20. Gejala penyakit busuk bulir oleh *B. glumae* pada bagian malai dan benih padi

Pada tanaman famili *Solanaceae*, terdapat penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. Bakteri ini merupakan Gram negatif yang bersifat tular tanah dan menginfeksi melalui perakaran tanaman yang luka. Gejala infeksi bakteri ini berupa kelayuan pada tanaman dengan kondisi daun tetap berwarna hijau (Gambar 21a). Infeksi ini terjadi pada jaringan pembuluh sehingga menyebabkan sistem transportasi air dan hara terganggu. Jika batang dibelah, maka jaringan pembuluh akan terlihat berwarna cokelat. Apabila pangkal batang dipotong lalu dimasukkan ke dalam air, maka akan terlihat ooze (massa bakteri) yang keluar (Gambar 21b). Koloni bakteri ini seperti telur mata sapi dengan bagian tengah berwarna merah (Gambar 21c)



Gambar 21. Gejala layu bakteri tomat (a), ooze bakteri (b), dan koloni *R. solanacearum* (c)

Selain bakteri gram negatif, terdapat bakteri gram positif yang dapat menjadi patogen pada tanaman. Salah satu contohnya adalah bakteri *Streptomyces scabies* sebagai penyebab penyakit kudis pada umbi kentang. Gejala yang timbul berupa bercak kasar seperti gabus yang menonjol atau sedikit cekung pada permukaan umbi (Gambar 22). Umumnya varietas yang memiliki kulit umbi tipis akan lebih rentan terhadap penyakit ini. Pada infeksi yang parah, bakteri ini dapat menyebabkan umbi kentang berlubang besar dan dalam.



Gambar 22. Gejala penyakit kudis oleh *S. scabies* pada umbi kentang

Bakteri ini dapat ditemukan di dalam tanah dan juga bisa terbawa pada umbi kentang yang terinfeski. Infeksi penyakit ini membuat kualitas umbi kentang menurun sehingga bisa saja memengaruhi nilai ekonomisnya. Selain itu, area kudis juga dapat menjadi tempat masuknya patogen sekunder seperti bakteri penyebab busuk lunak sehingga menyebabkan umbi kentang menjadi busuk. Bakteri ini juga dapat menginfeksi wortel, ubi jalar, gula bit, lobak, dan jenis tanaman berumbi lainnya.

D. Virus

Virus sebagai patogen tumbuhan memiliki karakter yang berbeda dibandingkan patogen tumbuhan lainnya. Virus tidak digolongkan sebagai makhluk hidup karena hanya tersusun atas asam nukleat (DNA atau RNA) dan protein selubung saja. Syarat makhluk hidup adalah setidaknya terdiri atas satu sel. Virus mengandalkan inangnya untuk dapat membentuk protein. Secara sederhana, virus memanipulasi inang untuk “melayani” segala kebutuhannya untuk proses replikasi.

Terdapat beberapa hal terkait virus yang menginfeksi tumbuhan. Gejala virus yang ditemukan pada suatu tumbuhan bisa jadi disebabkan oleh lebih dari satu jenis virus. Virus yang berbeda dapat menunjukkan gejala yang mirip apabila menginfeksi tanaman inang yang sama. Virus yang sama dengan strain yang berbeda dapat menimbulkan gejala yang berbeda. Virus dengan

kekerabatan yang dekat dapat menimbulkan tipe gejala yang serupa pada tanaman yang sama.

Virus dapat menginfeksi tumbuhan dengan berbagai cara. Virus dapat menular melalui sap (cairan) tumbuhan terinfeksi yang masuk ke tumbuhan lain melalui luka (baik melalui luka gesekan antar tanaman ataupun luka mekanis oleh alat pertanian). Virus dapat menular melalui perbanyakan vegetatif tanaman. Virus juga banyak yang dapat bertahan pada benih. Selain itu, virus juga dapat ditularkan oleh serangga vektor. Karena sifatnya yang obligat, virus hanya dapat bertahan pada inang yang hidup. Pada kondisi di benih, virus bertahan pada bagian embrio yang merupakan struktur hidup pada benih.

Terdapat beberapa istilah pada virus yang ditransmisikan melalui serangga vektor, yaitu periode makan akuisisi (PMA), periode makan inokulasi (PMI), periode retensi, dan periode laten. PMA adalah lamanya waktu yang diperlukan serangga vektor untuk mengambil virus dari tanaman sakit. PMI adalah lamanya waktu yang diperlukan serangga vektor untuk menularkan/memindahkan virus ke tanaman sehat. Periode retensi adalah lamanya waktu yang diperlukan serangga vektor untuk dapat menularkan virus tanpa harus mengakuisisi virus dari tanaman sakit lagi. Periode laten adalah rentang waktu antara PMA hingga serangga vektor dapat menularkan virus ke tanaman sehat.

Virus yang ditularkan melalui serangga vektor memiliki sifat non-persisten, semi-persisten, dan persisten. Pada non-persisten, virus terletak pada stilet serangga sehingga disebut sebagai *stylet borne*. Proses PMA dan PMI terjadi sangat singkat dan tidak terdapat periode laten. Selain itu, periode retensi juga tidak ada atau sangat singkat.

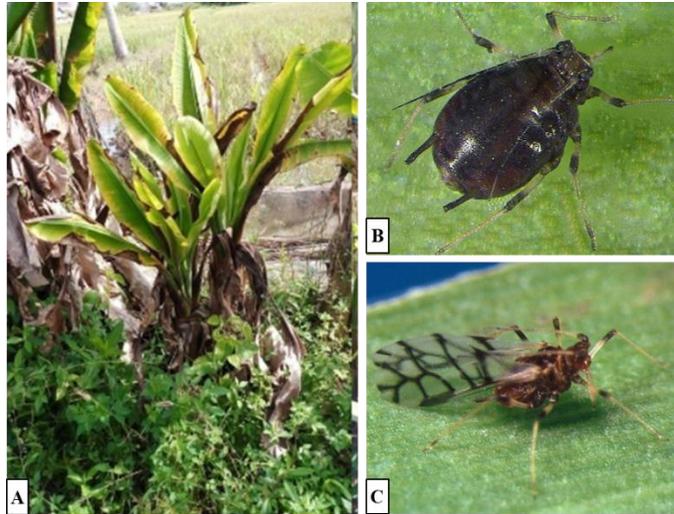
Pada persisten, virus tersirkulasi pada tubuh serangga vektor. Proses PMA dan PMI relatif lama serta terdapat periode laten dan periode retensi. Periode retensi pada penularan persisten relatif panjang dan bahkan dapat

menularkan virus seumur hidup serangga vektor tersebut. Adapun untuk sifat penularan semi-persisten berada di antara non-persisten dan persisten.

Bentuk partikel virus hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron. Bentuk partikel virus tumbuhan antara lain memanjang kaku, memanjang lentur, membulat, dan partikel kembar. Sebagian besar virus tumbuhan memiliki jenis asam nukleat RNA (*ribonucleic acid*). Terdapat virus tumbuhan yang asam nukleatnya adalah DNA (*deoxyribonucleic acid*), yaitu kelompok Geminivirus.

Penamaan virus juga berbeda dengan penamaan ilmiah pada umumnya. Penamaan virus menggunakan bahasa Inggris berdasarkan jenis gejala yang ditimbulkan serta tanaman inang yang pertama kali ditemukan terinfeksi. Bagian akhir dari penamaan ini diberikan kata *virus*. Sebagai contoh virus yang menunjukkan gejala mosaik dan pertama kali ditemukan pada tanaman tembakau, maka nama ilmiahnya adalah *Tobacco mosaic virus*. Penulisan nama virus juga dapat menggunakan singkatan sehingga *Tobacco mosaic virus* dapat ditulis TMV. Penamaan virus tentunya harus disahkan oleh *International Committee for Taxonomy of Viruses* (ICTV).

Deteksi dan identifikasi virus tumbuhan dapat didasarkan pada beberapa metode. Berdasarkan sifat biologi virus, dapat dilakukan dengan pengamatan gejala luar. Beberapa jenis virus menyebabkan gejala khas pada tanaman. Sebagai contoh *Banana bunchy top virus* (BBTV) yang menginfeksi pisang menunjukkan gejala khas dan hanya menginfeksi tanaman pisang. Gejala infeksi BBTV berupa terjadinya pengkerdilan pada tanaman pisang, daun menguning dan menyempit, serta posisi daun seakan kaku dan lebih tegak (Gambar 23a). Virus ini ditularkan melalui bahan perbanyak vegetatif dan serangga vektor yaitu kutudaun pisang *Pentalonia nigronervosa* (Gambar 23 b-c). Infeksi pada tanaman muda menyebabkan tidak terbentuknya buah, sedangkan infeksi pada saat fase pembuahan menyebabkan buah menjadi kerdil dan dapat dipasarkan.



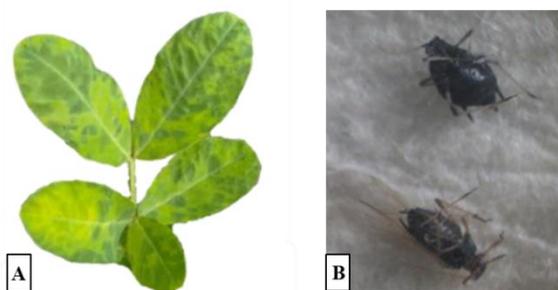
Gambar 23. Gejala BBTV (a), *P. nigronervosa* aptera/tanpa sayap (b), dan *P. nigronervosa* alate/bersayap (c)

Deteksi dan identifikasi dengan metode pengamatan gejala luar memiliki kelemahan seperti yang telah disebutkan pada paragraf-paragraf sebelumnya. Sehingga proses deteksi dan identifikasi umum dilakukan dengan metode serologi dan metode serologi dan metode molekuler. Metode serologi merupakan pengujian berdasarkan sifat protein virus. Pengujian ini menggunakan antiserum (serum yang mengandung antibodi). Antiserum ini nantinya akan berinteraksi dengan antigen (virus) secara spesifik. Secara sederhana, metode serologi merupakan interaksi antara antibodi dan antigen. Terdapat beberapa metode serologi, di antaranya adalah *gel double-diffusion*, *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA), *dot-blot immunoassay* (DIBA), *tissue-blot immunoassay*, *electroblot immunoassay* (western blot), dan lain sebagainya. Metode serologi yang sering digunakan adalah ELSIA dengan variasi *direct* ELISA dan *indirect* ELISA.

Metode molekuler merupakan pengujian berdasarkan asam nukleat virus menggunakan mesin *polymerase chain reaction* (PCR). Mesin PCR merupakan prinsip yang meniru proses replikasi DNA yang terjadi secara alami di dalam sel makhluk hidup. Komponen yang diperlukan dalam metode ini berupa primer, DNA *template*, PCR mix, dan *nuclease free water*. Adapun

proses pada mesin PCR terdiri atas denaturasi (pelepasan utas ganda menjadi utas tunggal), *annealing* (proses penempelan primer pada DNA *template*), dan ekstensi (proses sintesis oleh DNA polimerase). Mesin PCR menggunakan perbedaan suhu yang cukup jauh dalam menjalankan proses sintesis DNA spesifik.

Penyakit belang (*mottle*) pada kacang tanah merupakan salah satu penyakit yang disebabkan oleh virus. Penyakit ini disebabkan oleh *Peanut mottle virus* (PMoV). Virus ini memiliki gejala belang, yaitu perbedaan warna daun hijau tua dan hijau muda yang tidak dibatasi oleh tulang daun (Gambar 24a). Daun terinfeksi memiliki bentuk dan ukuran yang relatif tidak berubah. Infeksi PMoV dapat menyebabkan jumlah dan bobot polong lebih sedikit dibandingkan yang tidak terinfeksi oleh PMoV. Virus ini ditularkan melalui serangga vektor kutudaun *Aphis craccivora* (Gambar 24b) dan melalui benih.



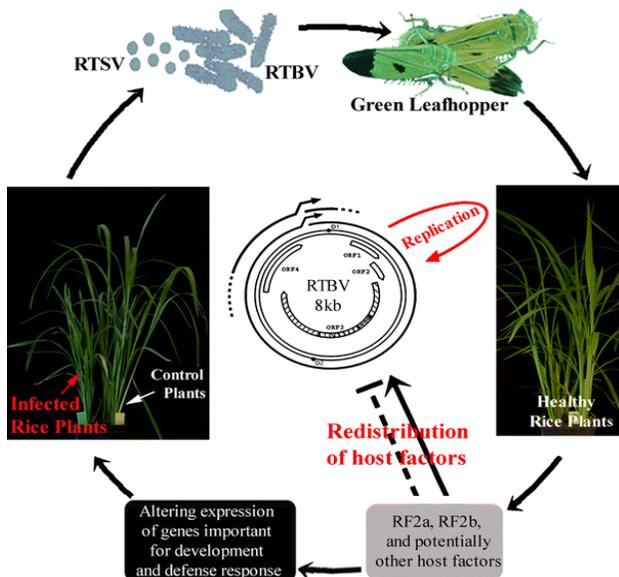
Gambar 24. Gejala belang oleh PmoV (a) dan kutudaun *A. craccivora* (b)

Contoh penyakit lainnya adalah mosaik pada tanaman bengkuang yang disebabkan oleh *Bean common mosaic virus* (BCMV). Gejala yang disebabkan adalah mosaik, yaitu adanya area berwarna hijau tua dan hijau muda yang dibatasi oleh tulang daun. Pada area mosaik, permukaan daun terasa lebih bergelombang. Selain itu, terjadi penebalan pada tulang daun dan umumnya daun mengalami malformasi dengan bentuk yang mengecil (Gambar 25). Virus ini dapat ditularkan melalui serangga vektor kutudaun *A. craccivora*, benih, dan luka pada tanaman. Penyakit mosaik bengkuang yang disebabkan oleh BCMV pertama kali ditemukan dan dilaporkan di Indonesia pada tahun 2008.



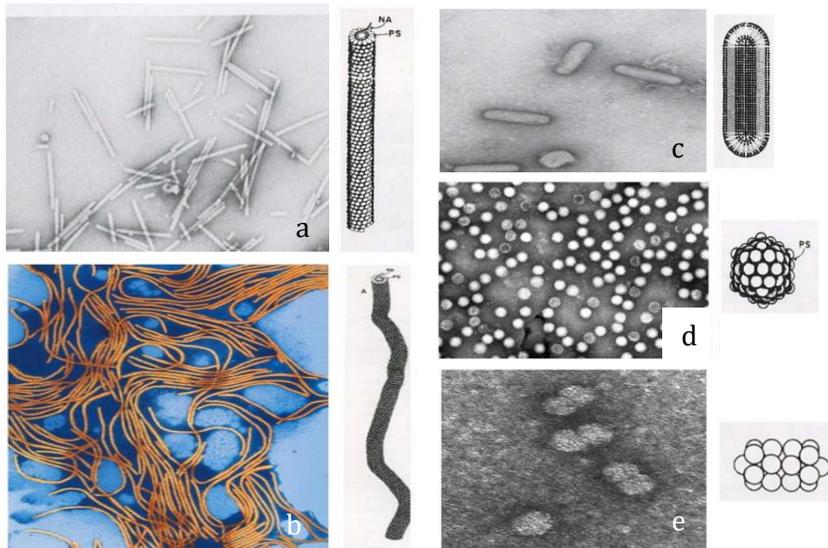
Gambar 25. Gejala mosaik bengkuang oleh BCMV

Contoh penyakit tumbuhan lainnya yang disebabkan oleh virus adalah penyakit tungro. Penyakit ini disebabkan oleh *Rice tungro baciliform virus* (RTBV) dan *Rice tungro spherical virus* (RTSV). Infeksi penyakit ini menyebabkan padi menjadi kerdil, anakan sedikit, perakaran berkurang, proses pembungaan terhambat, dan malai sedikit terisi atau bahkan hampa. Padi yang terinfeksi menunjukkan gejala menguning hingga agak merah jambu yang dimulai dari ujung daun. Virus ini ditularkan melalui serangga vektor wereng hijau *Nephotettix virescens* (Gambar 26).



Gambar 26. Skematik siklus penyakit tungro

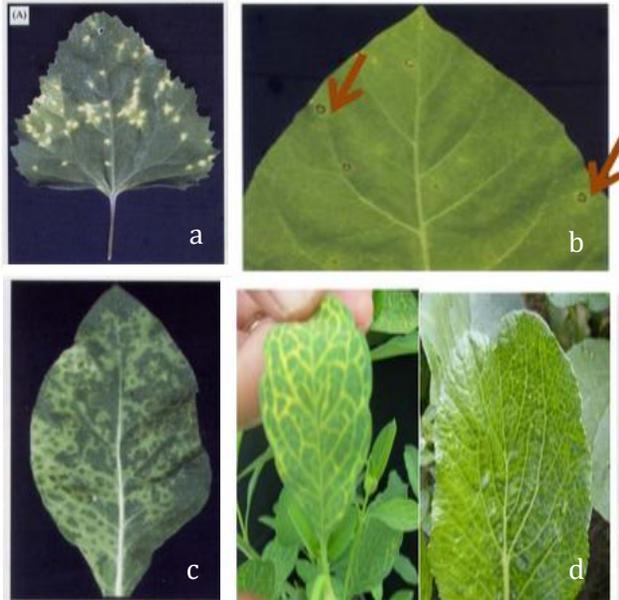
Virus tanaman berbeda dari pathogen lainnya, yakni pada ukuran dan bentuknya, struktur fisik dan kimiawinya, cara infeksi, multiplikasi, translukasinya di dalam inang, pemencaran dan gejala yang ditimbulkan pada inang, serta penamaan. Morfologi partikel virus sangat beragam, antara lain memanjang kaku (Rigid rod)-Tobacco Mosaic Virus, memanjang lentur (Flexious thread like)-Potato Virus Y, Short Bacillus like virus-Rice Tungro Bacilliform Virus, membulat (Polyhedral, isometric)-Cucumber Mosaic Virus, partikel kembar (Twin Particles)-Tomato Yellow Leaf Curl Virus (Geminivirus). Berikut gambar dari beberapa partikel virus



Gambar 27. Varias partikel: virus memanjang kaku (a), memanjang lentur (b), Short Bacillus like virus (c), membulat (d), dan partikel kembar (e).

Gejala akibat infeksi virus merupakan respon atau ekspresi tanaman inang terhadap kondisi penyakit atau abnormal yang disebabkan oleh virus. Adapun tahapan gejala ini terjadi antara lain infeksi virus pada tanaman yang rentan, kemudian virus berreplikasi di dalam sel tanaman, kemudian terjadi gangguan metabolisme sel tanaman dan perubahan biokimia dan fisiologi sel tanaman. Perubahan yang terlihat secara eksternal atau gejala luar dan perubahan internal atau gejala dalam. Gejala luar terbagi menjadi dua, yaitu gejala local (Gambar 28 a-b) merupakan gejala yang terlokasi pada sel tempat virus pertama kali masuk yang disebabkan oleh infeksi primer dan

gejala sistemik (Gambar 28 c-d) merupakan gejala yang sudah menyebar ke seluruh bagian tanaman yang disebabkan oleh infeksi sekunder atau infeksi sistemik yang menyebar ke bagian lainnya.

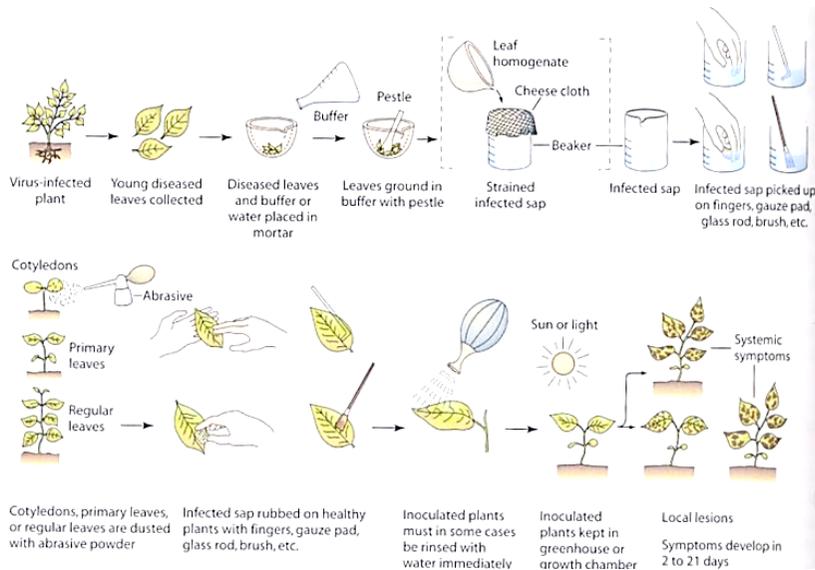


Gambar 28. Gejala luar akibat infeksi virus: gejala local (a-b) dan gejala sistemik (c-d)

Gejala dalam terbagi menjadi dua, yaitu perubahan sitologis dan histologi serta badan inklusi (inclusion bodies). Perubahan sitologis dan histologis merupakan gejala luar yang tampak secara makroskopis seringkali berhubungan erat dengan perubahan yang terjadi di dalam sel. Badan inklusi merupakan berbagai jenis struktur ditemukan pada sel tanaman (nucleus dan sitoplasma) terjadi karena terinduksi oleh infeksi virus. Badan inklusi dapat diamati dengan mikroskop cahaya.

Dalam virus terdapat istilah yang disebut dengan infeksi laten dan periode penyembuhan. Periode laten merupakan virus dapat menginfeksi inang dan memperbanyak diri di dalam inang, tetapi tidak menimbulkan gejala atau toleran yang tinggi dari tanaman inang. Periode penyembuhan merupakan tanaman menunjukkan gejala dengan infeksi yang berat tetapi pada suatu waktu gejalanya dapat menghilang atau menunjukkan gejala yang ringan, terutama pada bagian-bagian tanaman yang baru muncul.

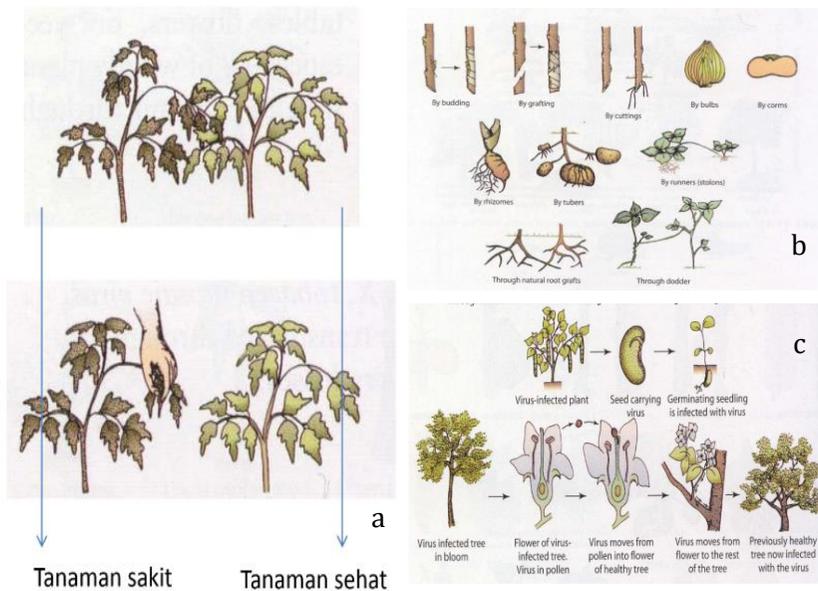
Virus adalah parasite sel, yang merupakan penularan virus harus ditularkan langsung masuk ke dalam sel. Virus tumbuhan tidak dapat masuk ke dalam sel inang dengan sendirinya, melainkan harus melalui luka, bahan tanam, dan vector. Penularan virus melalui luka dapat terjadi pada sel-sel rambut daun atau sel epidermis yang dapat dikarenakan beberapa faktor seperti luka yang sengaja dibuat dengan bubuk halus seperti *Carborundum* biasa dilakukan di Laboratorium untuk tujuan percobaan atau luka yang terjadi di lapangan tanpa sengaja dapat terjadi karena angin kencang, kegiatan budidaya, hujan, hewan alat pertanian, dll. Hal ini disebut dengan penularan secara mekanis (Gambar 29).



Gambar 29. Penularan virus secara mekanis

Beberapa penularan virus antara lain penularan virus secara mekanis melalui kontak dengan tanaman sakit dapat terjadi karena kontak dan gesekan antara daun dapat menyebabkan penularan virus karena kegiatan budidaya, melalui tangan manusia atau alat pertanian (Gambar 30a). Penularan virus melalui perbanyakan tanaman secara vegetative dapat terjadi melalui bahan vegetative tanaman seperti umbi, rimpang, anakan, dan stolon (Gambar 30b). Virus dapat menular melalui praktik perbanyakan

tanaman secara vegetative seperti stek batang, penyambungan, dan penempelan. Virus dapat terbawa rootstock (resipien) atau scion (donor) sehingga saat penyambungan atau penempelan seluruh tanaman terinfeksi virus. Penularan virus melalui bagian reproduksi tanaman seperti melalui serbuk sari dari tanaman sakit, biji sakit, serta biji yang mengandung virus (Gambar 30c). Biji dapat menjadi sumber inoculum primer. Penularan virus melalui vector atau organisme yang mampu membawa virus dan menularkannya. Penularan virus di lapangan paling banyak terjadi melalui vector. Beberapa vector virus adalah serangga, tungau, nematode, cendawan, dan tali putri.



Gambar 30. Penularan virus tanaman: melalui tangan manusia atau alat pertanian (a), melalui perbanyakan tanaman secara vegetative (b), dan melalui bagian reproduksi tanaman seperti melalui serbuk sari atau biji (c)

Dalam proses infeksi dan perkembangan penyakit virus terdapat faktor-faktor yang mempengaruhinya, antara lain faktor tanaman, lingkungan dan infeksi campuran. Faktor tanaman yang mempengaruhinya adalah umur tanaman (kerentanan terhadap infeksi dan penyebaran sistemik) dan genotif tanaman yang berpengaruh nyata terhadap terjadinya infeksi virus tertentu

(imunitas: tanaman tidak terinfeksi dalam keadaan apapun, resistensi: tanaman yang mempunyai perangkat genetik untuk menangkal infeksi pada tingkat tertentu, hipersensitivitas: sel mati terlokalisir pada tempat masuk dan tidak bias menyebar lebih jauh, dan toleran: virus memperbanyak diri dan menyebar dalam tanaman tetapi gejala penyakit ringan).

Faktor lingkungan yang mempengaruhi adalah kerentanan terhadap infeksi dan multiplikasi virus serta ekspresi gejala yang terbagi menjadi cahaya, suhu, suplai air dan kelembaban, nutrisi atau hara, waktu, dan polusi udara. Faktor lainnya yang mempengaruhi proses infeksi dan perkembangan penyakit virus adalah infeksi campuran. Infeksi campuran terbagi menjadi interaksi antara virus yang tidak berhubungan (pengaruh terhadap jumlah lesio local, efek terhadap gejala penyakit, efek terhadap konsentrasi virus), interaksi antara fungi dan virus (pengaruh infeksi virus pada penyakit fungi dan pengaruh infeksi fungi terhadap kerentanan infeksi virus).

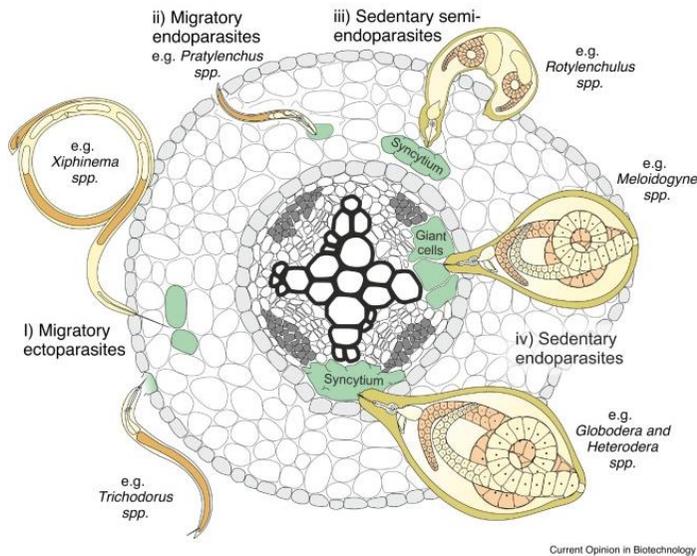
E. Nematoda

Nematoda merupakan fauna berukuran mikro dengan bentuk seperti benang. Nematoda dapat ditemukan di berbagai habitat, mulai dari laut hingga daratan. Setidaknya sekitar 10% dari total nematoda yang ada adalah penyebab penyakit pada tumbuhan. Nematoda yang menjadi patogen pada tumbuhan dapat disebut sebagai fitonematoda. Fitonematoda memiliki ciri berupa stilet yang terdapat pada area anterior tubuh. Secara umum, siklus hidup fitonematoda terdiri atas telur, juvenil 1 hingga 4, dan imago/dewasa. Jenis kelamin fitonematoda baru akan diketahui setelah fase imago. Beberapa fitonematoda hanya banyak ditemukan jenis betina saja dan jarang ditemukan jenis jantan karena reproduksinya secara partenogenesis.

Berdasarkan perilakunya, fitonematoda dibagi menjadi parasit berpindah dan parasit menetap. Fitonematoda parasit berpindah akan secara aktif berpindah dari satu sel tumbuhan ke sel tumbuhan yang lain saat

melakukan proses makan. Kerusakan yang ditimbulkan fitonematoda parasit berpindah bersifat destruktif (menyebabkan kematian sel/jaringan tumbuhan). Bentuk fitonematoda ini akan tetap seperti cacing. Adapun fitonematoda parasit menetap akan membentuk sel asuh yang berfungsi untuk “melayani” segala kebutuhan makanannya. Sehingga fitonematoda ini tidak perlu berpindah ke sel-sel lain. Fitonematoda ini akan mengalami perubahan bentuk tubuh pada betinanya.

Berdasarkan strategi/cara makan, fitonematoda dibedakan menjadi ektoparasit, semi-endoparasit, dan endoparasit. Fitonematoda ektoparasit makan dari luar tanpa masuk ke dalam jaringan tanaman, fitonematoda semi-endoparasit sebagian tubuh posteriornya masuk ke dalam jaringan tanaman, sedangkan fitonematoda endoparasit seluruh tubuhnya berada di dalam jaringan tanaman. Skematik perilaku serta strategi makan fitonematoda dapat dilihat pada Gambar 31.



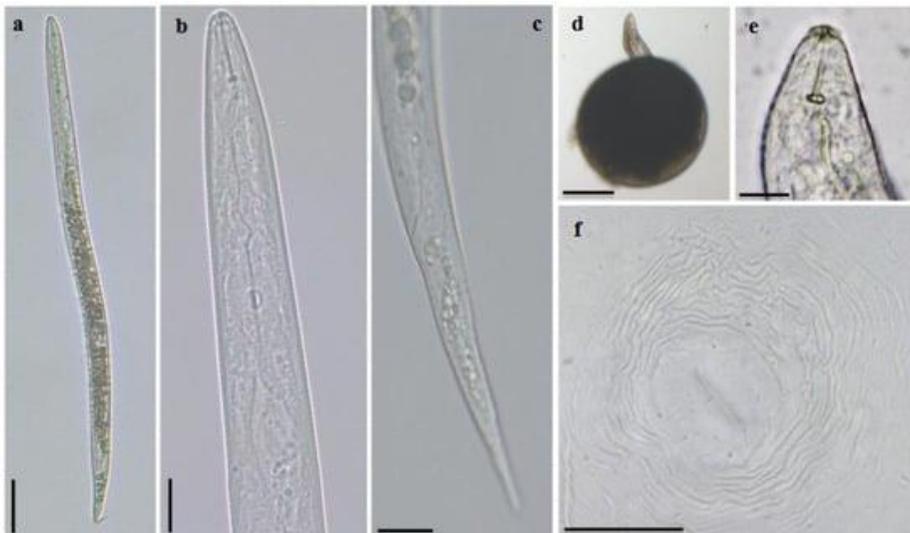
Gambar 31. Skematik perilaku dan strategi makan fitonematoda

Sebagian besar fitonematoda merupakan penghuni tanah dan menyerang bagian perakaran tanaman. Namun ada juga fitonematoda yang menyerang bagian tajuk tanaman. Beberapa jenis fitonematoda merupakan patogen utama pada tanaman dan dapat menyebabkan kerugian ekonomi

yang tinggi. Selain itu, terdapat fitonematoda yang bisa menjadi vektor virus tumbuhan, walaupun hingga saat ini penelitian terkait hal tersebut belum dilakukan di Indonesia.

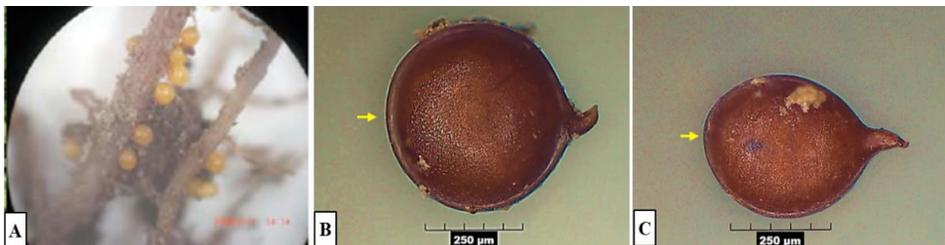
Fitonematoda yang merugikan dan memiliki kisaran inang yang luas adalah *Meloidogyne* spp. sebagai penyebab puru pada akar. Akar yang terinfeksi akan membengkak karena sifat fitonematoda ini sebagai endoparasit menetap. Pembengkakan terjadi karena *Meloidogyne* spp. membentuk *feeding site* yang menyebabkan sistem jaringan pembuluh menjadi terblok. Bagian tajuk tanaman akan mengalami kelayuan pada siang hari karena sistem perakaran yang rusak. Pada betina, bentuk fitonematoda ini membengkak dengan paket telur yang terdapat pada bagian posteriornya.

Berbeda dengan fitonematoda pada umumnya, proses identifikasi *Meloidogyne* spp. dilakukan pada juvenil 2. Pada fase dewasa, proses identifikasi dilakukan pada betina dengan pengamatan pola perineal. Adapun *Meloidogyne* spp. memiliki ciri morfologi stilet tipis, bagian ujung ekor mengerucut bergerigi, dan terdapat bagian hialin pada ekor sepanjang 1/3 dari bagian ekor (Gambar 32).

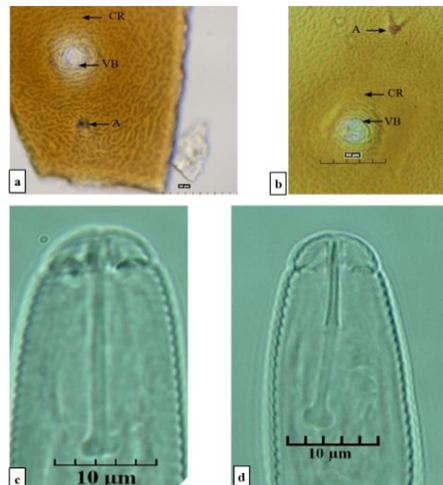


Gambar 32. *Meloidogyne* spp.: juvenil seluruh tubuh (a), anterior juvenil (b), bagian ekor (c), betina dengan paket telur (d), anterior betina (e), dan pola perineal betina (f)

Fitonematoda penting lainnya adalah nematoda sista kentang (NSK) yang disebabkan oleh *Globodera* spp. Terdapat dua spesies *Globodera* spp. yang telah ada di dataran tinggi Indonesia, yaitu *G. rostochiensis* dan *G. pallida*. Adapun *G. rostochiensis* memiliki warna sista kuning sedangkan *G. pallida* sistanya berwarna putih. Saat sista sudah matang, keduanya berubah warna menjadi kecokelatan (Gambar 33). Tiap sista akan mengandung 200-500 telur nematoda sista kentang. Selain itu, proses identifikasi juga dapat dilakukan pada fase juvenil 2 dan pola perineal pada sista betina (Gambar 34). Fitonematoda ini tergolong sebagai semi-endoparasit.



Gambar 33. NSK akar kentang (a), sista berbentuk bulat (b), dan sista berbentuk elips (c)



Gambar 34. Pola perineal *G. pallida* dengan *cuticular ridge* (a), pola perineal *G. rostochiensis* dengan *cuticular ridge* >16 (b), anterior J2 *G. Pallida* (c), dan anterior J2 *G. rostochiensis*. [VB: vulva basin, CR: cuticular ridges, A: anus] (d)

Fitonematoda *Globodera* spp. terdapat di dataran tinggi dengan suhu tanah 15 - 20°C. Pada ketinggian tempat 1250-1500 mdpl, *G. rostochiensis* akan mendominasi. Sedangkan pada ketinggian tempat 1500-1750 mdpl, *G. pallida* yang akan mendominasi. Gejala infeksi *Globodera* spp. menyebabkan tanaman kentang menjadi layu dan berwarna kuning secara berkelompok (Gambar 35). Fitonematoda ini cukup sulit untuk dikendalikan dan dapat bertahan dalam waktu yang lama dengan bentuk sista. Diperlukan waktu 7 tahun bagi *Globodera* spp. untuk dapat terdeteksi dan menyebabkan endemik di suatu daerah.

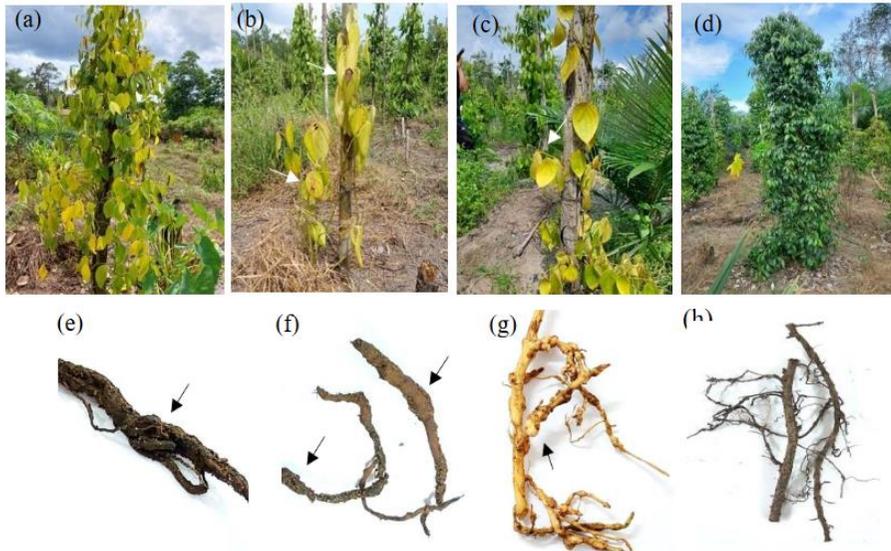


Gambar 35. Gejala NSK pada pertanaman kentang

Fitonematoda lainnya yang menyebabkan kerusakan adalah *Radopholus similis* yang dikenal sebagai *burrowing nematode* (nematoda pembuat liang/penggali). Fitonematoda ini merupakan endoparasit berpindah yang menyebabkan akar menjadi kempis dan membusuk. Pembusukan terjadi karena ada patogen sekunder yang masuk lewat luka akar yang dibuat oleh *R. similis*. Fitonematoda ini banyak menyebabkan kerugian di tanaman perkebunan seperti pisang, lada, dan lain sebagainya. Tanaman terinfeksi akan menguning lalu kemudian mati. Infeksi *R. similis* yang bersamaan dengan patogen lainnya seperti *Fusarium oxysporum* dapat menyebabkan gejala penyakit yang semakin parah.

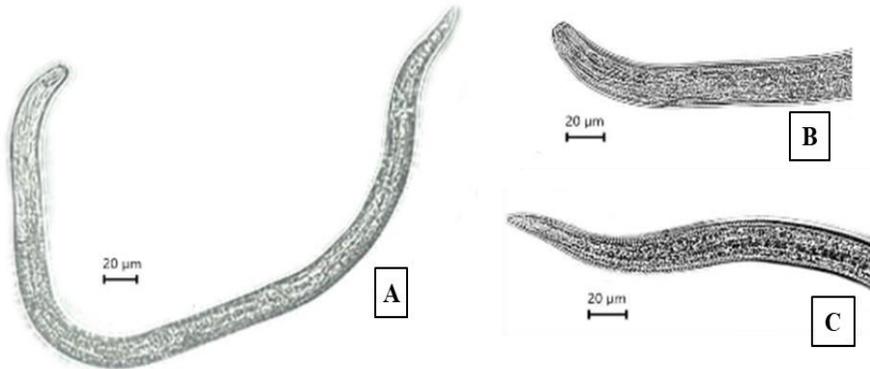
Selain itu, *R. similis* juga dapat membuat kompleks penyakit bersama dengan fitonematoda lainnya seperti *Meloidogyne* spp. Penyakit kuning pada lada merupakan salah satu contoh dari kompleks penyakit antara *R. similis*

dan *Meloidogyne* spp. Cendawan *Fusarium* spp. juga biasanya ditemukan pada kompleks penyakit kuning lada tersebut. Hal ini menyebabkan tanaman lada menunjukkan gejala yang semakin parah. Tanaman lada menjadi menguning mulai dari daun hingga sulur. Pada bagian perakaran juga ditemukan luka, pembusukan, dan puru (Gambar 36).



Gambar 36. Gejala penyakit kuning lada di Bangka: daun kaku dan menguning (a), bercak coklat di permukaan daun (b), penguningan pada sulur (c), tanaman lada sehat (d), luka pada akar lada (e); akar bengkak (f); puru akar (g), dan akar sehat (h)

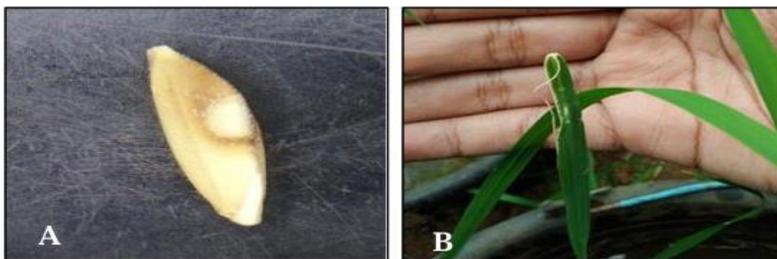
Secara umum, *R. similis* memiliki ciri morfologi berupa anulasi sedang, bibir rata, stilet bertipe stomatostilet, esofagus tumpang tindih dengan usus pada bagian dorsal, vulva berada di tengah tubuh (didelfik), dan ujung ekor memiliki bentuk konoid (Gambar 37). Fitonematoda ini dapat bereproduksi secara partenogenesis. Pada tanaman pisang, jika serangan pada akar sudah parah dapat menyebabkan tanaman roboh karena sudah tidak dapat menopang bagian tajuk.



Gambar 37. *R. Similis*: seluruh tubuh betina (a), anterior (b), dan posterior (c)

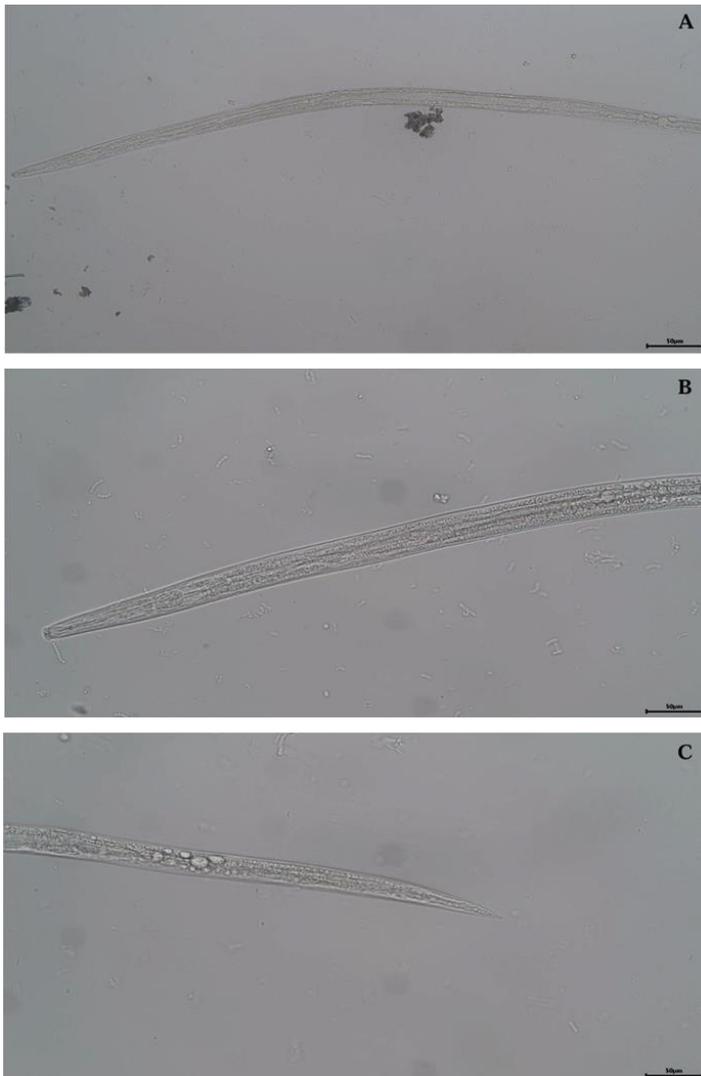
Salah satu fitonematoda yang menyerang bagian tajuk adalah *Aphelenchoides besseyi*. Fitonematoda ini menyebabkan penyakit pucuk putih padi. Sesuai namanya, gejala yang ditimbulkan berupa klorosis pada pucuk daun padi sepanjang 2-5 cm dengan bentuk terpilin dan berwarna putih (Gambar 38b). Gejala ini terjadi pada fase vegetatif padi. Infeksi menyebabkan bagian daun bendera yang menutupi malai akan mengkerut dan mengalami distorsi. Selain itu, bulir padi yang dihasilkan akan lebih kecil dan bahkan steril.

Fitonematoda ini bersifat tular benih. Benih yang terinfeksi menunjukkan gejala berupa *sun spot*. Namun, benih yang terlihat sehat juga dapat mengandung *A. besseyi* (*symptomless*). Gejala *sun spot* merupakan bercak berwarna abu-abu kecokelatan (Gambar 38a). Ukuran benih juga dapat berkurang, baik dari segi panjang maupun ketebalan benih. Fitonematoda ini menginfeksi padi secara ektoparasit. Penurunan jumlah bulir padi akibat infeksi *A. besseyi* dapat mencapai 31%.



Gambar 38. Gejala *A. besseyi*: *sun spot* pada benih (a) dan pucuk putih pada daun (b)

Fitonematoda *A. besseyi* memiliki ciri morfologi annulasi halus, stilet bertipe stomatostilet, bibir *set-off*, *median bulb* besar berbentuk persegi dengan ukuran $\frac{3}{4}$ lebar tubuh, dan bentuk istirahat melengkung (Gambar 39). Identifikasi pada tingkat spesies salah satunya dilakukan pada pengamatan jumlah mukro di bagian ujung ekor. Ekor *A. besseyi* berbentuk konoid dan terdapat 2-4 mukro di bagian ujungnya yang dapat dilihat dengan mikroskop perbesaran 1000 \times . Betina *A. besseyi* biasanya lebih panjang dibandingkan jantan dengan vulva bertipe didelfik (terletak di bagian tengah tubuh).



Gambar 39. *A. besseyi*: seluruh tubuh (a), anterior (b), dan posterior (c)

SOAL PENGAYAAN

Hama Tanaman

1. Apa yang dimaksud dengan hama tanaman?
2. Jelaskan tiap kelompok serangga hama!
3. Jelaskan bentuk umum serangga! (disertai dengan gambar)
4. Apa saja bentuk mulut serangga dan jelaskan perannya!
5. Sebutkan minimal 5 Ordo serangga!
6. Jelaskan perbedaan Ordo Diptera, Coleoptera, dan Lepidoptera!
7. Jelaskan 3 perbedaan Ordo coleopteran hama dan bukan hama!
8. Sebutkan minimal 3 serangga hama Ordo Hemiptera! (nama latin)
9. Sebutkan minimal 3 hama Ordo Rodentia! (nama latin)
10. Jelaskan serangga hama kelompok sub-ordo Homoptera!

Penyakit Tanaman

1. Apa yang dimaksud dengan konsep segitiga penyakit tanaman?
2. Jelaskan gejala akibat infeksi pathogen penyebab penyakit tanaman!
3. Jelaskan mekanisme infeksi cendawan patogen tanaman!
4. Jelaskan masing-masing filum cendawan pathogen tanaman!
5. Jelaskan mekanisme infeksi bakteri patogen tanaman!
6. Sebutkan gejala layu bakteri pada tanaman tomat!
7. Jelaskan beberapa cara infeksi virus ke tumbuhan!
8. Sebutkan minimal 3 gejala infeksi virus dan vektornya!
9. Jelaskan mekanisme infeksi nematoda patogen tanaman!
10. Sebutkan minimal 5 contoh nematode parasite tanaman!

DAFTAR PUSTAKA

- [SPHD] Subcommittee on Plant Health Diagnostics. 2015. National Diagnostic Protocol for *Pyricularia oryzae*. Canberra City: Department of Agriculture and Water Resources.
- Adnan AM. 2016. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Dasar*. Bogor: Departemen Proteksi Tanaman IPB.
- Agrios GN. 1996. *Ilmu Penyakit Tumbuhan. Third Edition*. Busnia M, penerjemah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology. Fifth Edition*. Florida: Academic Press Inc.
- Akbar US, Damayanti TA, Wiyono S. 2020. Potensi cendawan endofit dalam menghambat penularan *Bean common mosaic virus* melalui *Aphis craccivora* Koch. pada kacang panjang [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Alamudi F dan Lukmana M. 2018. Intensitas serangan Hama Kumbang Tandak (*Oryctes rhinoceros* L.) pada Tanaman Kelapa sawit belum Menghasilkan di PT Barito Putera Plantation. *Agrisains* 4(1): 11-15.
- Asmoro PP *et al.* 2024. *Bahan Ajar Teknik Pengendalian Hama dan Penyakit Perkebunan*. Bogor.
- Borrer DJ *et al.* 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Borrer DJ *et al.* 1996. *Pengenalan Pelajaran serangga Edisi ke-6*. Partoseodjono S. Penerjemah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: An introduction to the study of insect.
- Dadang DI. 2006. Konsep Hama dan Dinamika Populasi. In *Workshop Hama dan Penyakit Tanaman*.
- Damicone JP, Melouk HA. 2010. Foliar disease of peanut. Oklahoma State University: Division Agricultural Sciences and Natural Resources. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/foiar-diseases-of-peanuts.html>.

- Dini AFB, Winasa IW, Hidayat SH. 2015. Identifikasi Virus Penyebab Kerdil Pada Tanaman Padi di Sukamandi, Jawa Barat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 11(6): 205-210. DOI: 10.14692/jfi.11.6.205.
- Ingold CT dan Hudson HJ. 1993. *The Biology of Fungi. Sixth Edition*. London: Chapman and Hall.
- Kurniawati F *et al.* 2022. *Bahan Ajar Penyakit Benih*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Manopo M *et al.* 2021. Jenis dan Populasi serangga Hama pada Pertanaman Padi sawah (*Oryza sativa* L.) di Desa Mogoyunggung Kecamatan Dumoga Timur Kabupaten Bolaang Mngondow. *J Agroekoteknologi Terapan* 2(2): 34-48.
- Marpaung NKB, Sutrawati M, Ganefianti DW, Novanda RR, Pamekas T. 2023. Infeksi *Ageratum yellow vein virus* pada gulma *Crassocephalum crepidioides* di Bengkulu. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 19(1):39-44. DOI: 10.14692/jfi.19.1.39-44.
- Newton AC, Torrance L, Holden N. 2012. *Climate change and defense against pathogens in plants*. *Advance in Applied Microbiology*. 81:89-132.
- Nurulalia *et al.* 2022. *Bahan Ajar Hama Benih*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pertanian, Simluhtan Kementerian. 2019. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Jakarta.
- Prakoso B. 2017. Biodeversitas Belalang (Acrididae: Ordo Orthoptera) pada Agroekosistem (*Zea mays* L.) dan Ekosistem Hutan Tanaman. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal* 34(2): 80-88.
- Rahayu E, Rizal S, Marmaini. 2021. Karakteristik Morfologi serangga yang Berpotensi sebagai Hama pada Perkebunan Kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Desa Tirta Kencana Kecamatan Makarti Jaya Kabupaten Banyuasin. *J Indobiosains* 3(2): 39-46.
- Rivai F. 2016. *Epidemiologi Penyakit Tumbuhan*. Edisi ke-3. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Schaechter M. 2009. *Encyclopedia of Microbiology. Third Edition*. San Diego: Elsevier Inc.
- Sembel DT, Meray ER, Kandowangko DS, Dien MF, Ratulangi MM. 2012. Penyebaran Hama Baru pada Tanaman Pepaya dan Pakis Haji di

Sulawesi Utara Distribution And Status Of Newly Introduced Insect Pests Of Pakis Haji In North Sulawesi. *EUGENIA*, 18(2).

Semiun CG dan Mamulak YI. 2019. Keanekaragaman Jenis Belalang (Ordo Orthoptera) Di Pertanian Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Desa Manusak Kabupaten Kupang. *STIGMA: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa* 12(02): 66-70.

Sopialena. 2017. *Segitiga Penyakit Tanaman*. Samarinda: Mulawarman University Press.

Wahyuni DK, Vidianti F, Purnobasuki H, Ermayanti TM, Prajoga B, Utami ESW. 2015. *Agrobacterium rhizogenes* mediated hairy root induction in *Justica gendarusa* Burm.f. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 5(4):87-93.

Webster J dan Weber R. 2007. *Introduction to Fungi. Third Edition*. New York: Cambridge University Press.

Adnan AM. 2016. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Dasar*. Bogor: Departemen Proteksi Tanaman IPB.

Agrios GN. 1996. *Ilmu Penyakit Tumbuhan. Third Edition*. Busnia M, penerjemah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Agrios GN. 2005. *Plant Pathology. Fifth Edition*. Florida: Academic Press Inc.

Akbar US, Damayanti TA, Wiyono S. 2020. Potensi cendawan endofit dalam menghambat penularan *Bean common mosaic virus* melalui *Aphis craccivora* Koch. pada kacang panjang [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Akrofi AY, Amoako-Atta I, Assuah M, Kumi-Asare E. 2014. Pink disease caused by *Erythricium salmonicolor* (Berk & Broome) Burdsall: an epidemiological assessment of its potential effect on cocoa production in Ghana. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*. 5(1):1-6.

Aksan M, Syarifuddin RN, Azizah HN, Karenina T, Darma, Ibrahim AY, Handayani ND, Sari SP. 2023. *Nematoda Pertanian*. Medan: Penerbit Yayasan Kita Menulis.

Arsyogi B. Mortalitas *Aphis craccivora* Koch. pada beberapa konsentrasi *Beauveria bassiana* balsamo pada tanaman kacang panjang [skripsi]. Bengkulu: Universitas Bengkulu.

- Asadi Z, Jamali S, Sabouri S, Habibi F. 2015. Effects of white tip nematode on physical properties of rice grains. *Nematropica*. 45(1):51-58.
- Balamurugan A *et al.* 2018. Outbreak of tomato wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in Tamil Nadu, India and elucidation of its genetik relationship using multilocus sequence typing (MLST). *European Journal of Plant Pathology*. 151:831-839.
- Barnett HL, Hunter BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Fourth Edition. Burgess Pub. Co.
- Bharudin I, Wahab AFFA, Samad MAA, Yie NX, Zairudin MA, Bakar FDA, Murad AMA. 2022. Review update on the life cycle, plant-microbe interaction, genomics, detection and control strategies of the oil palm pathogen *Ganoderma boninense*. *Biology*. 11(2):251.
- Bos L. 1990. *Pengantar Virologi Tumbuhan*. Triharso, penerjemah; Tjitrosoepomo G, editor. *Introduction to Plant Virology*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Carvalho CR, Fernandes RC, Carvalho GMA, Barreto RW, Evans HC. 2011. Cryptosexuality and the genetik diversity paradox in coffee rust, *Hemileia vastatrix*. *Plos One*. 6(11):1-7.
- Dai S, Beachy RN. 2009. Genetik engineering of rice to resist rice tungro disease. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 45:517-524.
- Damayanti TA, Susilo D, Nurlaelah S, Sartiami D, Okuno T, Mise K. 2008. First report of *Bean common mosaic virus* in yam bean [*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban] in Indonesia. *Journal of General Plant Pathology*. 74:438-442. DOI: 10.1007/s10327-008-0122-4.
- Damicone JP, Melouk HA. 2010. Foliar disease of peanut. Oklahoma State University: Division Agricultural Sciences and Natural Resources. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/foliar-diseases-of-peanuts.html>.
- Damm U, Baroncelli R, Cai L, Kubo Y, O'Connell R, Weir B, Yoshino K, Cannon PF. 2010. *Colletotrichum*: species, ecology and interactions. *IMA Fungus*. 1(2):161-165.
- Dini AFB, Winasa IW, Hidayat SH. 2015. Identifikasi virus penyebab kerdil pada tanaman padi di Sukamandi, Jawa Barat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 11(6):205-210. DOI: 10.14692/jfi.11.6.205.

- Ebbole DJ. 2007. *Magnaporthe* as a model for understanding host-pathogen interactions. *Annual Review of Phytopathology*. 45:437-456.
- Eves-van den Akker S, Stojilkovic B, Gheysen G. 2021. Recent applications of biotechnological approaches to elucidate the biology of plant-nematode interactions. *Current Opinion in Biotechnology*. 70:122-130.
- Hewezi T. 2020. Epigenetik mechanisms in nematode-plant interactions. *Annual Review of Phytopathology*. 58:5.1-5.20.
- Hongsanan S, Tian Q, Persoh D, Zeng XY, Hyde KD, Chomnunti P, Boonmee S, Bahkali AH, Wen TC. 2015. Meliolales, dalam: *Fungal Diversity*. 74:91-141.
- Hudelson B. 2021. Potato scab. https://hort-extension-wisc.edu.translate.goog/articles/potato-scab/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=id&x_tr_hl=id&x_tr_pto=wa [diakses 2024 Sep 8]
- Ibrahim AY. 2019. Keefektifan kitosan untuk pengendalian nematoda pucuk putih padi (*Aphelenchoides besseyi* Christie) melalui perlakuan benih [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ibrahim AY. 2022. Pengaruh perlakuan limbah Brassicaceae terhadap keanekaragaman dan kelimpahan nematoda serta mikroba penghuni tanah [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ingold CT, Hudson HJ. 1993. *The Biology of Fungi*. Sixth Edition. London: Chapman and Hall.
- [IPPC] International Plant Protection Convention. 2016. DP 17: *Aphelenchoides besseyi*, *A. fragariae*, *A. ritzemabosi*. Rome: International Plant Protection Convention.
- Irwansyah, Sofian, Akhsan N. 2019. Identifikasi karakteristik serangan *Banana bunchy top virus* (BBTV) dan intensitasnya pada tanaman pisang di beberapa kecamatan di Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 2(1):55-60.
- Islami NF. 2020. Taksasi kehilangan hasil oleh penyakit belang pada kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) di Desa Rindan Permai, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Jain L, Kumar V, Jain SK, Kaushal P, Ghosh PK. 2023. Isolation of bacteriophages infecting *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and genomic

- characterization of novel phage vB_XooS_NR08 for biocontrol of bacterial leaf blight of rice. *Frontiers in Microbiology*. 14:1-21.
- Kolmer J. 2013. Leaf rust of wheat: pathogen biology, variation and host resistance. *Forests*. 4(1):70-84. DOI: 10.3390/f4010070.
- Lesta. 2023. Insidensi penyakit kuning, faktor lingkungan, dan populasi nematoda parasit pada tanaman lada di Bangka [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Loria R, Coombs J, Yoshida M, Kers J, Bukhalid R. 2003. A paucity of bacterial root diseases: *Streptomyces* succeeds where others fail. 62(2):65-72.
- Marpaung NKB, Sutrawati M, Ganefianti DW, Novanda RR, Pamekas T. 2023. Infeksi *Ageratum yellow vein virus* pada gulma *Crassocephalum crepidioides* di Bengkulu. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 19(1):39-44. DOI: 10.14692/jfi.19.1.39-44.
- Megasari D, Wiseno RA, Fawwaz RP, Nikijuluw, Irsyadillah MR, Ratnadewi AS, Widyana A, Septafio RA. 2022. Monitoring kutudaun dan penyakit belang kacang tanah dalam penerapan prinsip pengendalian hama terpadu di Kabupaten Sidoarjo. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian, Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari*, 23 Juli 2022. Hlm: 575-583.
- Motlagh MRS, Farokhzad M, Kaviani B, Kulus D. 2022. Endophytic fungi as potential biocontrol agents against *Sclerotium rolfsii* Sacc. – the causal agent of peanut white stem rot disease. *Cells*. 11(17):26-43.
- Moore D, Robson GD, Trinci APJ. 2011. *21st Century Guidebook to Fungi*. New York: Cambridge University Press.
- Motokura Y, Nagase M, Ooi A, Ueda K, Kimura S. 2005. Rust disease of water willow intercepted in import plant quarantine in Japan. *Research Bulletin of The Plant Protection Service*. (41):59-64.
- Mulyadi. 2009. *Nematologi Pertanian*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nelson S. 2004. *Pentalonia nigronervosa*, banana aphid. [https://influentialpoints.com/Gallery/Pentalonia nigronervosa banana_aphid.htm](https://influentialpoints.com/Gallery/Pentalonia_nigronervosa_banana_aphid.htm) [diakses 2024 Sep 11].
- Newton AC, Torrance L, Holden N. 2012. Climate change and defense against pathogens in plants. *Advance in Applied Microbiology*. 81:89-132.

- Ningsih R, Mukarlina, Linda R. 2012. Isolasi dan identifikasi jamur dari organ bergejala sakit pada tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*). *Protobiont*. 1(1):1-7.
- Nurfadillah. 2023. Potensi asap cair dan klon pustaka metagenomik asal rizosfer tanaman padi untuk pengendalian *Burkholderia glumae* [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Nurjanah. 2009. Sebaran spesies nematoda sista kentang (*Globodera pallida* (Stone) Behrens dan *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens) berdasarkan ketinggian tempat di dataran tinggi Dieng Jawa Tengah [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Nurwardani PN. 2008. Efektivitas khitosan terhadap intensitas serangan *Colletotrichum capsici* pada buah cabai pascapanen. *Journal of Agrosience*. 1: 11-19.
- Prusky D. 1996. Pathogen quiescence in postharvest disease. *Annual Review of Phytopathology*. 34:413-434.
- Qi H, Yang J, Yin C, Zhao J, Ren X, Jia S, Zhang G. 2019. Analysis of *Pyricularia oryzae* and *P. grisea* from different hosts based on multilocus phylogeny and pathogenicity associated with host preference in China. *Phytopathology*. 109(8):1433-1440.
- Rahman RM. 2016. Deteksi dan identifikasi *Aphelenchoides besseyi* Christie pada lima varietas padi dengan *polymerase chain reaction* (PCR) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rivai F. 2016. Epidemiologi Penyakit Tumbuhan. Edisi ke-3. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Rusique L, Nobrega F, Cordeiro L, Serra C, Inacio ML. 2021. First detection of *Meloidogyne luci* (Nematoda: Meloidogynidae) parasitizing potato in the Azores, Portugal. *Plants*. 10(99):1-8.
- Schaechter M. 2009. *Encyclopedia of Microbiology*. Third Edition. San Diego: Elsevier Inc.
- Seco MNP, Balendres MAO. 2023. Isolation, morphology, and molecular characteristics of *Ustilago maydis* from the Philippines. *Manila Journal of Science*. 16(1):24-29.
- Selamet, Supramana, Sinaga MS, Nurmansyah A, Mutaqin KH. 2019. Morfologi dan morfometri nematoda sista kentang (*Globodera* spp.) asal dataran

- tinggi Dieng, Jawa Tengah. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 15(2):77-84. DOI: 10.14692/jfi.15.2.77-84.
- Sen S, Rai M, Das D, Chandra S, Acharya K. 2020. Blister blight a threatened problem in tea industry: a review. Journal of King Saud University. 32:3265-3272.
- Sopialena. 2017. Segitiga Penyakit Tanaman. Samarinda: Mulawarman University Press.
- [SPHD] Subcommittee on Plant Health Diagnostics. 2015. National Diagnostic Protocol for *Pyricularia oryzae*. Canberra City: Department of Agriculture and Water Resources.
- Suparman, Oktarida R, Hamidson H, Arsi. 2023. Morphometric and biological characteristics of *Pentalonia nigronervosa*, the vector of *Banana bunchy top virus*, living on various Araceous plants species. Journal of Tropical Plant Pests and Diseases. 23(1):77-87.
- Tanjung MR, Munif A, Effendi Y, Tondok ET. 2022. Korelasi keparahan penyakit layu fusarium dengan kelimpahan *Fusarium oxysporum* dan fitonematoda: studi kasus perkebunan pisang PTPN VIII Parakansalak. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 18(5):222-230. DOI: 10.14692/jfi.18.5.222-230.
- Than PP, Prihastuti H, Phoulivong S, Taylor PWJ, Hyde KD. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. Journal of Zhejiang University Science B. 9(10):764-778.
- Tjokrosoedarmo AH. 1995. Various stages of pink fungus (*Upasia salmonicolor*) in Java. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 1(1):19-27.
- Wahyuni DK, Vidiанти F, Purnobasuki H, Ermayanti TM, Prajoga B, Utami ESW. 2015. *Agrobacterium rhizogenes* mediated hairy root induction in *Justica gendarusa* Burm.f. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences.5(4):87-93. ISSN: 2090-4274.
- Webster J, Weber R. 2007. Introduction to Fungi. Third Edition. New York: Cambridge University Press.
- Widarti A, Giyanto, Mutaqin KH. 2020. Insidensi penyakit busuk bulir padi, identifikasi, dan keragaman bakteri *Burkholderia glumae* pada beberapa varietas padi di Jawa Barat. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 16(1):9-20. DOI: 10.14692/jfi.16.1.9-20.

Wu L, Ma L, Li X, Huang Z, Gao X. 2019. Contribution of the cold shock protein CspA to virulence in *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Molecular Plant Pathology*. 20(3):382-391.

GLOSARIUM

1. OPT: Organisme Pengganggu Tanaman atau makhluk hidup yang menyebabkan kerugian secara kualitas dan kuantitas bagi tanaman dan secara ekonomi bagi petani.
2. Fisiologi tanaman: cabang botani yang mempelajari sistem kehidupan di dalam tubuh tumbuhan dan responnya terhadap pengaruh lingkungan sekitar.
3. Epidemiologi tanaman: studi tentang sifat, penyebab, pengendalian, dan faktor penentu frekuensi dan distribusi penyakit, kerusakan, dan kematian pada populasi tanaman.
4. Endoskeleton serangga: rangka dalam yang memberikan dukungan dan perlindungan pada organ-organ tubuh serangga.
5. Eksoskeleton serangga: rangka luar yang memberikan perlindungan pada tubuh serangga dari luar.
6. Toraks: bagian daerah antara abdomen di bagian bawah dan pangkal leher di bagian atas atau dada serangga.
7. Abdomen: bagian tubuh berupa rongga perut yang berisi alat pencernaan atau perut serangga.
8. Ovipositor: tabung-seperti organ yang digunakan oleh beberapa hewan, terutama serangga, untuk peletakan telur pada betina.
9. Larva: fase serangga dengan metamorphosis sempurna yang berbentuk seperti ulat dengan fase makan yang aktif dan intensif untuk menunjang perkembangannya.
10. Imago: fase dewasa yang terjadi pada serangga dengan metamorfosis sempurna dan tidak sempurna.
11. Metamorphosis: proses perkembangan biologi pada serangga yang melibatkan perubahan penampilan dan/atau struktur setelah kelahiran atau penetasan.

12. Holometabola: proses perkembangan biologi pada serangga secara sempurna dengan tahapan telur, ulat (larva), kepompong (pupa), dan kupu-kupu (dewasa).
13. Paurometabola: proses perkembangan biologi pada serangga secara tidak sempurna dengan tahapan telur, nimfa, dan dewasa.
14. Labrum: bibir atas mulut serangga.
15. Mandible: tidak seperti gigi, melainkan memanjang menjadi stilet, yang membentuk dua bagian luar tabung makanan, atau paruh.
16. Labium: bibir bawah mulut serangga.
17. Haustelata: tipe mulut serangga menusuk-menghisap.
18. Proboscis: struktur mulut serangga yang menyerupai belalai.
19. Helder: organ mekanosensori penting untuk terbang.
20. Pathogen tanaman: mikroorganisme tertentu yang dapat menginfeksi tanaman dan menyebabkan penyakit.
21. Inang: tanaman yang menjadi tempat makan dan berkembang biak pathogen tanaman.
22. Infeksi: gangguan pathogen yang menyebab tanaman budidaya menjadi sakit.
23. Infeksius: kemampuan pathogen tanaman dalam menyebabkan gangguan atau penyakit pada tanaman.
24. Gejala: indikasi atau perubahan yang dapat dilihat dari tanaman.
25. Tanda: bagian dari tubuh pathogen yang menyerang tanaman.
26. Cendawan: mikroorganisme eukariotik yang dapat meyebabkan penyakit pada tumbuhan.
27. Bakteri: mikroorganisme prokariotik yang dapat meyebabkan penyakit pada tumbuhan.
28. Nematode: mikroorganisme yang berbentuk cacing, bentuk tubuh bilateral simetris, dan spesiesnya bersifat parasit pada tumbuhan
29. Virus: parasit intraseluler obligat tanaman yang hidup dan bereplikasi pada inang.

30. Vektor: serangga pembawa virus yang dapat menularkan virus dan menyebabkan penyakit pada tanaman.
31. Epidemik penyakit: kejadian penyakit pada populasi tanaman pada waktu tertentu.
32. Tular penyakit: proses perpindahan penyakit dari satu tanaman ke tanaman yang lain.
33. Parasit tanaman: organisme yang hidup pada atau di dalam organisme jenis lain (inang) yang menjadi sumber sebagian atau seluruh makanannya.
34. Vermiform: bentuk seperti cacing.
35. Absorpsi: suatu kondisi di mana sesuatu memasuki zat lain.
36. Hifa: struktur cendawan berbentuk tabung menyerupai seuntai benang panjang yang terbentuk dari pertumbuhan spora atau konidium.
37. Septa: dinding silang atau sekat pada cendawan yang berfungsi sebagai alat penguat dinding sel, tetapi dapat juga berfungsi untuk mempertahankan tekanan turgor atau sebagai mekanisme perlindungan jika sel rusak.
38. Parasite obligat: organisme yang hanya dapat mengambil nutrisi dari sel tanaman hidup dan berubah ke keadaan dorman atau mati setelah tanaman mati.
39. Parasite fakultatif: parasit yang biasanya membunuh sel inang dan kemudian hidup pada sisa-sisa yang mati.
40. Parasite saprofit: organisme yang hidup dan makan serta mendapatkan nutrisi dari bahan organik yang sudah mati atau membusuk.
41. Ooze bakteri: tanda dari bakteri dengan teksturnya seperti lendir.
42. Spora: unit reproduksi utama bagi cendawan dan biasanya berupa sel tunggal.
43. Konidia: struktur reproduksi aseksual pada cendawan.
44. Sporangiospora: spora aseksual yang dihasilkan di dalam sporangium.

45. Enzim: biomolekul yang berfungsi sebagai katalis (senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi) dalam suatu reaksi kimia.
46. Toksin: berbagai macam zat yang diproduksi secara biologis di dalam sel atau organisme hidup yang berbahaya bagi organisme lain sekaligus menguntungkan kelangsungan hidupnya sendiri.
47. Zat pengatur tumbuh: senyawa organik alami atau sintetis yang mempromosikan, menghambat atau memodifikasi pertumbuhan secara kualitatif dan perkembangan tanaman.
48. Stomata: bagian tumbuhan sebagai salah satu jalur yang digunakan tumbuhan untuk berinteraksi dengan lingkungannya.
49. Hidatoda: struktur yang mengandung pori-pori air yang terletak di tepi daun yang terhubung ke ruang intraseluler dan sistem pembuluh xilem.
50. Lentisel: lubang-lubang pada tumbuhan yang terletak di bagian batang.

BIOGRAFI PENULIS

Lesta menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar (SD) sampai Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Bangka Barat, Strata 1 (S1) di program studi Agroteknologi Universitas Bangka Belitung, Balunijuk Kabupaten Bangka Kepulauan Bangka Belitung sampai Strata Dua (S2) di Institut Pertanian Bogor di program studi Fitopatologi. Sekarang menetap dan bekerja sebagai dosen mata kuliah Hama dan Penyakit Tanaman rumpun Pertanian program studi Pertanian Presisi pada tahun 2024 di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (Polman Babel), Sungailiat, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

