

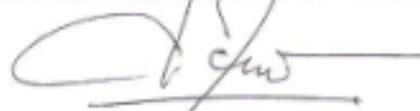
KATA SAMBUTAN

Di Perguruan Tinggi, setiap tenaga pengajar berkewajiban melaksanakan tiga bidang dharma yang dikenal dengan istilah tri dhama perguruan tinggi. Tri dharma tersebut adalah Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Menulis buku dalam bidang ilmu yang ditekuni merupakan kegiatan ilmiah yang merangkum ketiga tri dharma perguruan tinggi tersebut. Mengapa? Karena buku seperti itu sangat bermanfaat dalam bidang Pendidikan dan Pengajaran, serta menjadi tempat menuliskan hasil-hasil penelitian yang bersangkutan. Buku tersebut juga menjadi tempat untuk menyabar-luaskan ilmu pengetahuan kepada masyarakat luas.

Sebagai ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Unsri saya menyambut baik penerbitan buku “Virus Penyebab Penyakit Tanaman” oleh Dr. Nurhayati, M.Si. Setelah saya baca buku ini ditulis dengan baik sebagai buku referensi tentang Virologi. Saya berkeyakinan bahwa upaya mulia yang dilakukan Dr. Nurhayati ini dapat diikuti oleh teman-teman lain dalam rangka meningkatkan mutu pengabdian setiap tenaga pengajar di jurusan HPT FP Unsri maupun di Universitas Sriwijaya pada umumnya.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan penghargaan dan rasa bangga kami terhadap penerbitan buku ini. Semoga buku ini dapat diterima dan digunakan oleh semua kalangan- mulai dari mahasiswa, peneliti, petani dan masyarakat yang tertarik dengan bidang ilmu penyakit tanaman. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa memberkahi semua usaha kita dalam rangka ikut serta mencerdaskan kehidupan berbangsa. Amin.

Indralaya, OI, Sumatera Selatan,
Ketua Jurusan HPT FP Unsri,



Dr. Ir. H. Chandra Irsan, M.Si.

KATA PENGANTAR

Buku ini ditulis sebagai upaya penulis untuk memperbanyak khazanah buku teks untuk mahasiswa dan praktisi yang terlibat langsung atau tidak langsung dengan virus penyebab penyakit tanaman. Syukur penulis sampaikan kepada Allah Yang Maha Kuasa berkat hidayah dan petunjukNya penulisan buku ini dapat diselesaikan dengan baik.

Buku ini mencoba untuk menguraikan secara lengkap tentang virus penyebab penyakit tanaman dalam perspektif yang menyeluruh. Dimulai dari sejarah, struktur dan karakteristik umum virus, infeksi dan translokasi virus, gejala serangannya, cara penularan virus di alam, beberapa penyakit yang disebabkan virus tanaman serta cara pengendalian penyakit virus.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan dan penerbitan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat dan menjadi rujukan bagi pihak-pihak yang menggeluti bidang ini atau para manajer lapangan yang bergelut dengan permasalahan virus tanaman.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
1.PENDAHULUAN.....	1
2. STUKTUR DAN KARAKTERISTIK UMUM VIRUS.....	5
3. INFEKSI, SINTESIS DAN TRANSLOKASI VIRUS	9
4. GEJALA SERANGAN VIRUS TANAMAN.....	13
4.1. Gejala Dalam	14
4.2. Gejala Luar.....	15
4.2.1. Penyimpangan warna	15
4.2.2. Malformasi	17
4.3. Gejala yang terselubung	18
4.4. Toleran	18
4.5. Infeksi campuran	18
5. MENGENAL PENULARAN VIRUS TANAMAN DI ALAM.....	21
5.1. Penularan virus melalui serangga.....	22
5.2. Penularan virus oleh tungau (mite)	27
5.3. Penularan virus melalui nematoda	28
5.4. Penularan virus melalui jamur.....	28
5.5. Penularan virus melalui biji.....	29
5.6. Penularan virus melalui serbuk sari.....	29
5.7. Penularan virus melalui kontak	30
6. PENYAKIT-PENYAKIT YANG DISEBABKAN VIRUS TANAMAN	31
7. IDENTIFIKASI VIRUS.....	63
8. PENGENDALIAN PENYAKIT VIRUS.....	71
8.1. Pengendalian vektor.....	71
8.2. Eliminasi penghilangan sumber inokulum.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	79
DAFTAR INDEXS.....	87

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 8.1. Tipe-tipe reaksi tanaman terhadap infeksi virus.....	76

DAFTAR GAMBAR

Virus penyebab penyakit tanaman

Nurhayati 2012 .

	Halaman
Gambar 3.1. Skema replikasi RNA virus tanaman	10
Gambar 4.1. Beberapa contoh gejala serangan virus pada daun a: mottle, b: Vein banding, c: Vein clearing dan d: roset.....	16
Gambar 4.2. Gejala perubahan warna akibat serangan virus pada bunga.....	16
Gambar 4.3. Serangan virus pada buah. A. Peach yang terinfeksi CMV ; B. tomat yang terserang Tomato spotted wild virus.....	17
Gambar 4.4. Gejala umum serangan virus pada tanaman	19
Gambar 5.1. Penularan virus melalui kutu daun,wereng,thrip, kumbang, belalang, kontak langsung, tangan, biji dan serbuk sari.....	21
Gambar 6.1. Gejala serangan Tomato mosaic virus pada daun tomat.....	32
Gambar 6.2. Gejala penyakit keriting pada cabai.....	34
Gambar 6.3. <i>Bemisia tabaci</i>	35
Gambar 6.4. <i>Aphis craccivora</i> Koch.....	37
Gambar 6.5. Gejala serangan daun menggulung pada kentang.....	38
Gambar 6.6. Vektor virus daun menggulung.....	38
Gambar 6.7. Gejala serangan virus kerdil.....	33
Gambar 6.8. Gejala serangan bunchy top pada daun dan tepi daun pisang.....	40
Gambar 6.9. <i>Pentalonia nigronervosa</i> vektor virus banana bunchy Topvirus	41
Gambar 6.10. Gejala serangan tungro di lapangan.....	43
Gambar 6.11. <i>Nephotettix virecens</i>	44
Gambar 6.12. <i>Nephotettix malayanus</i>	44
Gambar 6.13. Gejala serangan virus kerdil hampa padi.....	46
Gambar 6.14. <i>Nilaparvata lugens</i> (Stal.)	47
Gambar 6.15. Gejala kerdil rumput pada padi	48
Gambar 6.16. <i>Nilaparvata lugens</i> (Stal.).....	49
Gambar 6.17. Gejala PVY pada tanaman kentang.....	50
Gambar 6.18. <i>Aphis spiraecola</i>	51
Gambar 6.19. Gejala <i>Potato Virus X</i> (PVX).....	52
Gambar 6.20. Gejala <i>Peanut stripe virus</i> (PStV) pada tanaman kacang Tanah.....	54
Gambar 6.21. <i>Aphis glycine</i> vektor PStV.....	55
Gambar 6.22. Gejala mosaik pada daun tebu	57
Gambar 6.23. <i>Rhopalosiphum maydis</i>	58
Gambar 6.24. Gejala mosaic (TMV) pada tembakau.....	59
Gambar 6.25. Gejala CMV pada daun tembakau.....	61

PENDAHULUAN

Virus berasal dari bahasa latin yang artinya racun. Virus didefinisikan sebagai organisme yang submikroskopik, dapat diintroduksi ke dalam sel hidup yang spesifik serta berkembang biak hanya di dalam sel hidup saja. Ditambahkan oleh Bawden bahwa virus merupakan wujud submikroskopik yang infeksiif dan dapat berkembang biak hanya dalam sel hidup serta dapat menimbulkan penyakit. Menurut Gibbs dan Horizon virus adalah suatu parasit dengan berat genom asam nukleat kurang dari 3×10^8 daltons, yang dapat ditularkan ke tanaman sehat, serta membutuhkan ribosom dan komponen-komponen sel inangnya untuk berkembang biak.

Virus tidak dapat dilihat dengan mata telanjang ataupun mikroskop biasa tetapi harus menggunakan mikroskop cahaya atau elektron. Virus tanaman merupakan jasad yang bersifat dependent yaitu hanya dapat menginfeksi tanaman dengan bantuan faktor lain misalnya luka atau serangga vektor. Jumlah virus yang telah dijumpai telah mencapai ribuan, dimana 25 persen dari jumlah total yang dijumpai tersebut merupakan patogen tanaman. Virus dapat menyerang tanaman baik secara sendiri-sendiri atau sebagai virus kompleks.

Dalam budidaya tanaman, virus merupakan salah satu penyebab penyakit tanaman yang dapat menimbulkan kerugian yang cukup berarti baik secara kualitas maupun kuantitas produksi. Serangan virus pada tanaman sebetulnya telah diketahui jauh sebelum orang mengenal penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri, namun belum diketahui secara jelas penyebabnya.

Ciri khas yang dimiliki oleh virus dibandingkan dengan patogen tanaman lainnya seperti bakteri, jamur ataupun nematoda adalah virus dapat bertingkah laku seperti molekul kimia. Disamping itu virus tidak menghasilkan struktur reproduksi seperti spora dan lainnya. Virus memperbanyak diri dengan memanfaatkan sel-sel inangnya untuk replikasi. Virus tanaman umumnya menyebabkan penyakit pada inangnya dengan jalan menggunakan substansi sel inang, mengganggu komponen dan proses sel, memenuhi ruangan dalam sel, mengganggu proses metabolisme, sehingga mengganggu perkembangan serta fungsi sel lainnya.

Pengetahuan mengenai virus sebagai patogen tanaman telah diketahui sejak lama, namun perkembangan pengetahuan mengenai patogen ini tidaklah sepesat pengetahuan mengenai patogen tanaman lainnya. Tahun 1576 dilaporkan bahwa penyakit pada bunga tulip disebabkan oleh virus, dimana virus tersebut menyebabkan bunga-bunga tulip tersebut mosaik dimana bunganya yang semula polos menjadi pecah-pecah akibat serangan virus tersebut. Selanjutnya tahun 1765 ditemukan juga penyebab penyakit keriting pada tanaman kentang yang kemudian dikenal dengan potato leaf- roll virus.

Pada tahun 1882 dan 1892, Meyer dan Iwanoski melaporkan bahwa penyakit mosaik pada tembakau juga disebabkan oleh virus yang dapat ditularkan ke tanaman sehat melalui perasan dari tanaman sakit. Selanjutnya juga diketahui bahwa patogen tersebut juga dapat ditularkan oleh serangga ke tanaman sehat. Holmes adalah orang yang pertama kali melaporkan bahwa tanaman tembakau (*Nicotiana glutinosa*) yang di inokulasikan dengan cairan perasan virus mosaik tembakau akan menimbulkan gejala lesio local. Sementara Stanley adalah orang yang melaporkan bahwa virus dapat dikristalkan. Pada tahun 1937, dilaporkan oleh Bawden dan Pirie bahwa partikel virus terdiri dari asam nukleat dan protein.

Umumnya virus penyebab penyakit pada tanaman berbeda dengan patogen lainnya dalam beberapa hal. Hal ini karena virus penyebab penyakit tanaman hanya dapat berkembang biak dalam sel inangnya saja. Disamping itu virus-virus tersebut dapat dikristalkan dalam waktu yang cukup lama tanpa kehilangan daya infektifitasnya. Sifat khusus virus yang tidak dimiliki oleh semua penyebab penyakit lainnya selain ke dua hal diatas adalah: 1). Hanya memiliki satu tipe asam nukleat saja yaitu asam deoksiribonukleat (DNA) atau asam ribonukleat (RNA) saja, 2). Berkembang biak hanya dari asam nukleat saja, 3) tidak dapat tumbuh atau mengadakan pembelahan, 4) tidak mempunyai informasi genetik untuk sintesis system Lipman yaitu system yang

Menggunakan enzim untuk menghasilkan energi dengan potensial tinggi serta 5) virus merupakan parasitisme yaitu menggunakan ribosom sel inang., dimana hal-hal demikian tidak dijumpai pada penyebab penyakit lainnya seperti jamur, bakteri dan lainnya

Buku ini mencoba memaparkan hal-hal yang berhubungan dengan virus tanaman serta penyakit yang ditimbulkannya dan beberapa hal yang dapat dilakukan di laboratorium yang berhubungan dengan penyakit virus.

STUKTUR DAN KARAKTERISTIK UMUM VIRUS

Virus adalah agensia yang sangat kecil dan hanya dapat dilihat melalui mikroskop elektron serta hanya berkembang biak di sel hidup. Mereka berpotensi menyebabkan penyakit pada tanaman serta menyebabkan penurunan produksi baik secara kualitas maupun kuantitas. Partikel virus umumnya diukur dalam nanometer (nm) atau milimikron. Virus terdiri dari asam nukleat yang biasanya diselubungi oleh mantel pelindung protein atau lipoprotein. Virus dapat bereplikasi sendiri hanya di dalam sel inang hidup yang cocok. Asam inti adalah komponen menular dan membawa informasi genetik yang diperlukan untuk replikasi virus. Asam nukleat virus tanaman yang paling utama adalah asam ribonukleat (RNA), hanya beberapa virus yang mempunyai asam nukleat dalam bentuk asam deoksiribonukleat (DNA) seperti: Cauliflower Mosaic Virus, Maize Streak Virus, Etched Ring Virus dan Dahlia Mosaic Virus.

Asam nukleat tersebut umumnya berada dalam untaian tunggal atau ganda yang terbungkus oleh selubung protein yang biasanya terdiri dari satu atau dua macam protein. Selubung protein tersebut terdiri dari banyak sub unit kecil yang tersusun teratur. Beberapa mutan virus tidak mempunyai selubung protein. Beberapa virus secara alami hanya terdiri dari RNA saja tanpa selubung protein, virus demikian disebut VIRION. Perbandingan asam nukleat dan protein pada

setiap virus berbeda-beda. Pada virus yang panjang asam nukleatnya lebih rendah daripada proteinnya, sebaliknya virus yang berbentuk bulat kandungan asam nukleatnya lebih tinggi daripada protein.

Fungsi dari protein virus adalah untuk melindungi asam nukleat virus dari penghancuran oleh enzim tanaman inang (ribonuklease), kerusakan karena panas, cahaya ultra violet dan berbagai zat kimia. Protein tidak mempunyai daya infeksi. Hal ini telah dibuktikan bahwa inokulasi dengan protein tidak menimbulkan sintesis dan perkembangan biakan virus serta gejala pada tanaman inang. Inokulasi dengan RNA murni dapat menimbulkan infeksi dan sintesis virus baru dan juga pembentukan protein baru. Jadi infektivitas virus bergantung pada sifat asam nukleatnya, ini berarti asam nukleat (RNA), pembawa genetik karakteristik virus. Ekspresi setiap sifat keturunan yang karakteristik tergantung pada urutan nukleotida dalam suatu area tertentu dari RNA virus, yang menentukan urutan asam amino dalam protein tertentu, juga struktur atau enzim atau sebagai pemberi kode.

Virus tanaman memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda. Mereka mungkin isometrik (bola/bulat), memanjang (helical) atau bentuk lainnya seperti: bentuk basilus, peluru atau berkecambah atau berekor. Di antara virus memanjang yang dapat dibedakan antara batang kaku dan partikel fleksibel berserabut. Partikel isometrik ukuran diameternya bervariasi antara 17-85 nm. Umumnya virus yang berbentuk bulat adalah polihedral. Contohnya antara lain adalah virus satelit dan wound tumor virus.

Virus yang memanjang (helical) ada yang pendek seperti bentuk basilus dengan ukuran panjang antara 36-150 nm dan lebar 18-30 nm. Contohnya Alfalfa Mosaic Virus, Tobacco Mosaic Virus, Potato Yellow Dwarf Virus, Gomprena virus. Partikel yang berbentuk seperti peluru berukuran panjang antara 95-380 nm dan lebar 45-95 nm. Sedangkan virus berbentuk tangkai batang rata-rata berkisar antara 470-200 nm panjang dan lebar 10-13 nm. Kebanyakan virus yang memanjang ini tipis seperti benang seperti Potato Virus X dan Beet Yellow Virus. Ukuran panjang dari virus tersebut sebenarnya sangat bervariasi bergantung virusnya.

Umumnya permukaan partikel virus tidak rata dan terdiri dari tonjolan-tonjolan yang merupakan sub-unit protein dengan jumlah tertentu. Virus berbentuk memanjang sub-unit proteinnya tersusun atas spiral, sedangkan virus yang berbentuk bulat mengisih sisi partikel polihedral. Seperti pada Tobacco Mosaic virus pada irisan melintangnya terlihat menyerupai tabung berlubang yang terbungkus oleh sub unit protein dan asam nukleat yang juga tersusun seperti spiral diantara bagian ujung dalam dari dua spiral sub-unit protein yang tersusun.

Virus diklasifikasikan ke dalam 35 kelompok berdasarkan jenis asam nukleat, ukuran dan bentuk partikel. Virus tanaman tidak dapat menembus kutikula inangnya, infeksi terjadi melalui luka. Di alam proses ini biasanya dibantu organisme yang menularkan virus dari tanaman sakit ke tanaman sehat yang sehat. Organisme pembawa virus ini disebut vektor. Vektor virus tersebut dapat berupa serangga, nematoda atau jamur. Beberapa virus tidak memiliki vektor dan mereka masuk inangnya melalui kerusakan mekanik yang terjadi secara alami sebagai akibat abrasi dari jaringan akar ketika tumbuh dalam tanah

atau melalui kerusakan daun akibat angin. Disamping itu virus tanaman juga dapat masuk melalui rambut-rambut daun yang rusak, ataupun kerusakan tanaman akibat alat pertanian ataupun tangan manusia. Beberapa virus dapat ditularkan melalui biji dan serbuk sari dan bagian vegetatif tanaman, seperti stek, umbi, dan umbi lapis serta tali putri.

Selain virus, ada beberapa jenis patogen tanaman yang mirip seperti virus. Patogen mirip virus tersebut adalah: virus satelit, viroid, virusoid dan RNA satelit. Virus satelit adalah virus yang berasosiasi dengan virus tertentu tetapi bergantung dengan virus terakhir untuk memperbanyak diri dan menginfeksi tanaman dan menyebabkan penyakit.

Virus satelit bertindak seperti parasit pada virus yang berasosiasi dengannya. Eksistensi virus satelit membutuhkan pertolongan virus lainnya. Contoh *Tobacco Mottle Virus* bergantung pada keberadaan Vein-distorting Virus untuk dapat ditularkan oleh kutu daun ke tanaman sehat. Ketergantungan tersebut berhubungan dengan fungsi replikasi, dimana virus tidak dapat berkembang biak tanpa pertolongan virus lain. Keadaan ini disebut dengan "satellitism". Virus yang memberikan pertolongan pada virus satelit ini biasanya disebut sebagai activator.

Contoh lain dari peristiwa satellitism adalah antara Satelit Virus (SV) dengan *Tobacco Necrosis Virus* (TNV). Kedua virus tersebut seringkali di jumpai bersama dalam akar tanaman. Satelit virus tidak dapat berkembang biak tanpa kehadiran TNV sebagai activatornya.

Viroid adalah partikel yang mirip virus tetapi hanya terdiri dari asam ribo nukleat (RNA) tanpa protein yang membungkusnya. RNA-RNA tersebut berukuran kecil, berantai tunggal, sirkuler dan mampu menyebabkan penyakit pada tanaman. Contoh penyakit yang disebabkan oleh viroid antara lain: penyakit cadang-cadang pada kelapa, yang disebabkan oleh *Coconut Cadang-cadang Viroid*, *Cucumber Pale fruit Viroid*, *Potato Spindle Tuber Viroid* dan *Tomato Bunchy-top Viroid*.

Virusoid adalah RNA seperti viroid, kecil, rantai tunggal, sirkuler yang terdapat didalam beberapa virus RNA. Virusoid merupakan bagian bahan genetic virus sehingga baik virus maupun virusoid dapat bereplikasi dan menginfeksi tanaman tanpa ada pasangannya.

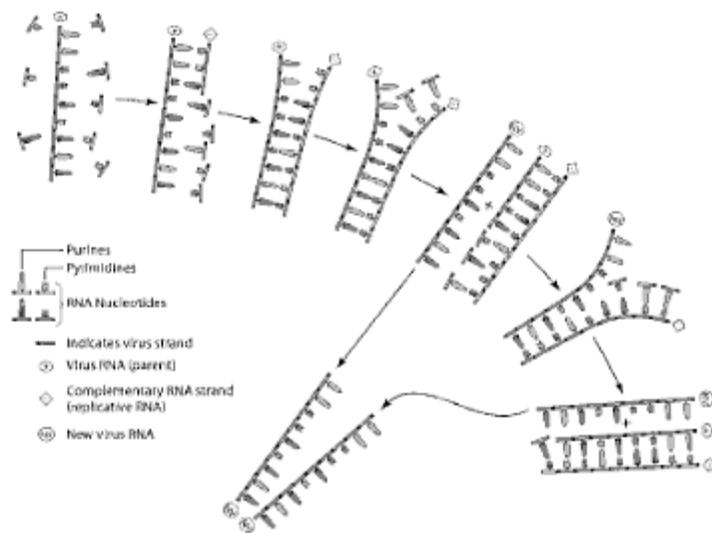
RNA satelit adalah RNA-RNA kecil, lurus terdapat dalam virion dari suatu virus multi komponen tertentu. RNA satelit mungkin berhubungan dengan RNA-RNA virusnya atau dengan RNA inangnya. RNA satelit biasanya

melemahkan pengaruh infeksi virus dan mungkin juga mewakili respon perlindungan inang terhadap infeksi virus.

INFEKSI, SINTESIS DAN TRANSLOKASI VIRUS

Virus tanaman tidak dapat menginfeksi tanaman sendiri atau bersifat dependent, artinya harus dibantu oleh faktor lain seperti luka ataupun serangga vektor. Infeksi virus sangat tergantung pada kemampuan sintesisnya, karena tanpa perkembangbiakan virus dalam inang maka tidak akan terjadi infeksi. Terjadinya kontak antara virus dan sitoplasma inang yang rentan akan memberi peluang bagi virus untuk terus menginfeksi.

Infeksi akan dimulai dengan pelepasan selubung protein oleh virus sehingga RNA akan terbebas. Pelepasan selubung protein dapat terjadi langsung setelah inokulasi sampai satu jam setelah inokulasi. Selubung protein ini selanjutnya akan digunakan untuk proses sintesis sel. Sementara RNA yang telah bebas akan merangsang pembentukan enzim RNA-polimerase (RNA-sintesis atau RNA replikasi) di dalam sel inang. Enzim ini dengan adanya RNA virus yang bertindak sebagai cetakan, dan nukleotida tanaman pembentuk RNA akan membentuk RNA baru. RNA yang terbentuk pertama kali adalah suatu untaian pelengkap yang merupakan bayangan kaca virus bukan RNA yang sesungguhnya. Jika untaian pelengkap (-) ini terbentuk maka untuk sementara waktu akan menempel pada untaian virus. Keduanya membentuk RNA dengan untaian ganda yang dengan cepat akan terpisah membentuk untaian RNA virus dan untaian pelengkap. Untaian pelengkap inilah yang akan bertindak sebagai cetakan untuk sintesis RNA virus (+) atau virus baru (Gambar 1.)



Gambar 3.1. Skema replikasi RNA virus tanaman (sumber Agrios, 2005)

Apabila RNA virus terbentuk, maka sel inang akan membentuk banyak molekul protein yang akan menjadi sub-unit protein pembentuk selubung protein. Sintesis protein dalam sel sehat tergantung pada adanya asam amino dan kerja sama antara ribosome, RNA pembawa pesan dan RNA pemindah (transfer RNA). Masing-masing RNA pemindah bersifat khusus untuk satu macam asam amino, membawanya ke dan sepanjang ARN pembawa pesan. RNA pembawa pesan ini terbentuk di dalam nukleus dan mencerminkan bagian dari kode ADN, menentukan macam protein yang akan dibentuk sesuai dengan kode urutan asam amino. Ribosom berfungsi sebagai sumber energi untuk penggabungan asam amino yang diatur untuk membentuk protein. Dalam sintesis protein virus menggunakan asam amino, ribosom dan RNA inangnya dan protein yang terbentuk khusus digunakan sebagai selubung virus tersebut.

Proses replikasi dapat sedikit berbeda dari setiap virus. Untuk virus dengan (-) untai RNA (seperti Rhabdovirus), mRNA khusus pertama ditranskripsi. Dalam kasus virus RNA untai ganda seperti Reovirus. Setiap 10 sampai 12 segmen bisa menghasilkan mRNA sendiri, DNA polimerase virus seperti Claumimovirus menggunakan polimerase inang untuk replikasinya. Semua virus harus mempunyai kode untuk replikasi khusus mereka. Viral (+) RNA dan RNA untai komplementer terbentuk setelah transkripsi genom virus dari beberapa virus tanaman (reovirus dan Rhabdovirus), bertindak sebagai mRNA. Ini mengarah pada sintesis protein kapsid dan lain-virus tertentu dengan terjemahan dari mRNA ini.

Setelah tanaman terinfeksi, virus bergerak dari satu sel ke sel yang lain dan sementara dalam pergerakan tersebut melakukan multiplikasi dalam sel-sel. Virus bergerak dari sel ke sel melalui plasmodesmata penghubung sel-sel yang berdekatan. Mereka berkembang biak dalam sel parenkim dan mereka menginfeksi. Pada sel parenkim daun, virus bergerak sekitar 1 mm atau 8-10 sel per hari. Dalam semua infeksi virus memiliki nilai ekonomis penting, virus mencapai floem dan melalui jaringan floem tersebut virus dapat dengan cepat diangkut jarak jauh ke seluruh bagian tanaman. Sekali virus telah memasuki floem, bergerak cepat dalam ke arah daerah tumbuh (meristem apeks) atau bagian penyimpanan makanan lainnya seperti umbi-umbian dan rimpang. Dalam floem virus menyebar ke seluruh bagian tanaman secara sistemik dan masuk kembali ke sel parenkim yang berdekatan dengan plasmodesmata melalui floem. Dalam perkembangan lesio lokal, virus tetap terkurung dalam area lesio. Pada beberapa penyakit, bagian-bagian seperti ini membesar kemudian bahkan dapat diikuti oleh perkembangan sistemik. Dalam infeksi sistemik, beberapa virus yang terbatas pada floem dan sel-sel parenkim yang berdekatan. Umumnya pada virus mosaic tidak terbatas pada jaringan tertentu, walaupun mungkin ada yang mempunyai pola lokalisasi yang berbeda. Distribusi sistemik beberapa jenis virus melalui dan mungkin melibatkan semua sel hidup tumbuhan. Akan tetapi beberapa jenis virus nampaknya meninggalkan bagian-bagian jaringan yang bebas virus. Beberapa virus segera menyerang jaringan meristem ujung yang baru terbentuk, sedangkan pada kasus lainnya titik tumbuh batang atau akar yang terinfeksi tetap bebas virus

GEJALA SERANGAN VIRUS TANAMAN

Gejala merupakan efek yang ditimbulkan karena adanya serangan penyebab penyakit tanaman terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman inangnya. Hal ini diakibatkan karena serangan patogen dapat mengganggu proses fisiologi tanaman sehingga terjadi perubahan atau penyimpangan fungsi organ tanaman tersebut

Gejala khas serangan virus menjadi sangat penting karena virus yang biasanya tidak terlihat dan hanya dapat diketahui melalui efek serangannya pada tanaman inang. Namun demikian diagnosis di lapangan berdasarkan gejala saja hanya berfungsi sebagai panduan. Gejala hanya dapat memberikan diagnosis sebagian saja karena: 1). gejala serupa mungkin dapat ditunjukkan oleh beberapa virus yang berbeda, 2). gejala mungkin sangat bervariasi, karena virus yang sama dapat menghasilkan berbagai gejala tergantung lingkungan dan genotipe inangnya, 3). tidak adanya gejala tidak berarti bahwa tidak ada virus hadir. Hal ini hanya mungkin berarti bahwa hanya terjadi infeksi laten atau terselubung, dan 4). infeksi campur dari beberapa virus mungkin memiliki efek aditif pada tanaman inang, yang mengakibatkan gejala yang lebih parah. Gejala serangan virus tanaman dapat dibedakan atas 2 yaitu gejala dalam dan gejala luar.

4.1. Gejala Dalam

Perubahan-perubahan yang dapat terjadi dalam jaringan tanaman yang terinfeksi virus seperti distorsi ataupun nekrosis pada jaringan floem, degenerasi jaringan floem sampai adanya inklusi intraselular atau inklusi body. Perubahan-perubahan ini mungkin sejalan dengan timbulnya gejala luar yang merupakan akibat dari perubahan-perubahan fungsi fisiologis di dalam tubuh tanaman inang. Munculnya gejala-gejala luar seperti tumor ataupun yang lainnya adalah sebagai akibat terjadinya gangguan dari diferensiasi sel dalam jaringan tanaman. Pada tanaman yang terserang virus selain adanya gangguan pada fisiologi tanaman juga seringkali didapat benda asing yang disebut dengan inklusi body. Benda ini dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron

Serangan *Sugar Beet Curly Top Virus* dapat mengakibatkan degenerasi floem yang disertai pembentukan tabung tapis yang sangat banyak. *Potato Leaf Roll Virus* dapat mengakibatkan distorsi pada jaringan floem. Dilaporkan juga bahwa serangan *Beet Curly Top Virus* dan *Potato Leaf Roll Virus* dapat mengakibatkan akumulasi butiran pati yang berlebihan pada inangnya, demikian juga pada kotiledon tanaman mentimun yang terserang *Tobacco Mosaic Virus*. Serangan virus juga dapat mengakibatkan agregasi mitokondria pada sel-sel jaringan tanaman *Datura* yang terinfeksi virus. Hal ini membuktikan bahwa adanya keterlibatan dan pemanfaatan mitokondria dalam proses replikasi virus. Pada kasus lain juga dilaporkan bahwa serangan virus dapat menimbulkan gejala dalam pada tanaman inang berupa adanya gelembung-gelembung yang perimitokondria.

Perubahan histologis yang terjadi akibat serangan virus umumnya menyebabkan penambahan jumlah sel atau/dan gejala nekrosis. Seperti serangan *Stem Grooving Virus* menyebabkan mengakibatkan gejala lekukan-lekukan pada permukaan batang karena adanya pergantian sel-sel xylem dan floem dengan sel-sel parenkhima. Contoh lainnya adalah pembelahan sel-sel kambium yang berlebihan mengakibatkan peningkatan jumlah sel-sel xylem seperti yang terjadi pada kasus tanaman kakao yang terserang *Cacao Swollen Shoot Virus*.

Inklusi intraselular pertama kali ditemukan pada tanaman tembakau yang terserang oleh *Tobacco Mosaic Virus*. Inklusi ini dibedakan atas dua tipe yaitu berbentuk kristal dan amorfus. Inklusi yang berbentuk kristal umumnya dijumpai pada serangan virus yang berbentuk tongkat. Contoh pada kloroplas tanaman *Beta vulgaris* yang terserang virus penyakit kuning dijumpai inklusi berbentuk kristal.

Inklusi amorfus bentuknya menyerupai amuboid dan seringkali disebut dengan x bodies. Berdasarkan bentuk x bodies dapat dibagi atas dua yaitu x bodies yang berbentuk oval dan terdiri dari granula yang padat, besarnya bervariasi serta tidak beramplop. Bentuk lainnya adalah x bodies yang berbentuk bundar yang diselimuti oleh suatu zona perifer yang tipis serta mempunyai vakuola yang besar di dalamnya. Beberapa x bodies mengandung partikel virus seperti *Broad-bean Mottle Virus* dan *Cabbage Black Ring-spot virus*, sementara beberapa x bodies lainnya tidak mengandung partikel virus.

4.2. Gejala Luar

Umumnya gejala luar akibat serangan virus pada tanaman dapat terlihat melalui perubahan warna. Pengerdilan, Rosetting (pemendekan dari ruas yang menghasilkan penampilan berkumpul), gejala sapu (adanya pertumbuhan tunas yang berlebihan dan bercabang, pengerdilan dan pemendekan ruas), penurunan (hilangnya vigor dari seluruh tanaman atau sebagian dari tanaman) dan nekrosis serta kematian tanaman.

4.2.1. Penyimpangan Warna

Pada Daun. Perubahan warna pada daun sering terjadi pada tanaman yang terserang virus. Perubahan warna pada daun dapat berupa: klorosis (hilangnya warna hijau), kehilangan hampir semua warna sehingga tampak putih (bleaching), menguning (klorosis dan dominasi pigmen kuning), memerah (pembentukan antosianin abnormal) coklat dan menghitam (akibat produksi zat melanin seperti hitam), bronzing (nekrosis dan hancurnya sel epidermis yang melingkupi mesofil yang masih hijau dan tampak sehat).

Perubahan warna yang terdistribusi secara tidak beraturan antara lain: mosaik (hijau pucat, kuning atau area khlorosis dibatasi oleh urat-urat kecil yang seringkali tampak angular), mottle (berbagai perubahan warna berbentuk bulat), lesio lokal, bervariasi mulai dari daerah khlorosis ukuran kecil hingga ukuran besar tidak teratur, ringspots (tunggal atau bentuk cincin yang konsentris dari jaringan khlorosis atau nekrotik yang dipisahkan oleh jaringan hijau normal), Streaking (klorosis yang memanjang, dan tajam)

Bagian-bagian tertentu daun berubah warna antara lain: vein yellowing (warna kuning pada urat karena kurangnya klorofil, warna berakksen dari karoten dan xanthophylls), vein clearing (urat daun tampak tembus cahaya daripada khlorosis atau kuning), vein banding (berubah warna sepanjang urat daun) dan vein necrosis (kematian jaringan pembuluh yang mengakibatkan kecoklatan).

Beberapa contoh gejala pada daun akibat serangan virus dapat dilihat pada Gambar berikut



Gambar 4.1. Beberapa contoh gejala serangan virus pada daun a: mottle, b: Vein banding, c: Vein clearing dan d: roset

Pada bunga. Gejala pada bunga dapat berupa :perubahan warna (intensifikasi, perubahan pigmen di lapisan epidermis dari kelopak bunga), bintik-bintik, garis-garis atau warna jaringan menjadi tidak normal mungkin akibat gangguan genetik). Contoh Gejala perubahan warna seperti terjadi pada bunga tulip yang terinfeksi virus *Tulip Breaking Virus* (TBV) dan bunga tembakau yang terinfeksi oleh *Tobacco Mild Green Mosaic Virus* (TMGMV) (Gambar 4.2). Pecahnya warna bunga tersebut sebagai akibat manifestasi hilangnya warna pada beberapa area petal bunga.



Gambar 4.2. Gejala perubahan warna akibat serangan virus pada bunga
A. Bunga tembakau yang terinfeksi TMGMV ; B. Bunga Tulip yang terinfeksi TBV (Sumber: Horell, J. 2010)

Pada Buah. Perubahan warna dari buah utuh, perubahan warna bagian buah (marmer, bintik-bintik, bercak). Contoh gejala serangan Cucumber mosaic virus ataupun tomato spotted wilt virus pada peach dan tomat (Gambar 4.3).



Gambar 4.3. Serangan virus pada buah. A. Peach yang terinfeksi CMV ; B. tomat yang terserang Tomato spotted wild virus (Sumber:Pest and Diseases image, 2010)

Pada Akar. Perubahan pada akar yang dapat dilihat dapat berupa Lesio dan nekrosis .

4.2.2. Malformasi

Malformasi dapat terjadi pada daun, bunga, buah, batang dan juga akar. Pada daun malformasi dapat berupa distortasi (berkerut, keriting, memutar), epinasty (keriting ke arah bawah), pertumbuhan penyempitan daun (pengurangan jaringan lamina), pengurangan dalam ukuran, penebalan seluruh atau sebagian dari lapisan atau urat daun, enasi (pertumbuhan berlebihan dari leaf blade, seringkali mengakibatkan keriting daun).

Gejala pada bunga antara lain: berbagai jenis distorsi, abnormal bagian bunga, pengurangan dalam ukuran

Pada buah serangan virus dapat menimbulkan gejala berupa pengurangan dalam ukuran, deformasi dan bentuk yang tidak teratur, pembengkakan atau tumor, biji prematur

Gejala serangan virus pada batang dan berupa distorsi dan pemendekan ruas

Pada akar gejala dapat berupa, pembusukan dan dieback atau mati ujung, tumor (juga dapat disebabkan oleh bakteri tertentu), serta proliferasi sisi akar.

Gejala lain yang dapat terjadi adalah: layu, defoliation, pengguran daun yang prematur penyimpangan berbunga, perubahan atau abnormalitas aroma buah, pengerasan buah, abnormalitas sekresi, gummosis, kulit pecah, kayu berbintik-bintik, pembengkakan tunas dan inkompatibilitas sambungan.

4.3. Gejala Yang Terselubung

Dalam kondisi lingkungan tertentu tidak terlihat gejala walaupun virus terdapat di dalam tanaman inang. Infeksi laten yang sementara ini, pada umumnya disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan seperti suhu, cahaya dan kekurangan nutrisi. Virus tertentu tidak pernah menghasilkan gejala pada inang tertentu secara permanen

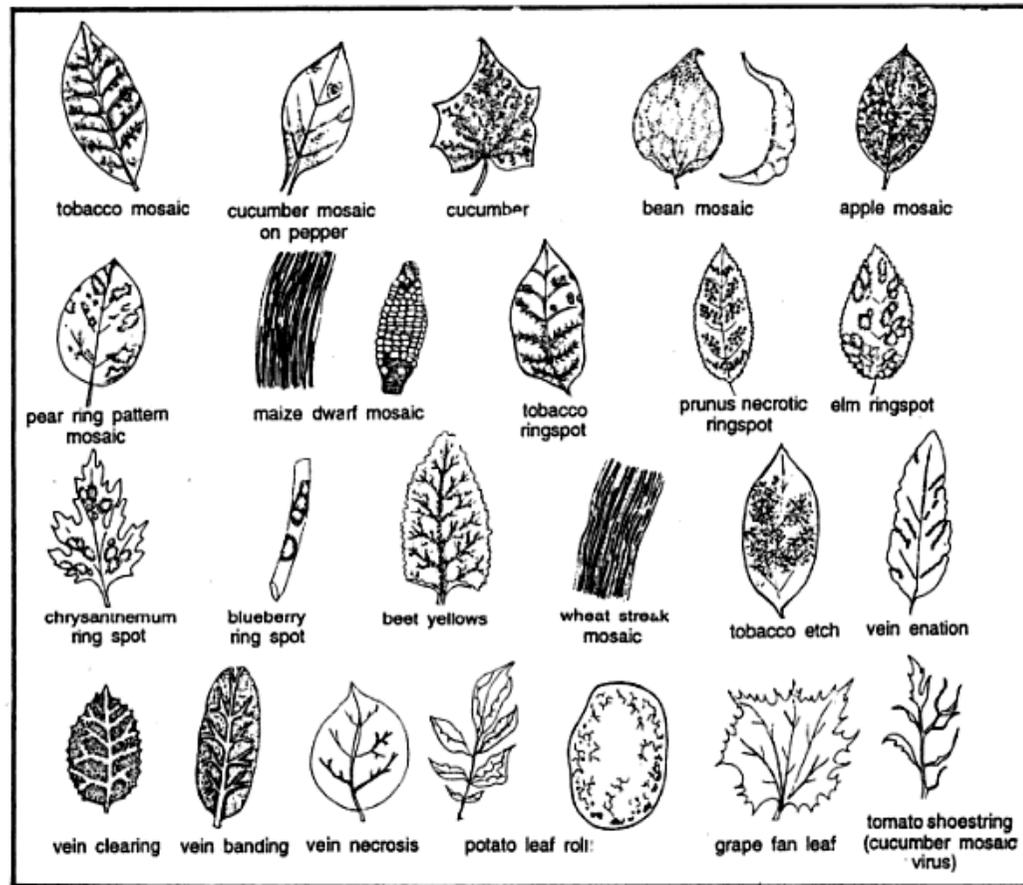
4.4. Toleran.

Hal ini dapat disebabkan oleh disposisi genetik tanaman, gejala tidak terlihat walaupun terdapat virus dalam tanaman inangnya.

4.5. Infeksi Campuran.

Ketika beberapa virus menginfeksi satu tanaman inang, mungkin dapat menimbulkan efek aditif, sinergis atau antagonis.

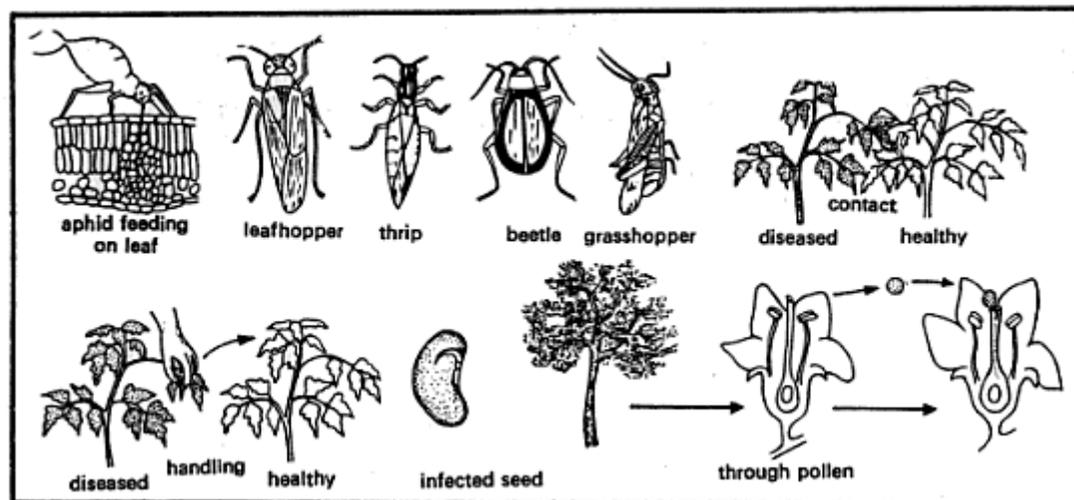
Fenomena menyebabkan gejala mirip gejala virus (virus-like). Kelainan genetik, kekurangan gizi, toksemia herbisida, kerusakan karena serangga atau tungau, kerusakan karena polusi udara. Agen-agen yang menyebabkan gejala-gejala ini tidak dapat ditular baik melalui sap atau pun penyambungan tanaman, kecuali untuk kelainan genetik. Gejala serangan virus yang paling umum dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Gejala umum serangan virus pada tanaman (sumber Sharma, 2004)

MENGENAL PENULARAN VIRUS TANAMAN

Virus tanaman tidak dapat masuk inangnya sendiri, mereka hanya dapat memasuki jaringan inang melalui luka atau dengan bantuan organisme lain yang bisa mendapatkannya dari tanaman yang terinfeksi dan kemudian menularkan mereka ke tanaman yang sehat. Organisme pembawa virus seperti itu disebut vektor. Cara lain penularan virus dapat melalui tangan pekerja, biji serta serbuk sari (Gambar 5.1)



Gambar 5.1. Penularan virus melalui kutu daun,wereng,thrip, kumbang, belalang, Kontak langsung, tangan, biji dan serbuk sari (Sharma, 2004)

5.1. Penularan virus melalui serangga

Virus adalah golongan patogen yang bersifat parasit obligat, biasanya untuk dapat bertahan akan tergantung pada tanaman inangnya. Umumnya virus tumbuhan tidak dapat pindah ke tanaman lainnya dengan sendiri, sehingga tidak dapat disebarkan oleh angin maupun air. Pengetahuan mengenai bagaimana virus dapat dipindahkan dari tanaman ke tanaman lainnya akan menjadi sangatlah penting. Hal ini penting karena :untuk mengetahui apakah suatu penyakit itu disebabkan oleh virus, untuk mengetahui arti ekonomi suatu virus, dimana bila virus dapat ditularkan dengan cepat dari satu tanaman berarti virus tersebut mempunyai potensi yang besar timbulnya epidemik, untuk mengetahui bagaimana virus bertahan di lapangan serta untuk mengetahui hubungan antara virus itu sendiri dengan vektornya. Dengan demikian dapat digunakan dalam pengelolaan penyakit.

Penularan virus di lapangan paling banyak dan merugikan adalah melalui serangga. Serangga yang dapat menjadi vektor virus adalah Kutu daun (aphid), wereng, lalat putih, kutu putih, kutu perisai, wereng pohon, kepik, trips, kumbang dan belalang. Umumnya vektor-vektor tersebut mempunyai alat mulut menusuk dan mengisap. Beberapa mempunyai alat mulut menggigit dan mengunyah

Penularan melalui kutu daun (Aphid)

Lebih dari 190 spesies kutu daun diketahui dapat menularkan penyakit virus. Genera yang paling umum sebagai vektor virus tanaman adalah: Aphis, Brevicoryne, Macrosiphum, Myzus, Ropalosiphum, dan Toxoptera.

Aphis merupakan genus yang mampu menularkan lebih dari 160 virus yang berbeda. Virus yang ditularkan oleh aphid kebanyakan menyebabkan penyakit mosaik. Beberapa juga menghasilkan jenis penyakit kuning. Virus yang ditularkan oleh aphid jarang bersifat transovarial (dapat ditularkan melalui telur) di serangga tersebut. Umumnya aphid tersebut tertarik dengan warna kuning. Virus yang ditularkan oleh aphid dapat dikategorikan ke dalam virus nonpersistent, semipersiten dan persisten. Namun, beberapa virus yang ditularkan oleh kutu daun ada juga yang dapat ditularkan baik secara nonpersisten dan semipersisten, misalnya *Cauliflower Mosaic Virus* dan *Dahlia Mosaic Virus*.

Virus non persisten (stylet-borne)

Kebanyakan virus yang ditularkan oleh aphid bersifat nonpersisten. Virus ini diakuisisi oleh serangga selama beberapa menit (kurang lebih 30 menit). Virus ini biasanya disimpan di bagian mulut kurang dari satu jam dan tidak tertelan. Virus yang diperoleh oleh serangga setelah makan waktu pendek (dari beberapa

detik hingga beberapa menit) dapat langsung ditularkan ke tanaman sehat. Tidak ada periode laten di vektor dan virus dapat ditransmisikan segera setelah priode makan akuisisi. Priode makan inokulasinya pendek (dari beberapa detik hingga beberapa menit). Serangga yang dipuaskan sebelum masa makan akuisisi dapat menularkan virus lebih efektif. Virus non persisten dapat ditularkan melalui sap, dan memiliki kisaran inang yang luas. Virus yang bernilai ekonomi cukup besar antara lain: virus belang. Contoh virus nonpersistent: *Alfalfa Mosaic Virus*, *Bean Common Mosaic Virus*, *Bean Yellow Mosaic Virus*, *Broad Bean Wilt Virus*, *Chili Veinal Mottle Virus*, *Cucumber Mosaic Virus*, *Lettuce Mosaic Virus*, *Papaya Ringspot Virus*, *Pea Streak Virus*, *Chilli Veinal Mottle Virus*, *Cowpea Aphid-borne Mosaic Virus*, *Onion Yellow Dwarf Virus*, *Peanut Stripe Virus*, *Pepper Motle Virus*, *Potato Virus Y*, *Sugarcane Mosaic Virus*, *Tobacco Etch Virus*, *Soybean Mosaic Virus* dan lain-lain.

Virus Semipersisten

Virus semipersisten adalah virus yang dapat bertahan dalam vektornya lebih lama. Virus ini ditelan ke dalam saluran pencernaan serangga dan priode waktu makan agak lama dibandingkan dengan virus non persisten tapi lebih pendek daripada virus persisten (dari beberapa menit sampai beberapa jam). Kemampuan penularan akan meningkat dengan meningkatnya priode makan akuisisi. Tidak terdapat priode latent dalam vektor. Priode makan inokulasi lebih panjang daripada virus nonpersistent (dari beberapa menit sampai beberapa jam). Masa retensi dalam serangga lebih panjang dari nonpersisten virus (12 sampai 24 jam dan kadang-kadang beberapa hari). Contoh virus semipersisten: *Beet Yellow Virus*, *Clover Yellow Virus*, *Strawberry Mottle Virus*, *Vein Banding Viruses*.

Sifat-sifat dari virus semipersisten adalah: tidak transtadial (tidak sirkulatif), apabila serangga vektor pembawa virus semipersisten di beri radiasi maka serangga tersebut masih tetap infeksi, apabila serangga dipuaskan sebelum

makan tanaman sakit, tidak menambah daya tularnya dan bila priode makan akuisisinya diperpanjang maka efisiensi penularannya akan bertambah.

Virus Persisten (virus sirkulatif)

Virus persisten atau sirkulatif adalah virus yang dapat terbawah dari stilet ke dalam alat pencernaan serangga vektor, kemudian masuk ke dalam darah, kelenjar ludah, ke ludah dan melalui stilet lagi masuk ke dalam tanaman sehat. Priode akuisisi bervariasi dari 30 menit sampai beberapa jam. Ada priode laten sebelum aphid dapat menularkan virus ke tanaman sehat. Efisiensi penularannya bergantung pada jumlah virus yang dicerna selama makan akuisisi. Penularan virus hanya terjadi apabila priode makan inokulasi berlangsung setidaknya selama beberapa jam. Pemuasaan serangga tidak berpengaruh pada kemampuan penularan virus. Serangga vektor dapat mempertahankan virus dalam waktu yang panjang. Virus persisten biasanya bersifat transtadial, yaitu, virus ada dalam serangga, dan dapat mengadakan replikasi dalam serangga vektornya, umumnya virus berasosiasi dengan floem, mempunyai kisaran inang yang sempit dan mungkin juga sangat host-spesifik. Virus persisten tidak dapat ditularkan melalui sap tanaman. Contoh: virus persisten : *Barley Yellow Dwarf Virus*, *Carrot Mottle Virus*, *Maize Mosaic Virus*, *Potato Leafroll Virus*, *Potato Yellow Dwarf Virus*, *Wheat Striate*, *Pea Enation Mosaic Virus*, dan *Beet Western Yellow Virus*.

Penularan virus melalui kutu putih/kutu kebul (Whitefly)

Bemisia tabaci adalah vektor yang sangat penting dan meluas. Virus yang ditularkan oleh kutu kebul umumnya menyebabkan menguning, keritingnya daun dan beberapa penyakit mosaik. Virus dan vektor terutama banyak dijumpai di area tropis dan subtropik. Virus yang ditularkan oleh whitefly umumnya bersifat persisten di dalam tubuh vektornya kecuali *Cucumber Vein Yellowing Virus* dan *Cowpea Mild Mottle Virus*. Whitefly dapat dibawa oleh angin dan tersebar luas sampai jarak yang jauh. Virus terbawah dalam hemolymph serangga. Priode makan akuisisi berkisar antara 24-48 jam pada tanaman yang sakit dan umumnya cukup membuat whiteflies sangat infeksius. Virus memiliki periode laten dalam whiteflies antara 4 sampai 20 jam. Whiteflies tetap infeksius setelah makan sampai beberapa hari hingga 35 hari atau lebih. Virus ini dapat juga dijumpai di dalam nimfa whitefly. Virus dapat bertahan mengikuti populasi

dan dapat ditularkan serangga dewasa yang baru muncul, virus tidak terbawa telur. Whitefly adalah pemakan floem itulah sebabnya virus seringkali terdapat pada bagian floem. Umumnya whitefly menyukai jaringan-jaringan muda dan bagian bawah permukaan daun. Serangga ini tertarik dengan warna biru atau cahaya ultra violet dan warna kuning. Umumnya virus yang dapat ditularkan oleh whitefly tidak dapat ditularkan secara mekanik, kecuali *Bean Golden Mosaic Virus*, *Tomato Golden Yellow Mosaic Virus* dan *Cowpea Mild Mottle Virus*. Contoh virus yang dapat ditularkan oleh whitefly antara lain: *Bean Golden Mosaic Virus*, *Cassava Mosaic Virus*, *Cowpea Mild Mottle Virus*, *Cucumber Vein Yellowing Virus*, *Chili Leaf Curl Virus*, *Cotton Leaf Curl Virus*, *Euphorbia Mosaic Virus*, *Sweet Potato Leaf Curl Virus*, *Tobacco Leaf Curl Virus*, *Tomato Golden Mosaic Virus*, *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* dan *Tomato Yellow Dwarf Virus*.

Penularan virus melalui Wereng dan Belalang

Lebih dari 30 spesies belalang telah dilaporkan dapat menularkan 30 virus yang berbeda. Genus belalang yang paling umum dapat menularkan virus adalah: *Aceratagallia*, *Agallia*, *Cicadulia*, *Circulifer*, *Dalbulus*, *Empoasca*, *Eutettix*, *Graminella*, *Javasella*, *Macrosteles*, *Nephotettix*. Ada sekitar 22 spesies Wereng dilaporkan vektor virus. Dua marga yang paling penting dalam penularan virus adalah: *Laodelphax* dan *Peregrinus*.

Wereng dan belalang adalah pemakan floem mereka menularkan virus melalui floem. Virus yang umumnya ditularkan oleh belalang dan wereng bersifat persisten (sirkulatif). Priode makan akuisisinya bervariasi dari 30 menit sampai beberapa jam, virus memiliki periode laten di vektor, dan hanya dapat diperoleh setelah inokulasi makan selama beberapa jam. Virus dapat tetap ada di seluruh hidup vektornya, pengecualian: virus tungro padi. Didalam tubuh vektor virus terbawa dalam usus dan hemolymph dari vektor. Beberapa virus dapat bereplikasi dalam tubuh vektor kecuali *Beet Curly Top Virus*. Beberapa virus bersifat transovarial. Virus memiliki spesifisitas vektor yang tinggi dan kisaran inang yang terbatas. Beberapa virus dapat menyebabkan penyakit kuning, penyakit daun menggulung dan daun keriting. Umumnya virus tidak dapat ditularkan melalui sap tanaman sakit ke tanaman yang sehat.

Virus-virus yang dapat ditularkan oleh wereng antara lain: *Rice Grassy Stunt Virus*, *Rice Hoya Blanca Virus*, *Rice Stripe Virus*, *Rice Black Straked*

Dwarf Virus, Oat Sterile Dwarf Virus dan Norhten Cereal Mosaic Virus. Contoh virus yang dapat ditularkan oleh belalang antara lain: *Beet Curly Mosaic Virus, Rice Dwarf Virus, Rice Bunchy Top Virus, Soybean Rosette Virus, Rice Tungro Spherical Virus, Maize Stripe Virus, Maize Streak Virus, Maize Chlorotic Dwarf Virus, dan Wound Tumor Virus.*

Penularan virus melalui Kumbang

Kumbang yang paling umum menularkan virus adalah kutu kumbang (*Phyllotreta spp*), mustard kumbang (*Phaedon spp*), dan kumbang timun (*Acalymma spp* dan *Diabrotica spp*). Dilaporkan bahwa kumbang dapat menularkan sekitar 45 virus yang berbeda. Virus diakuisisi oleh vektor dengan lama priode makan akuisisi sekitar 24 jam atau kurang. Beberapa kumbang dapat memperoleh virus hanya dengan makan lima menit atau setelah gigitan tunggal. Setelah makan pada tanaman yang terinfeksi, kumbang tetap menular virus setidaknya satu hari dan seringkali lebih lama lagi. Priode makan akuisisi yang lama akan dapat meningkatkan efisiensi penularannya. Tidak ada periode laten dalam vektor. Virus ini biasanya dijumpai di hemolymph vektornya. Virus umumnya stabil. Virus dapat dengan mudah ditularkan secara mekanis. Penularan juga dimungkinkan melalui macerating (pembusukan) kumbang-kumbang dengan buffer dan menginokulasikan tanaman dengan cairan yang dihasilkan tersebut. Virus umumnya tersebar luas dan menginfeksi tanaman-tanaman bernilai ekonomi penting seperti kacang-kacangan, kacang tunggak dan kacang kedelai. Sebagian besar virus yang ditularkan oleh kumbang berbentuk spherical (bola) dengan diameter sekitar 25-30 nm. Contoh virus yang dapat ditularkan oleh kumbang antara lain: *Andean Potato Latent Virus, Bean Pod Mottle Virus, Bean Rugose Mosaic Virus, Cowpea Severe Mosaic Virus, Cowpea Mosaic Virus, Cowpea Chlorotic Mottle Virus, Eggplant Mosaic Virus, Turnip Crinkle Virus, Turnip Rosette Virus, Turnip Yellow Mosaic Virus, Red Clover Mottle Virus, Broad Bean Mottle Virus dan Broad Bean Stain Virus.*

Penularan Virus oleh kutu tepung (mealybug)

Genus utama kutu tepung yang diketahui menularkan virus adalah adalah: *Planococcus, Pseudococcus* dan *Dysmicoccus*. Kutu adalah pemakan floem dengan alat mulut tipe penghisap. Virus-virus yang ditularkan umumnya semipersisten dan mungkin stylet-borne. Panjang nya masa makan akuisisi

mencapai 48-70 jam memungkinkan terjadinya penularan yang terbaik dengan meningkatnya efisiensi infeksi. Waktu makan inokulasi minimum adalah lima sampai tujuh jam. Puasa sebelum priode makan akuisisi dapat meningkatkan efisiensi vektor. Tidak ada priode laten. Virus-virus yang ditularkan oleh kutu tepung biasanya dapat diularkan secara mekanik. Contoh virus yang ditularkan oleh kutu tepung yaitu: *Cacao Mottle Virus*, *Cacao Swollen Shoot Virus* dan *Pineapple Latent Virus*.

Penularan virus melalui Thrips

Thrips biasanya memakan jaringan tanaman yang sangat muda. Genus yang diketahui dapat menularkan virus adalah Thrips, Frankliniella, Scitothrips. *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV) adalah virus yang hanya dapat ditularkan oleh thrips. Nimfa dan dewasa yang mengandung TSWV biasanya dapat menularkan virus. *Tomato Spotted Wild Virus*, memiliki kisaran inang yang luas dan menginfeksi lebih dari 400 spesies dicotyledons dan monocotyledons dari lebih 50 famili. TSWV bersifat persisten dalam vektor, sangat tidak stabil dalam cairan sap dan dapat ditularkan melalui sap apabila diberi bahan tambahan seperti mercaptoethanol atau sodium sulfat pada waktu persiapan inokulum. Thrips sulit ditangani dan memerlukan teknik rearing yang khusus. Biasanya thrips tertarik dengan warna biru.

5.2. Penularan virus oleh tungau (mite)

Genus tungau yang paling umum menularkan virus adalah: *Aceria*, *Brevipalpus*, *Eryophyes*. Virus terbawa di saluran pencernaan serangga, mereka dapat terbawa selama pergantian kulit vektor dan tidak transovarial. Penularan dapat meningkat dengan meningkatnya masa makan akuisisi. Tungau lebih suka makan jaringan tanaman yang sangat muda. perhatian teliti harus dilakukan untuk menghindari kebingungan dalam membedakan gejala karena makan dan yang disebabkan oleh infeksi virus. Tungau sangat sulit untuk direaring dan ditangani, karena ukurannya yang kecil (0,25 nm panjang). Contoh virus yang dapat ditularkan oleh tungau antara lain : *Citrus Leprosies Virus*, *Coffee Ringspot Virus*, *Fig Mosaic Virus*, *Agropyron Mosaic Virus*, *Hordeum Mosaic Virus*, *Wheat Streak Mosaic Virus* dan *Ryegrass Mosaic Virus*.

5.3. Penularan virus melalui nematoda

Genus utama nematoda yang diketahui dapat menularkan virus adalah *Trichodorus*, *Xiphinema*, *Longidorus*. Nematoda menularkan virus dengan memakan akar tanaman yang terinfeksi virus, selanjutnya memindahkan virus tersebut dengan memakan akar tanaman yang sehat. Larva maupun dewasa nematode dapat menularkan virus. Umumnya virus yang ditularkan oleh nematoda dapat ditularkan melalui sap tanaman, mempunyai inang yang spesipik dan hilang pada saat pergantian kulit. Virus dapat bertahan dalam nematoda dari beberapa minggu sampai beberapa bulan. Mereka dapat bertahan sekitar dua minggu pada genus *Trichodorus* dan *longidorus* dan sekitar delapan minggu dalam *Xiphinema*. Kemungkinan kemampuan penularan virus akan meningkat dengan meningkatnya priode makan akuisisi, umumnya masa priode akuisisi yang optimal adalah 48 jam. Penyakit yang ditimbulkan oleh virus yang terbawa nematoda umumnya penyebarannya di lapangan lambat.

Ada sekitar 16 virus yang diketahui dapat ditularkan oleh nematoda . Genus *Longidorus* dan *Xiphinema* merupakan vektor virus yang berbentuk polihedral seperti *Tomato Black Ring Virus*. Genus *Trichodorus* umumnya merupakan vektor virus yang berbentuk tongkat seperti *Pea Early Browning Virus* dan *Tobacco rattle Virus*.

Beberapa virus yang dapat ditularkan oleh genus *trichodorus* adalah *Pea Early Browning Virus* dan *Tobacco Rattle Virus*. Contoh virus yang ditularkan oleh genus *longidorus* antara lain adalah *Raspberry Ringspot Virus*, *Tomato Black Ring Virus*. Genus *xiphinema* dapat menularkan *Cherry Leaf Roll Virus*, *Cherry Rasp Leaf Virus*, *Peach Rosette Mosaic Virus*, *Tobacco Ringspot Virus* dan *Arabis Mosaic Virus*.

5.4. Penularan virus melalui jamur

Jamur penghuni tanah seperti genus *Olpidium*, *Polymyxa* dan *Spongiospora*, juga merupakan vektor virus. Jamur ini adalah parasit obligat, yang umumnya menginfeksi akar tanaman tanaman. Penularan virus terjadi melalui gerakan tanah, sisa-sisa akar dan air drainase. Virus dapat tersebar jauh melalui bahan tanaman yang terinfeksi dan melalui gerakan partikel tanah oleh angin. Jamur *Olpidium brassicae* dilaporkan dapat menularkan empat macam virus tanaman yaitu: *Tobacco Necrosis Virus*, *Cucumber Necrosis Virus*, *Tobacco Stunt Virus* dan *Lettuce Big Vein Virus*. Virus-virus terbawa dalam

spora istirahat dan zoospora pada waktu jamur menginfeksi tanaman. Jamur *Polymyxa graminis* dapat menularkan *Heat Mosaic Virus* sedangkan *Synchytrium endobioticum* dapat menyebarkan *Potato Mop Top Virus*. Contoh virus yang ditularkan jamur antara lain *Barley Yellow Mosaic Virus*, *Oat Mosaic Virus*, *Potato Mop Top Virus*, *Tobacco Necrosis Virus*, *Rice Necrosis Mosaic Virus*, *Wheat Spindle Streak Virus* dan *Cucumber Necrosis Virus*.

5.5. Penularan virus melalui biji

Biji yang terinfeksi virus memainkan peran penting dalam penyebaran dan penularan virus dan kelangsungan hidup banyak virus tanaman. Lebih dari 60 virus dapat ditularkan melalui biji. Penularan melalui biji tergantung pada spesies inang, strain virus dan suhu di mana benih ditanam. Banyaknya biji yang terserang berbeda-beda tergantung dari kombinasi tanaman inang dengan virusnya. Seperti penularan *Tobacco ringspot Virus* yang terbawa biji kedelai, virus ini dapat terbawa hampir 100 persen dari biji tanaman yang terserang virus tersebut. Kasus yang sama juga pada *Muskmelon Mosaic Virus* yang dapat terbawa benih semangka hingga 94 persen.

Beberapa virus juga dapat terbawa dalam embrio biji seperti: *Tobacco ringspot Virus*, *Lettuce Mosaic Virus*, *Barley Stripe Mosaic Virus*, *Bean Mosaic Virus*, *Southern Bean Mosaic Virus*, *Elm Mosaic Virus*, *Prunus Mosaic Ringspot Virus* serta *Soybean Stunt Virus*. Contoh virus yang dapat ditularkan melalui biji adalah: *Alfalfa Mosaic Virus*, *Peanut Clump Virus*, *Peanut Stripe Virus*, *Soybean Mosaic Virus*, *Tobacco Mosaic Virus*, *Lettuce Mosaic Virus*, *Cucumber Green Mottle Mosaic Virus*, *Cowpea Mild Mosaic Virus* dan *Bean Common Mosaic Virus*

5.6. Penularan virus melalui serbuk sari

Penularan virus melalui serbuk sari tidak umum di alam. Contoh virus yang dapat ditularkan oleh tepung sari adalah: *Bean Common Mosaic Virus*, *Tomato Aspermy Virus* dan *Prunus Necrotic Ringspot Virus*

5.7. Penularan virus melalui kontak

Penularan virus dapat terjadi melalui kontak antara alat yang terkontaminasi virus pada saat penyiangan, dan pencangkulan dan juga oleh hewan dan manusia. Jenis penularan demikian hanya terjadi dengan virus yang sangat stabil yang ada dalam konsentrasi yang tinggi dalam jaringan tanaman. Contoh virus kontak yang dapat ditularkan melalui kontak adalah: semua potexviruses, tobamovirus dan tombusvirus

PENYAKIT-PENYAKIT YANG DISEBABKAN VIRUS TANAMAN

Penyakit Mosaik Tomat

Penyakit mosaik pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) dapat menginfeksi lima species tanaman yaitu dari keluarga legume dan keluarga terung-terungan. Penyakit mosaik tomat pada tomat merupakan penyakit yang paling sering dijumpai di areal pertanaman tomat. Penyakit ini dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar, karena penyebarannya sangat cepat. Kerugian akibat penyakit ini dapat mencapai 50 persen. Kerugian akan lebih besar lagi apabila pathogen menyerang tanaman di persemaian atau tanaman yang masih muda. Penyakit mosaic tomat seringkali berasosiasi dengan pathogen lain dalam menyerang tanaman inangnya.

Gejala Serangan

Tanaman tomat yang terserang mosaik akan menunjukkan gejala berupa bercak-bercak yang berwarna hijau muda sampai kuning daunnya. Biasanya bagian tersebut perkembangannya terhambat sehingga daun menjadi berkerut dan tampak seperti terpuntir. Pada buah yang terinfeksi pathogen ini akan menunjukkan gejala perubahan bentuk buah dan ukuran buah menjadi kecil. Pada

dinding buah tomat yang terinfeksi tampak bercak-bercak nekrotik. Serangan patogen pada persemaian dapat mengakibatkan matinya tanaman (Gambar 6.1).



Gambar 6.1. Gejala serangan Tomato mosaic virus pada daun tomat (sumber: Scholthof, 2000)

Penyebab Penyakit

Penyakit mosaik pada tomat disebabkan oleh tomato mosaic virus (ToMV). Virus berbentuk batang dengan panjang berkisar 280 nm dan tebal 15 nm. Virus ToMV dapat bertahan dalam tanaman inang sampai puluhan tahun. Virus tersebut masih tetap aktif walaupun telah disimpan sampai puluhan tahun. Selain tomat virus juga dapat menyerang sayur-sayuran, bunga-bunga dan gulma. Tanaman yang dapat terserang virus ini dapat mencapai 150 genera terutama herba dikotil. Virus ini dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada tanaman tembakau, tomat dan berbagai tanaman lainnya, tetapi hampir tidak menunjukkan gejala pada tanaman anggur dan apel. Virus penyebab penyakit dapat bertahan pada cairan perasan selama enam jam dalam penyimpanan pada kelarutan 1:100. Tanaman kacang babi, koro, kedelai, tomat, dan cabe adalah baik untuk memisahkan dengan virus lain. Tomat dan cabe mempunyai reaksi spesifik. Kedelai dan koro tidak menampilkan gejala spesifik.

Penularan

Penularan virus ini tidak melalui vektor. Virus ToMV dapat ditularkan dari tanaman sehat ke tanaman sakit melalui cara mekanik, ternak, alat2 pertanian, hewan maupun manusia. Virus ToMV dapat bertahan dalam sisa-sisa tanaman sakit, gulma dari golongan solanaceae seperti cabai (*Capsicum spp*), ceplukan (*Physalis angula L.*) terung (*Solanum spp*) dan lain-lainnya.

Pengendalian penyakit

Penyakit mosaik pada tanaman tomat dapat dikendalikan melalui berbagai cara seperti: pelarangan bagi para pekerja agar tidak merokok di saat bekerja di kebun, karena virus ini dapat terbawa oleh bahan tembakau rokok, pencabutan tanaman yang telah terinfeksi, pembersihan dan sanitasi gulma, serta proeksi silang dengan jalan menularkan strain lemah virus mosaik tembakau ke tanaman.

Penyakit daun kuning pada tanaman cabai

Penyakit daun kuning banyak menyerang areal pertanaman cabai di Indonesia. Serangan penyakit ini dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar bahkan dapat mengakibatkan gagal panen. Penyakit ini pernah menyerang dan mengakibatkan gagal panen pada areal pertanaman cabai di daerah Lampung dan Bengkulu. Penyakit dapat menyerang berbagai jenis cabai mulai dari cabai besar, cabai rawit dan paprika, dengan intensitas serangan berkisar 70 sampai 100 persen

Gejala serangan

Gejala serangan pada cabai berupa klorosis pada anak tulan daun, sementara tulang utama tetap berwarna hijau. Gejala ini dimulai dari daun-daun muda kemudian menyebar keseluruh bagian sehingga semua tanaman tampak kuning. Gejala lebih lanjut daun-daun mengeriting ke atas, menebal dan mengecil ukurannya. Pertumbuhan terhambat sehingga menjadi kerdil. Serangan pada cabai besar dapat mengakibatkan kegagalan pembuahan sedangkan pada tanaman cabai kecil (rawit), tanaman masih dapat berbuah meskipun produksinya sangat berkurang. Disamping penghambatan pertumbuhan tanaman, serangan penyakit juga dapat mengakibatkan rontoknya bunga ataupun buah serta penyimpangan bentuk buah. (6.2).



Gambar 6.2. Gejala penyakit keriting pada cabai (sumber, Badan penelitian dan pengembangann pertanian, 2007)

Penyebab Penyakit

Penyakit keriting daun cabai disebabkan oleh tomato yellow leaf curl virus (TYLCV). Virus termasuk dalam kelompok gemini virus. Partikel virus berbentuk bulat dengan diameter rata-rata 18 nm biasanya berpasangan atau bertiga.

Penularan

Virus dapat ditularkan melalui penyambungan dan melalui serangga vektor lalat putih *Bemisia tabaci* (Gambar 6.3), secara persisten. Serangga vektor mempunyai masa makan akuisisi pada inang sekitar 60 menit dan masa inokulasi ada tanaman sehat mencapai 24 jam. Tanaman inang virus keriting daun cabai antara lain adalah tomat, kedele, babadotan, buncis, *Nicotiana glutinosa*, dan lain-lain.



Gambar 6.3. . *Bemisia tabaci* (Sumber: CropScience, 2010)

Pengendalian

Pengendalian penyakit lebih ditujukan terhadap pengendalian serangga vektor virus penyakit kuning daun cabai. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk pencegahan dan pengendalian virus kuning antara lain: dengan penanaman varietas tahan seperti hotchilli, pengendalian serangga vektor dengan menggunakan musuh alami predator seperti *Menochilus sexmaculatus* atau jamur patogen serangga seperti *Beuveria bassiana* atau *Verticillium lecani*. Selain itu juga dapat dilakukan penanaman tumpang sari atau dengan cara kultur tehnik yang meliputi: perendaman benih, penggunaan mulsa plastik (untuk menekan gulma inang, menekan populasi vektor, menunda perkembangan virus), sanitasi, penanaman tanaman pembatas seperti jagung dan tagetes .

Penyakit sapu setan (witches broom)

Penyakit ini seringkali disebut dengan penyakit sapu, sapu setan ataupun penyakit keriting. Merupakan penyakit penting yang seringkali menyerang tanaman kacang-kacangan terutama kacang panjang. Penyakit ini sudah tersebar luas di daerah pertanian kacang di tanah air, seperti jawa, sumatera maupun sulawesi.

Gejala Serangan

Tanaman yang terserang penyakit ini umumnya mengalami penghambatan pertumbuhan, daun-daun menjadi kecil dan melengkung ke bagian bawah. Daun-daun berwarna lebih gelap dari biasanya. Terjadi penghambatan pertumbuhan pada ruas-ruas sehingga menjadi pendek, dan tunas-tunas berkembang lebih banyak sehingga menyerupai sapu. Sel-sel floem pada batang tumbuh lebih banyak dan berdesakkan dan tampak lebih pipih dari biasanya. Tanaman yang terserang virus sapu setan umumnya tidak dapat berproduksi, meskipun masih mampu berbunga.

Penyebab Penyakit

Penyakit sapu setan pada kacang disebabkan oleh Cowpea Withcesbroom Virus. Namun ada pendapat lain yang menyatakan bahwa penyakit ini disebabkan oleh cowpea stunt virus, sehingga sampai saat ini masih belum pasti patogen mana yang menyebabkan penyakit tersebut. Selain itu ada juga yang berpendapat bahwa penyakit ini disebabkan oleh mikoplasma yaitu sejenis organisme yang mirip dengan virus. Organisme tersebut berbentuk bulat atau lonjong dan ada juga yang berbentuk benang yang sangat kecil. Organisme ini ditemukan di dalam pembuluh tapis pada jaringan floem.

Penularan

Virus dapat ditularkan oleh serangga vektor kutu daun *Aphis craccivora* Koch. Penularan virus tersebut secara persisten. Masa makan akuisisi serangga vektor pada tanaman yang terserang virus berkisar 5 jam sedangkan masa inokulasi pada tanaman inang dimana serangga masih tetap infeksi sampai 8 hari. Selain kacang panjang, inang virus sapu setan adalah kacang buncis, kacang hijau dan kacang joga serta kacang kedele.



Gambar 6.4. *Aphis craccivora* Koch (sumber: Berlandier, F., 2010)

Pengendalian

Penyakit dapat diatasi melalui pencabutan tanaman yang terinfeksi agar tidak menjadi sumber infeksi bagi tanaman lainnya, serta pemberantasan hama vektornya.

Penyakit daun menggulung pada kentang

Penyakit virus yang paling penting pada tanaman kentang adalah penyakit daun menggulung. Penyakit ini dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar pada pertanaman kentang karena dapat menurunkan produksi baik secara kualitas maupun kuantitas.

Gejala serangan

Daun-daun tanaman kentang yang terinfeksi virus menggulung ke atas, dari tepi ke arah ibu tulang daun, kadangkala menyerupai tabung. Daun-daun terlihat kaku. Infeksi primer menunjukkan gejala hanya terlihat pada daun-daun bagian atas saja. Pada infeksi lebih lanjut, daun-daun bawahpun akan menunjukkan gejala juga. Daun dan batang terlihat pucat dan lebih tegak dari biasa. Umbi-umbi yang dihasilkan berukuran kecil-kecil (Gambar 6.5).



Gambar 6.5. Gejala serangan daun menggulung pada kentang (sumber: Singh, R., 2003).

Penyebab penyakit

Penyakit daun begulung disebabkan oleh potato leaf roll virus (PLRV). Partikel virus berbentuk bola dengan diameter mencapai 23 nm.

Penularan

Penyakit ini dapat ditularkan melalui umbi atau bibit. Selain itu penularan penyakit dapat melalui vektor seperti *Myzus persicae* Sulz. Virus ini bersifat persisten dalam tubuh serangga vektornya. Dalam tubuh serangga virus memunyai masa laten selama 24 hingga 48 jam. Serangga menjadi infeksiif dan dapat menularkan virus ke tanaman yang sehat sampai 5 hari. Serangga yang infeksiif telah dapat menularkan virus setelah masa makan inokulasi selama 15 menit pada tanaman sehat.



Gambar 6.6. *Myzus persicae* Vektor virus daun menggulung (Sumber: CropScience, 2010)

Pengendalian

Pengendalian penyakit dapat dilakukan melalui: penanaman bibit atau umbi yang bebas virus, penanamankentang lebih awal (para petani di Eropa barat umumnya para petani menanam kentang lebih awal, untuk menghindari vektor virus *Myzus persicae* yang umumnya mulai terbang antara bulan Mei sampai pertengahan Juni, dan menyebarkan virus patogen daun menggulung tersebut), , perlakuan umbi dengan menyimpan di runang yang bersuhu 36oC selma 40 hari, mencabut dan memusnahakan tanaman yang terinfeksi, penggunaan pestisida.

Penyakit kerdil pisang (Bunchy top Virus)

Penyakit kerdil pisang atau dikenal dengan bunchy top banyak menyerang pertanaman pisang di Indonesia seperti di daerah Cimahi dan Padalarang,kabupaten Bandung, daerah pertanaman pisang di Bali,Kalimantan serta Jayapura,bahkan sekarang ini juga sudah menyerang tanaman pisang di Lampung dan Palembang Sumatera selatan. Dri hasil laporan di lampung penyakit ini menyerang pisang tanduk, raja sere,lilin,kepok, pisang ambon dan pisang kultivar muli serta janten dengan persentase serangan antara 21.52 persen sampai 55,23 persen. Selain tanaman pisang virus juga dapat menyerang *Musa textilis* (abaca). Selain di Indonesia diketahui juga bahwa kerdil pisang ini terdapat di Malaysia, Laos, Filipina, Australia, India, Srilanka, Kambodia dan Mesir.

Gejala Serangan

Penyakit kerdil pisang atau bunchy top dapat menyerang tanaman pisang pada berbagai tingkatan umur. Serangan *Banana Bunchy top Virus* (BBTV), menunjukkan gejala awal ditandai oleh adanya gejala hijau gelap bergaris pada tangkai dan tulang daun menyerupai sandi more. Pada lembaran daun didekat ibu tulang daun terdapat bercak atau garis bengkok berwarna hijau gelap. Selain itu, gejala serangan dapat berupa adanya garis-garis hijau tua yang sempit dan terputus-putus pada pada pangkal daun pisang ke dua atau tiga. Garis-garis tersebut sejajar dengan tulang daun sekunder, masuk ke tulang daun utama sebagai kait-kait hijau tua pada bagian cerah dikedua sisi ibu tulang daun. Pada tangkai daun terdapat garis-garis hijau tua, adakalanya tulang daun mengalami

veinclearing. tepi daun mengering, daun-daun menjadi rapuh dan mudah patah. Pertumbuhan tanaman terhambat dan daun-daun membentuk roset pada ujung batang palsu. Serangan lebih lanjut, pertumbuhan daun menjadi terhambat, berukuran kecil, kaku dan mengarah ke atas. Tanaman menjadi kerdil (Gambar 6.7.).



Gambar 6.7. Gejala serangan virus kerdil (Banana Bunchy Top Virus) pada tanaman pisang (sumber IITA, 2009)



Gambar 6.8. Gejala serangan bunchy top pada daun dan tepi daun pisang (sumber:Departement of Agriculture Hawaii, 2010)

Penyebab penyakit

Penyakit bunchy top disebabkan oleh bunchy top virus. Virus mempunyai partikel bulat dengan diameter 18-19 nm. Partikel virus terdiri dari untaian tunggal RNA dengan masa molekul relatif (Mr) 21000

Penularan

Penyakit kerdil pisang atau bunchy top dapat ditularkan melalui bahan tanaman dan serangga vektor kutu daun *Pentalonia nigrovercosa* Coq. Selain pisang inang virus ini antara lain: *Heliconia* (sejenis pisang liar), dan *Canna spp.* *Pentalonia nigronervosa* merupakan serangga kutu daun dengan ukuran yang sangat kecil. Warna tubuhnya coklat kemerahan sampai coklat gelap mengkilat. Serangga akan menjadi infeksiif setelah melewati masa makan akuisisi pada tanaman sakit kurang lebih 4 sampai 18 jam. Aphid dapat mempertahankan virus melalui kehidupan dewasa, untuk jangka waktu 15-20 hari. Selama waktu ini, aphid dapat menularkan virus ke tanaman pisang sehat dengan makan di atasnya, mungkin hanya dengan 15 menit tapi biasanya selama sekitar dua jam. Rata-rata masa inkubasi yang diperlukan sekitar 25 hari untuk menimbulkan suatu gejala yang jelas. Ditemukan bahwa tanaman muda, yang baru terinfeksi merupakan sumber virus yang lebih baik daripada tanaman dewasa dan nimfa vektor lebih efektif. Penyebarannya dapat melalui angin dan petani. Serangga ini mempunyai banyak inang selain pisang.



Gambar 6.9. *Pentalonia nigronervosa* vektor virus banana bunchy topvirus (sumber: Miyazaki, 2007)

Pengendalian

Pengendalian penyakit kerdil pisang dapat dilakukan melalui pembongkaran tanaman yang sakit dan memusnakan semua bagian tanaman, sanitasi kebun dengan membersihkan tanaman inang seperti *Canna spp*, *Heliconia spp* dan abaca (*Musa textile*) menanam bibit yang sehat, penggunaan insektisida atau musuh alami predator.

Penyakit tungro

Penyakit ini menyerang tanaman padi sehingga mengakibatkan tanaman tidak berproduksi. Tungro merupakan penyakit virus pada tanaman padi yang umumnya menyerang pada fase pertumbuhan vegetatif dan menyebabkan tanaman tumbuh kerdil dan berkurang jumlah anakannya. Penyakit ini merupakan salah satu penyakit yang paling merusak di Asia Tenggara dan Asia selatan. Epidemik penyakit pernah terjadi pada pertengahan tahun 60an.

Gejala serangan

Tanaman padi yang terinfeksi tungro kan menunjukkan gejala terhambatnya pertumbuhan dan berkurangnya jumlah anakan. Pelepah dan helai daun memendek dan daun berwarna kuning sampai kuning orange. Daun muda yang terserang seringkali berlurik dengan warna hijau pucat sampai putih dengan panjang berbeda sejajar dengan tulang daun. Gejala serangan mulai dari daun yang tua. Malai yang terserang virus tungro jarang menghasilkan gabah, memendek dan steril atau hanya sebagian yang berisi dengan gabah yang berubah warna. Pembungaan tanaman tertunda dan pembentukan malai seringkali tidak sempurna. Tanaman yang terinfeksi tungro biasanya juga rentan terhadap bercak coklat *Cercopora janseana*. Biasanya daun-daun tanaman yang terserang tungro mengandung banyak pati dan asam amino total, klorofil total, gula total dan kurangnya senyawa fenol.



Gambar 6.10. Gejala serangan tungro di lapangan (sumber IRRI, 2009)

Penyebab penyakit

Penyakit ini disebabkan oleh virus tungro yang mempunyai dua bentuk yaitu bola isometric atau polyhedral dengan garis tengah berkisar 30 nm dan berbentuk batang dengan ukuran 35 x 150 – 350 nm.

Penularan

Virus tungro dapat ditularkan oleh dua species wereng hijau yaitu : *Nephotettix malayanus* dan *N. virescens*. Vektor menularkan secara nonpersisten. *N. virescens* menjadi infeksiif jika menghisap tanaman sakit selama 30 menit dan dapat menularkan virus jika menghisap pada tanaman sehat selama 15 menit. Tidak terdapat masa inkubasi dalam serangga. Serangga dapat mempertahankan virus di dalam badannya selama 5 sampai 6 hari. Nimpa dapat menularkan virus tetapi daya infeksiifitasnya bila telah berganti kulit. Vektor ini merupakan vektor yang paling dominan di Indonesia



Gambar 6.11. *Nephrotettix virecens* (sumber: NSW,Agricultural ,2000)



Gambar 6.12. *Nephrotettix malayanus* (sumber: NSW,Agricultural ,2000)

Pengendalian

Pengendalian dapat dilakukan dengan: pemberaan atau rotasi tanaman. Penanaman padi yang terus menerus akan meningkatkan populasi wereng hijau sehingga sulit mencegah infeksi tungro, penggunaan varietas tahan seperti Kalimas, Bondoyudo, Tukad Petanu, menghindari penggunaan varietas rentan di daerah yang endemik tungro, pembenanaman jerami dan sisa tanaman setelah panen, pencabutan dan pemusnahan tanaman yang terinfeksi, tanam benih

langsung, tanam serentak, menginaktivkan virus dengan ferrulic acid atau menekan gejala dengan karbenzim serta penggunaan pestisida untuk mengendalikan serangga vektor. Pestisida yang dapat digunakan adalah pesrtisida yang mengandung bahan aktif BPMC, bufrofesin, karbofuran dan lain-lain

Kerdil hampa pada padi (Ragged stunt)

Kerdil hampa atau ragged stunt pada tanaman padi diketahui menyerang tanaman padi di beberapa negara seperti Filipina, Thailand, Sri Lanka, Jepang dan Indonesia sekitar tahun 70 puluhan. Penyakit ini dapat mengakibatkan menurunnya produksi baik secara kualitas maupun kuantitas. Penurunan hasil akibat serangan penyakit hampa dapat mencapai 53 sampai 82 persen

Gejala Serangan

Gejala serangan virus kerdil hampa bervariasi dapat berupa penghambatan pertumbuhan, ragged pada daun, timbulnya percabangan pada buku-buku atas, tidak keluarnya malai secara penuh, pembengkakan pada tulang daun dan biji yang dihasilkan hampa. Gejala yang paling khas dari serangan virus ini adalah: menjadi kerdilnya tanaman sebelum fase generatif, daun-daun atas terlihat seperti terpilin dan terpuntir serta pembengkakan tulang daun atau terbentuknya gall yang berwarna kuning pucat atau putih, coklat muda atau coklat tua. Terbentuknya gall-gall ini akibat proliferasi sel-sel floem. Kedua tepi daun berkembang tidak sama sehingga daun terlihat seperti tercabik-cabik atau ragged. Daun juga dapat menjadi berlekuk atau bergerigi karena tepinya tidak rata. Kadangkala daun yang bergerigi tersebut mengalami klorotik dan hancur. Pada serangan lebih lanjut dapat mengakibatkan daun bendera lebih pendek dari biasa, terpilin seperti spiral dan malai tidak keluar dengan sempurna. Disamping itu tanaman terlambat berbunga serta biji yang dihasilkan banyak yang hampa.



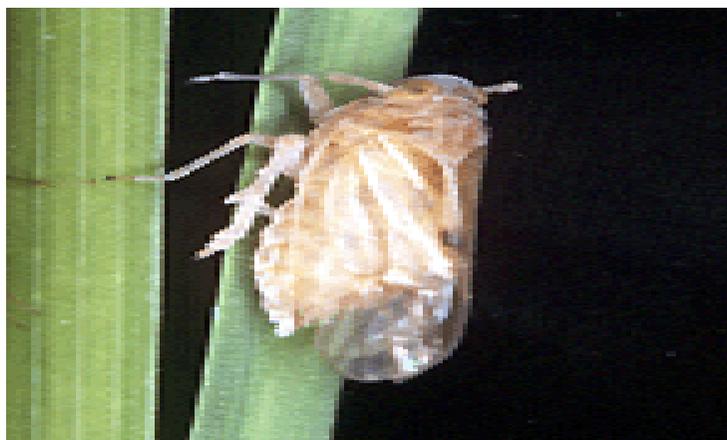
Gambar 6.13. Gejala serangan virus kerdil hampa padi (Sumber: IRRI,2009)

Penyebab penyakit

Penyebab penyakit ini adalah virus yang mempunyai bentuk partikel polihedral dengan diameter 50-70 nm. Partikel virus tersebut dapat dijumpai pada kelenjar ludah, jaringan syaraf dan otot, serta otak serangga vektornya. Dalam kelenjar ludah vektornya partikel-partikel virus tersebut dapat membentuk susunan kristal

Penularan

Virus penyebab penyakit hampa pada tanaman padi dapat ditularkan oleh serangga vektor yaitu wereng coklat (*Nilaparvata lugens* (Stal.)). Ada tiga biotipe wereng coklat yang dapat menularkan virus tersebut. Agar dapat menjadi infeksiif serangga harus makan cairan tanaman sakit 8 jam, dengan masa laten 9 (2-33) hari. Masa makan inokulasi pada tanaman sehat paling tidak satu jam agar dapat menimbulkan gejala. Vektor dapat mempertahankan virus selama 15 hari dan vektor masih tetap dapat menularkan virus walaupun telah berganti kulit, namun virus tidak bersifat transovarial. Virus kerdil hampa termasuk dalam jenis virus persisten. Gejala akan tampak 2-3 minggu setelah inokulasi. Selain itu virus ini dapat menyerang tanaman padi bersama-sama dengan virus tungro dan virus kerdil. Inang lain dari virus ini adalah padi liar *Oryza latifolia* dan *O. nivara*.



Gambar 6.14. *Nilaparvata lugens* (Stal.) (sumber: Agricultural technology information, 2008)

Pengendalian

Penyakit dapat dikendalikan melalui: penanaman varietas tahan, penggunaan insektisida, seperti Furadan 3G dan Diazinon 60 EC untuk pengendalian vektor.

Penyakit kerdil rumput pada padi (Grassy stunt)

Kerdil rumput atau grassy stunt pada padi telah dijumpai di Indonesia sejak tahun 1967. Penyakit ini dapat mengakibatkan kerugian yang besar karena dapat menyerang tanaman secara sporadis dan merusak areal sentra pertanaman padi sampai beratus-ratus ribu hektar. Umumnya serangan virus ini sangat erat hubungannya dengan tingkat populasi serangga vektornya di lapangan.

Gejala serangan

Tanaman dapat terserang virus kerdil rumput pada semua tingkatan atau fase tumbuh. Gejala pada tanaman yang terserang berupa banyaknya anakan kecil-kecil sehingga tampak seperti rumput. Daun-daun menjadi sempit, pendek,

kaku dan tegak serta berwarna hijau kekuningan. Tanaman yang terserang virus ini dapat tetap hidup, tetapi malai yang dihasilkan kecil-kecil. Pada serangan berat tanaman tidak menghasilkan malai sama sekali.



Gambar 6.15. Gejala kerdil rumput pada padi (sumber: Cattlin, N. 2007)

Penyebab penyakit

Patogen penyakit kerdil rumput padi sebetulnya belum dapat dipastikan akan tetapi, diduga adalah virus karena ditemukannya partikel-partikel mirip partikel virus. Partikel virus isometrik dengan garis tengah berkisar 20 nm yang dijumpai baik dalam jaringan tanaman sakit maupun serangga vektornya yang dimurnikan

Penularan

Virus dapat ditularkan oleh wereng coklat *Nilaparvata lugens* (Stal). Baik wereng coklat betina maupun jantan yang muda ataupun dewasa dapat menularkan virus. Serangga akan menjadi infeksiif setelah menjalani masa makan akuisisi pada tanaman sakit selama 30 menit. Masa inkubasi di dalam tubuh serangga vektor antara 10 hingga 11 hari. Serangga infeksiif dapat menularkan virus setelah menjalani masa makan inokulasi pada tanaman sehat minimal selama 5 hingga 15 menit, semakin lama masa inokulasinya pada tanaman sehat maka makin banyak tanaman yang sakit. Gejala pada tanaman akan terlihat setelah 10-20 hari setelah infeksi. Virus dapat terbawa dalam serangga vektor selama hidupnya serangga vektor tersebut, walaupun demikian virus tidak bersifat

transovarial. Kehadiran virus dalam tubuh serangga vektor dapat mempersingkat umur serangga vektornya. Wereng coklat yang bersayap lebih panjang umumnya lebih penting sebagai vektor virus kerdil rumput dibanding dengan wereng yang bersayap pendek.



Gambar 6.16. *Nilaparvata lugens* (Stal). Sumber: Brady, 2010)

Pengendalian

Penyakit ini dapat dikendalikan melalui: penanaman varietas tahan seperti IR26, IR28, IR30, IR32 dan IR 34; perbaikan pola tanam dengan pergiliran tanaman dengan tanaman bukan padi, penanaman serentak, sanitasi dengan membersihkan semua tanaman sakit dan inang alternatif lainnya, seed treatment serta pengendalian serangga vektor dengan insektisida seperti karborandum.

Penyakit Vein banding pada tanaman kentang

Penyakit vein banding pada kentang merupakan penyakit virus yang mempunyai nilai ekonomi yang cukup penting, karena serangannya dapat mengakibatkan penurunan produksi sampai 80%. Patogen penyakit ini dapat menginfeksi berbagai macam tanaman selain kentang seperti tomat, cabe dan tembakau.

Gejala penyakit.

Gejala mosaik yang diakibatkan oleh infeksi PVY pada kentang dapat terbagi menjadi tiga jenis yaitu: mosaik ringan (mild mosaic), mosaik berat (severe mosaic) dan rugose. Pada gejala mosaik ringan PVY tidak menimbulkan gejala yang jelas. Umumnya tanaman-tanaman yang menampilkan gejala demikian adalah tanaman yang kurang rentan atau toleran. Sifat demikian karena akumulasi virus pada tempat infeksi rendah. Gejala awal Bergantung pada kultivar tanaman, dapat nekrosis, pucuk kekuningan, mottling, gugur daun dan kadangkala kematian prematur. Nekrosis dapat menyebabkan daun-daun hancur dan menyebar ke stem. Gejala skunder dari infeksi PVY termasuk mottling, keriting daun dan pengerdilan tanaman. Nekrosis pada daun dan batang dapat terjadi. Gejala lebih berat berupa mosaik foliar. Pada temperatur tinggi penyakit dapat diidentifikasi dengan adanya rugose atau keriting dari daun-daun. Infeksi berat dapat menurunkan jumlah umbi yang dihasilkan dan juga mengurangi ukuran umbi.



Gambar 6.17. Gejala PVY pada tanaman kentang (Sumber: Lidgett, 2009)

Penyebab penyakit

Vein banding pada kentang disebabkan oleh *Potato Virus Y* (PVY) yang sebelumnya dikenal dengan *Marmor epsilon* Holmes atau *Solanum virus 2* Smith. Partikel virus berbentuk seperti benang dengan panjang berkisar 680-900 nm dan tebal 11 nm. Virus dapat menghasilkan inklusi berbentuk cakram di dalam jaringan tanaman yang terinfeksi.

Penularan

PVY dapat ditularkan secara mekanik dan melalui serangga vektor kutu daun, *Myzus persicae* Sulz secara nonpersisten. *Aphis gossypii* Glov. dan *A. Spiraecola* mungkin juga dapat bertindak sebagai vektor yang infeksi. Penyebaran virus ini sangat bergantung pada keberadaan kutu daun yang bersayap. Kutu daun dapat infeksi dan menularkannya pada tanaman sehat hanya dengan melalui waktu makan akuisisi hanya beberapa detik. Setelah mengisap tanaman sehat maka vektor tidak dapat menularkan virus lagi, dan untuk dapat menularkan virus, kutu daun tersebut harus mengisap tanaman yang sakit kembali.



Gambar 6. 18. *Aphis spiraecola* (sumber: Miyazaki, 2007)

Pengendalian

Penyakit dapat dikendalikan dan dikelola dengan menanam bibit sehat, menanam tanaman pembatas yang bukan inang virus seperti kedelai atau gandum sehingga kutu daun dapat hingga terlebih dulu pada tanaman ini sehingga mulutnya terbebas virus sebelum sampai pada pertanaman kentang., penanaman lebih awal serta menggunakan insektisida untuk membunuh serangga vektor

Penyakit mosaik laten (*Potato virus X*)

PVX tersebar luas didaerah pertanaman kentang, umumnya berhubungan dengan mosaik laten, virus laten kentang dan virus belang kentang. Penyakit mosaik laten seperti halnya penyakit daun menggulung dan penyakit vein banding, seringkali dijumpai di pertanaman kentang di tanah air ini. Penyakit dapat mengakibatkan penurunan produksi 15 persen atau lebih. . Beberapa strain PVX menginfeksi tanaman suku Solanaceae termasuk kentang, tomat dan tembakau. Virus juga dapat menginfeksi tanaman dari chenopodiaceae dan amarantaceae dengan menimbulkan gejala lesio lokal. Beberapa anggota leguminosae juga

merupakan inang yang sangat rentan terhadap PVX. Virus ini akan mengakibatkan kerusakan berat pada tanaman kentang apabila berada bersama-sama dengan PVY dan PVA.

Gejala penyakit.

Gejala yang ditimbulkan oleh PVX bervariasi tergantung dengan strain. Pada umumnya gejala serangan penyakit ini tidak begitu jelas, namun demikian pada beberapa varietas kentang penyakit menunjukkan gejala mosaik antar tulang daun, sedangkan tulang daun sendiri berwarna gelap dan jaringan di sekitarnya berwarna lebih muda. Gejala tersebut akan tampak lebih jelas pada daun-daun yang telah tua. Kadangkala pada varietas tertentu seperti varietas kentang Katela terjadi juga nekrosis ujung atau dikenal dengan top necrosis.



Gambar 6.19. Gejala *Potato Virus X* (PVX) (sumber: Iain,K. 2009)

Penyebab Penyakit

Penyakit mosaik laten disebabkan oleh *Potato Virus X* (PVX). Virus termasuk dalam golongan potexvirus, mempunyai titik pengenceran terahir 1:100.000 dan titik pemanasan inaktive (thermal inactivation point) 69-74⁰C atau bergantung pada strain virus.. Virus dapat bertahan hidup antar dua musim dalam umbi yang terinfeksi.

Penularan

PVX dapat ditularkan secara mekanik dan sangat mudah menyebar karena adanya persinggungan antara tanaman yang sakit dan sehat baik antar daun, pucuk ataupun antar umbi . Disamping itu penularan dapat juga terjadi melalui alat2 pertanian yang terkontaminasi atau juga melalui binatang dan para pekerja. Selain itu PVX daitularkan dan disebarkan melalui kumbang *Coccinella* dan *Epilacna*. Selain tanaman kentang, PVX mempunyai banyak tanaman inang seperti: cabai (*Capsicum annuum* L.), tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill),tembakau (*Nicotiana glutinosa* L),kecubung (*Datura stramoium* L.), bayam (*Amaranthus hybridus* L.), bit (*Beta vulgaris* L.), ceplukan (*Physalis floridana*) serta kacang babi (*Vicia faba* L.).

Pengendalian

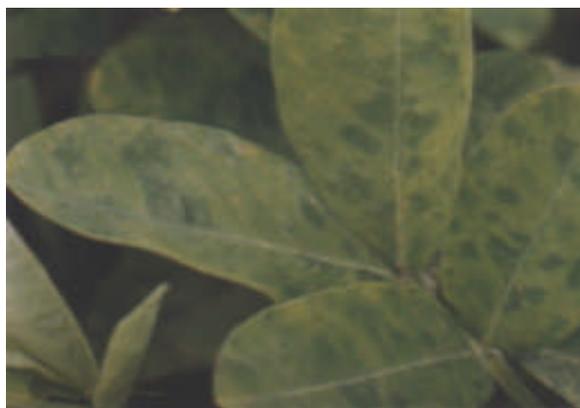
Pengendalian PVY pada kentang pada prinsipnya sama dengan cara pengendalian virus yang lainnya yaitu: penggunaan benih sehat dan tersertifikasi dan lain-lain.

Penyakit Bilur pada kacang tanah

Penyakit bilur kacang tanah telah diketahui sejak tahun 70 an, di beberapa daerah penghasil kacang tanah seperti: Sulawesi, Sumatera selatan dan Jawa. Penyakit ini juga telah tersebar luas di berbagai negara yaitu Malaysia, Filipina, Taiwan,India, Thailand,jepang dan Amierika Serikat. Penyakit dapat menurunkan hasil dari 15 persen hingga 50 persen., semakin muda umur tanaman yang terinfeksi maka semakin tinggi juga penurunan hasil yang diakibatkannya., karenanya penyakit ini merupakan salah satu penyakit yang mendapat perhatian .intenasional melalui International Crop Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT).

Gejala serangan

Penyakit bilur ditandai dengan adanya garis-garis terputus dan adanya mosaik berat pada daun. Pada daun terdapat gejala belang , daging daun antar tulang daun melekuk dan tepi-tepi daunnya agak menggulung ke atas.



Gambar 6.20. Gejala *Peanut stripe virus* (PStV) pada tanaman kacang tanah (sumber: Litbang Deptan, 2010)

Penyebab penyakit

Bilur pada kacang tanah disebabkan oleh *Peanut Stripe Virus* (PStV). Partikel virus berbentuk batang lentur dengan panjang kurang antara 690-750 nm dan diameter 11-12 nm. Partikel tersusun oleh subunit protein yang sama yang membentuk helik simetris dengan jarak putaran 3,4 A_0 . Bobot molekul setiap subunit protein adalah 3200-3600 dalton. Genom potivirus berupa utas tunggal RNA positif dengan bobot molekul 3.0-3,5 x 10.000.000 dalton. Virus membentuk inklusi bodi berbentuk cakra atau cincin dalam jaringan tanaman.. PstV dapat menimbulkan gejala bercak coklat lokal pada tanaman indikator *Chenopodium amaranticolor* dan *C. quinoa*

Penularan

PstV dapat ditularkan secara mekanik, melalui biji dan vektor. Virus ini ditularkan secara nonpersisten oleh *Aphis glycine*, *A craccivora* dan *Hysteroneura setariae*. Didalam biji virus terdapat di dalam keping biji dan sumbu embrio dan hanya kadang-kadang dijumpai dalam kulit biji. Tanaman inang PStV lainnya adalah: kedelai, bijan (*Sesamum indicum*), *Trifolium incarnatum*, *Nicotiana benthamiana*, *N clevelandii*, *Desmodium sp*, dan *Indigofera sp*. Virus juga dapat menginfeksi secara sistemik tanaman *Vicia faba*, *Vigna unguilata*, *V. sesquiedalis*, *petunia hybrida*, *Sesamum indicum* dan *Gomphrena globosa* tanpa menunjukkan gejala penyakit.



Gambar 6.21. *Aphis glycine* vektor PStV (sumber: Cooperative Agricultural Pest Survey, 2009)

Pengendalian

Pengendalian PStV dapat dilakukan dengan penanaman benih bebas virus, penanaman varietas tahan, penanaman lebih awal, mencabut tanaman yang terinfeksi dan memusnahkannya, pertanaman tumpang sari serta menggunakan insektisida untuk mengendalikan vektor.

Penyakit Belang pada kacang tanah

Penyakit virus belang kacang tanah merupakan penyakit penting telah tersebar luas di daerah sentra pertanaman kacang di Indonesia. Kehilangan hasil akibat serangan penyakit ini berkisar anatar 10-60%, bergantung pada jenis kacang tanah, musim dan umur tanaman pada saat terinfeksi

Gejala

Gejala serangan di lapangan berupa belang berwarna hijau tua yang dikelilingi oleh daerah yang lebih terang atau hijau kekuning-kuningan. Gejala awal terlihat pada daun muda adanya bintik-bintik klorotik yang kemudian berkembang menjadi belang-belang melingkar. Gejala pada daun tua berwarna hijau kekuningan dengan belang-belang hijau tua. Tanaman yang terinfeksi virus ini pertumbuhannya menjadi terhambat sehingga menjadi kerdil atau pendek terutama jika tanaman terinfeksi pada saat masih muda. Penyimpangan anatomi sering terjadi terdapat pada lembaga (embrio) biji tanaman.

Penyebab penyakit

Penyakit belang pada kacang tanah disebabkan oleh *Groundnut mottle virus* dengan kode GMV-y. Virus mempunyai partikel berbentuk batang lentur dengan ukuran 700-750 nm

Penularan

Virus belang kacang tanah dapat ditularkan secara mekanik, melalui biji dan melalui berbagai kutu daun seperti *Aphis glycine.*, *A. craccivora*, *A. porii* dan lain-lain. Selain kacang tanah inang virus belang adalah kacang kapri, kedelai dan kacang buncis

Pengendalian

Penyakit dapat dikendalikan melalui penanaman benih sehat, varietas tahan, sanitasi, pengaturan waktu tanam serta pengendalian serangga vektor

Penyakit mosaik pada tanaman tebu

Mosaik pada tanaman tebu dikenal juga dengan penyakit garis-garis kuning. Penyakit ini merupakan penyakit yang terpenting pada pertanaman tebu di negara kita. Penyakit tersebut dapat mengakibatkan penurunan hasil dan rendeman tebu, hal ini dikarenakan berkurangnya jumlah batang. Penurunan hasil dapat mencapai 21,46 persen sedangkan jumlah batang dapat mencapai 20,32 persen.

Gejala serangan

Gejala yang ditimbulkan dapat berupa belang-belang (mosaik) pada daun-daun tebu., adanya bercak-bercak yang memanjang dengan warna hijau muda. Umumnya gejala akan tampak dengan jelas sekali pada daun muda. Ruas-ruas tanaman sakit terlihat lebih pendek dan bergaris-garis dengan warna putih tidak teratur. Gejala selanjutnya ruas akan mengalami pelekahan, kering dan keriput. Tebu sangat rentan terhadap penyakit ini pada umur 3 minggu.



Gambar 6.22. Gejala mosaik pada daun tebu (Sumber; Concalves et al, 2007)

Penyebab penyakit

Patogen mosaik pada tebu adalah *Sugarcane mosaic virus*. Dikenal juga dengan nama *Marmor sacchari Holmes*. Atau *Saccharum virus 1* (Brandes) Smith. Virus ini mempunyai banyak strain dengan virulensi yang berbeda-beda, itulah sebabnya gejala yang ada pada tanaman tebu juga kadangkala sangat bervariasi. Di Indonesia ada kurang lebih 10 strain *Sugarcane mosaic virus* yang terdiri dari 3 kelompok yaitu strain A, B dan C. Virus ini termasuk dalam kelompok PVY.

Penularan

Sugarcane mosaic virus dapat ditularkan secara mekanik, alat pertanian seperti parang pemotong tebu, bibit yang terinfeksi dan kutu daun *Rhopalosiphum maydis* Fitch., *Aphis gossypii* Glov.; *Myzus persicae* Sulz dan lain-lain. *Rhopalosiphum maydis*, akan menjadi infeksiif apabila telah menghisap tanaman sakit selama 5 menit dan dapat menularkan virus tersebut ke tanaman tebu sehat setelah periode makan inokulasi pada tanaman sehat selama 15 menit. Inang dari virus mosaik sangat banyak, selain tebu adalah jagung, sorghum, rumput gajah, lempuyang, sereh, rumput pait, tebu telur, sorghum dan anggota suku gramineae lainnya.



Gambar 6.23. *Rhopalosiphum maydis* (sumber: Ferro dan weber, 2010)

Pengendalian

Hal yang dapat dilakukan dalam pengelolaan penyakit mosaik tebu antara lain: menanam varietas tahan, menjaga kebersihan kebun dan lingkungannya dari berbagai sumber yang dapat menjadi inang seperti rumput atau gulma lainnya, mengatur waktu tanam, agar setelah musim hujan tanaman tebu telah berumur lebih dari 3 minggu, perlakuan bibit perendaman bibit dalam air panas dengan suhu sekitar 52-57C. Serta monitoring pertanaman di kebun.

Penyakit mosaik pada tanaman tembakau

Penyakit mosaik pada tanaman tembakau dapat mengakibatkan penurunan mutu daun tembakau, namun penyakit ini tidak mematikan. Infeksi patogen ini dapat mengakibatkan penurunan produksi hingga 60 persen. TMV dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada tanaman tembakau, tomat dan lainnya, akan tetapi tak ada gejala pada tanaman anggur dan apel

Gejala penyakit

Gejala pada daun berupa vein-clearing dimana tulang-tulang daun lebih jernih daripada sekitarnya, daun kadang kala melengkung dan terdapat bercak-bercak berwarna kuning. Gejala selanjutnya daun-daun akan mengalami klorotik tidak teratur sehingga terlihat jelas mosaik. Pertumbuhan tanaman terhambat. Pada daun-daun yang telah dewasa gejala mosaik ini tidak begitu jelas. Tanaman yang terinfeksi sejak muda akan sangat terhambat pertumbuhannya sehingga menjadi kerdil, produksinya menurun atau bahkan tidak menghasilkan sama sekali. Gejala mosaik pada tembakau sangat bervariasi bergantung pada strain virus yang menginfeksi., Dikatakan mosaik biasa apabila gejala yang

ditunjukkan berupa klorosis di antara tulang-tulang daun sehingga nampak sepanjang tulang daun terdapat jalur-jalur berwarna hijau tua (veinbanding). Pada mosaik bentol, bagian yang berwarna hijau tua melengkung sehingga daun menjadi tidak merata. Sedangkan mosaik keras gejala terlihat lebih jelas lagi karena daun-daun menjadi keriting.



Gambar 6.24. Gejala mosaik (TMV) pada tembakau (Sumber: Scholthof, 2000)

Penyebab penyakit

Penyakit mosaik pada tanaman tembakau disebabkan oleh *Tobacco mosaic virus* (TMV), yang juga dikenal dengan *Marmor tabaci* Holmes. Partikel TMV berbentuk seperti tongkat, kaku dengan ukuran 300x18 nm, mengandung satu untaian RNA. TMV dapat bertahan dalam cairan perasan tanaman sakit selama beberapa bulan hingga beberapa tahun. Sifat fisik TMV antara lain titik panas inaktivasi antara 90°C sampai 93°C, titik batas pengenceran lebih dari 10^{-6} dan ketahanan virus dalam cairan perasan pada temperatur kamar kurang lebih satu bulan.

Penularan.

TMV dapat ditularkan secara mekanik melalui tangan-tangan para pekerja yang telah memegang daun-daun tembakau yang terinfeksi TMV. Virus ini tidak ditularkan melalui serangga vektor. Di lapangan TMV dapat bertahan di dalam tanah, sisa atau daun-daun tembakau yang kering ataupun pada inang lainnya. Tanaman inang TMV selain tembakau antara lain: mentimun, semangka, cabai, tomat, terung dan lain-lain.

Pengendalian

Penyakit ini dapat dikelola dengan: mencegah masuknya virus ke dalam kebun, seperti misalnya para petani atau karyawan yang merokok diwajibkan mencuci tanganya dengan desinfektan sebelum mulai bekerja, hal ini karena virus ini juga bisa terbawa oleh tembakau yang ada di dalam rokok., mencegah meluasnya serangan virus di kebun, dan pemuliaan tanaman.

Penyakit mosaik ketimun pada tanaman tembakau.

Penyakit mosaik ketimun banyak menyerang pertanaman tembakau cerutu. Penyebaran penyakit ini cukup luas dan dapat menyerang banyak pertanaman lain seperti mentimun, cabai, tomat, melon, bayam, seledri, kacang-kacangan, pisang dan gulma. Pada tanaman cabai virus seringkali dijumpai sebagai virus kompleks bersama-sama dengan PVX dan PVY. Penyakit ini seringkali sukar dibedakan dengan virus mosaik tembakau yang biasa.

Gejala

Gejala umum yang seringkali ditimbulkan dapat berupa belang-belang atau perubahan warna daun, bunga dan buah. Tanaman yang terserang menjadi kerdil dan dapat mati. Virus dapat menyebabkan klorosis dan rontoknya daun-daun. Pada tanaman tembakau gejala yang timbul dapat berupa mosaik yang khas. Kadangkala disertai dengan penghambatan pertumbuhan tanaman. Virus yang virulensinya tinggi dapat mengakibatkan perubahan warna jaringan diantara tulang-tulang daun, nekrosis yang membentuk garis bergerigi pada bagian bawah daun. Kadang-kadang bagian atas daun terlihat seperti terbakar matahari.



Gambar 6.25. Gejala CMV pada daun tembakau (Sumber: Cattlin, N. 2007)

Penyebab penyakit

Mosaik ketimun pada tanaman tembakau disebabkan oleh *Cucumber Mosaic Virus* (CMV), atau *Marmor astricum* Holmes. Partikel virus berbentuk polihedral dengan diameter 30 sampai 35 nm, berat molekul berkisar antara 5.8 hingga 6.7 juta. 18 persen dari jumlah itu merupakan RNA dan sisanya adalah dalam bentuk protein.

Sifat fisik CMV adalah : titik panas inaktivasi antara 60C sampai 70C, titik batas pengenceran adalah 10^{-4} dan ketahanan virus dalam cairan perasaan dalam suhu kamar berkisar 3-4 hari, tetapi bila disimpan dalam lemari es bersuhu 5 C kemampuan infeksiya bertahan 5-6 hari.

Penularan

CMV dapat ditularkan secara mekanik. Disamping itu CMV dapat disebarkan oleh serangga vektor kutu daun. Lebih dari 60 jenis kutu daun diantaranya adalah *Myzus persicae* Sulz. dan *Aphis gossypii* Glov. CMV merupakan virus nonpersisten. Serangga akan menjadi infeksiif setelah memakan tanaman sakit 1 menit dan sudah dapat menularkan virus ke tanaman sehat dalam waktu yang sama. Sifat infeksiif serangga vektor dapat bertahan sampai 4 jam.

Pengendalian

Pengelolaan penyakit ini dapat dilakukan melalui penggunaan bibit sehat, membersihkan kebun dari berbagai tanaman yang dapat menjadi sumber infeksi, menjaga kebersihan tangan sebelum mulai bekerja di kebun, penyemprotan insektisida untuk mengendalikan vektor.

IDENTIFIKASI VIRUS

Sampai saat ini yang banyak dilakukan untuk identifikasi virus adalah sebagai berikut. Jika telah pasti bahwa patogen tanaman adalah virus maka sebelum diadakan identifikasi perlu diyakinkan bahwa virus yang akan diidentifikasi adalah satu macam.. Hal ini karena umumnya tanaman dapat terinfeksi oleh lebih dari satu macam virus. Untuk menentukan apakah suatu tanaman terinfeksi oleh hanya satu virus maka dapat dilakukan hal berikut: 1). pengamatan terhadap gejala, apabila didapat lebih dari virus biasanya ditunjukkan oleh adanya lebih dari satu gejala, misalnya gejala lesio dengan nekrotik atau mosaik , mosaik dengan keriting. 2). Ditemui adanya dua atau lebih inklusi intraselular yang berbentuk kristal, 3). Pengamatan mikroskopis elektron terdapat lebih dari satu partikel; 4). Penginokulasian pada beberapa species tanaman, yang kemudian diikuti reinokulasi dengan inang pertamanya, apabila pada reinokulasi tidak didapat gejala yang sama seperti pada tanaman pertama ini dapat diindikasikan adanya lebih dari satu virus.

Proses pemisahan komponen virus dapat dilakukan inokulasi pada beberapa macam tanaman indikator yang kemudian diinokulasikan kembali pada tanaman pertama. Ada beberapa kemungkinan yang akan dihasilkan dalam pemisahan ini yaitu:

1. Salah satu species tanaman yang diuji mungkin rentan terhadap salah satu virus tetapi tahan terhadap virus lainnya

2. Suatu virus mungkin dapat menunjukkan infeksi sistemik pada suatu tanaman, sedangkan virus yang lainnya menunjukkan gejala lokal.
3. Tanaman inang yang terinfeksi sistemik dapat digunakan untuk memisahkan virus apabila kecepatan bergerak masing-masing virus berbeda. Cara pemisahannya dapat dilakukan dengan mengambil pucuk-pucuk atau bagian lainnya yang jauh dari tempat inokulasi pada waktu yang berbeda.
4. Pada tanaman yang menunjukkan gejala lokal, pemurnian virus dapat dilakukan dengan mengambil lesio tersebut, sehingga didapat virus yang murni
5. Pemisahan virus dapat juga dengan menggunakan berbagai metode seperti: dengan sap, tali putri, vektor dan lainnya
6. Inokulasi dengan menggunakan sap tanaman sakit yang sangat diencerkan dapat memisahkan virus
7. Virus yang ditularkan melalui serangga vektor dapat juga dimurnikan dengan menggunakan macam-macam tanaman terhadap vektor, sehingga akan didapat berbagai gejala.

Selanjutnya apabila telah didapat virus murni maka dapat dilakukan beberapa hal berikut:

1. Determinasi bentuk dan ukuran virus

Ukuran dan bentuk virus ditentukan dengan menggunakan mikroskop elektron. Ekstrak kasar tanaman biasanya digunakan, karena dimensi yang terbaik untuk disimpan melestarikan atau mengawetkan partikel seperti itu. persiapan pemurnian virus memanjang seringkali mengandung sejumlah besar partikel rusak atau agregat.

Dalam identifikasi virus diperlukan beberapa bahan dan alat antara lain grid (wadah), forcef stenlis,, kotak penyimpanan grid, air destlasi, bahan kimia: uranil acetat (UAS), asam phosphotungstic (PTA), polyvinyl formaldehyde, collodion dan mikroskop elektron.

Grids diperlukan untuk membawa film yang mendukung virus. Grid berukuran diameter 3 mm dan jumlah 150-400 mesh adalah yang paling umum digunakan. Biasanya grid yang digunakan terbuat dari tembaga atau nikel. Grid harus dilapisi dengan film-transparan elektron sehingga mereka dapat mendukung partikel virus. Pelapisan dari grid membutuhkan keterampilan dan praktek. Akan lebih mudah untuk memperoleh grid precoated yang telah siap

pakai dari virologist di sebuah lembaga yang memang sudah professional. Bahan-bahan berikut dapat digunakan untuk pelapisan grid adalah: collodion (0,2% asam amylat) lapisan ini muda disiapkan. Atau dapat juga menggunakan formvar (0,2% menjadi 0,5% dalam kloroform atau ethylenedichloride), meskipun sedikit lebih sulit untuk menyiapkan dukungan film ini memiliki keuntungan karena lebih stabil. Kedua film dukungan dapat lebih stabil dengan meletakkannya di lapisan karbon. Namun, ini hanya bisa dilakukan menggunakan vakum penguapan aparatur yang hanya ada di departement mikroskop elektron dari universitas dan lembaga riset tertentu.

Persiapan sampel untuk pemeriksaan mikroskopis elektron dapat dibuat dengan berbagai cara (perasan daun, memasukan daun dan metode potongan epidermis daun (dip strip epidermis). Metode perasan daun adalah cara yang paling umum digunakan karena itu dijelaskan di sini secara rinci.

Hal ini memungkinkan relatif besar potongan jaringan daun yang akan digunakan dan dengan demikian untuk mendapatkan perwakilan preparat dari sejumlah besar sampel terinfeksi; Letakkan $\frac{1}{4}$ cm² sample daun pada kaca preparat bersih di mikroskop. Beri 1-2 tetes buffer fosfat pada sampel daun dan hancurkan daun dengan batang kaca (rata pada salah satu ujungnya) sampai bahan selular dihomogenkan. Encerkan dengan menggunakan buffer fosfat sampai diperoleh warna hijau yang samar. Dorong sisa-sisa daun hancur ke samping dan bersihkan sap menggunakan pipet Pasteur. Tempatkan satu tetes cairan bersih pada membran parafilm bersih. Letakkan grid, lapisi permukaan grid ke bawah, di atas tetesan biarkan selama lima menit. Hapus grid dengan forseps dan bilas permukaan yang dilapisi dengan 40 tetes consecutive air suling ganda. Tandai dengan 5 tetes asetat uranyl 1% dalam air double-distilasi. Hapus noda kelebihan dengan hati-hati menyentuh tepi tetesan noda dengan menggunakan strip kertas filter

Pemeriksaan dengan mikroskopis elektron.

Memeriksa spesimen dilakukan pada pembesaran 30,000-50,000. Ambil foto pada magnifikasi sama untuk menunjukkan struktur partikel. Untuk pengukuran panjang partikel ambil foto pada sekitar 5000x untuk mendapatkan lebih banyak partikel yang diukur per gambar. Untuk menentukan ukuran minimum setidaknya 100 partikel harus diukur. Gunakan lebih encer ekstrak tumbuh-tumbuhan (samar warna hijau) untuk menghindari masalah kontaminasi dari sisa fragmen kloroplas dan ribosom.

2. Penentuan sifat fisik virus

Titik panas inaktivasi

Titik panas inaktivasi/Thermal Inactivation point (TIP) adalah suhu yang diperlukan untuk sepenuhnya menonaktifkan virus dalam cairan sap selama 10 menit. Kestabilan virus diperiksa dengan menghomogenkan jaringan yang terinfeksi dengan sejumlah kecil buffer atau lautan penyangga. Saring sap kasar tersebut dengan menggunakan saringan katun. Dengan pipet tambahkan 2 ml sap ke dalam tabung- tabung reaksi. Tutup tabung hati-hati agar sap tidak menetes di sepanjang dinding tabung. Panaskan tabung dalam air selama 10 menit. Pengujian pendahuluan tersebut harus dengan interval 10 C 1 (30C ke 100C). Setelah pemanasan, dinginkan tabung segera dalam air es dingin. Gunakan sampel untuk menginokulasi tanaman uji, sebaiknya tanaman uji yang digunakan adalah tanaman indikator yang menunjukkan reaksi gejala lokal

Amati tanaman uji untuk melihat perkembangan gejala 4 sampai 3 minggu, catat kisaran temperatur di mana aktivitas virus berhenti (misalnya 60, 70). Untuk penentuan titik panas inaktivasi ekstrak, bagi kisaran temperatur menjadi lima interval lebih kecil (59C; 62,65,68 dan 71C). Panaskan lima tabung reaksi yang berisi sap seperti yang dilakukan terdahulu, dan inokulasikan pada tanaman indikator. Temperatur terendah di mana tidak ada gejala muncul pada tanaman uji yang diinokulasi adalah TIP tersebut.

Ketahanan In Vitro/Longevity in vitro

Ketahanan in vitro/Longevity in vitro (LIV) adalah panjang waktu virus infeksi dalam sap yang disimpan pada suhu kamar (sekitar 20-22C)

Cara melakukan uji ini adalah: Gunakan ekstrak sap serupa dengan yang digunakan untuk pengujian TIP, tapi dengan penambahan 0,01% dan antibiotik, seperti Streptomisin atau Auromycin. Antibiotik ini mencegah kontaminasi bakteri. Isi 10 tabung reaksi yang bertutup dengan masing-masing 2 ml sap tanaman sakit. Inokulasikan pada tanaman indikator dengan interval 10 waktu setelah penyimpanan misalnya, 1, 3,6,9,12,1,5,30,60,90,150 hari dan amati perkembangan gejala. Jika gejala muncul pada tanaman yang diinokulasi dengan sap yang disimpan pada suhu ruang 60 hari tetapi tidak ada gejala lagi

setelah 90 hari, berarti LIV nya adalah antara 60 dan 90 hari. Untuk penentuan LIV yang lebih tepat dapat dilakukan pengujian sap pada kisaran interval dua hari dalam rentang 60-90 hari..

Titik batas pengenceran / Dilution end point

Titik batas pengenceran / Dilution end point (DEP) adalah pengenceran tertinggi sap tanaman di mana virus masih menular. Pengujian ini dapat dilakukan dengan pengenceran sap tanaman 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , dan 10^{-8} . Dimana. 10^{-1} , berarti 1 ml sap + 9 ml buffer, yang kemudian digoyang hingga homogen. Pengenceran dapat juga menggunakan air destilasi. Setiap pengenceran selanjutnya di inokulasikan pada tanaman indikator. Titik batas pengenceran dinyatakan dengan dua pengenceran, diantara pengenceran tertinggi yaitu virus masih mempunyai daya tular dengan pengenceran berikutnya yang tertinggi.

Penentuan kisaran inang

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan: 1). Untuk melihat reaksi tanaman terhadap jenis virus yang belum diketahui. Hasil penelitian ini dapat menunjukkan identitas virus secara langsung atau paling tidak mempersempit arah penelitian. Disamping itu juga dapat mendeterminasi strain, sehingga ada tingkat akhir pengujian strain dapat digunakan gejala dan kisaran inangnya.; 2). Untuk mendapatkantanaman indikator yang baik untuk identifikasi seperti untuk menentukan keberadaan dan gejala yang ditimbulkan virus, sifat fisik virus dan lainnya. 3). Untuk mendapatkan species yang baik sebagai sumber virus atau untuk pemurnian dan pemeliharaan virus.

Beberapa tanaman yang dapat dijadikan indikator virus antara lain: *Beta vulgaris* L, *Brassica oleracea* L., *Cassia occidentalis*, *Chenopodium amaranticolor* L., *Cucumis sativus* L, *Datura stramonium* L, *Gomphrena globosa* L., *Lycopersicum esculentu* Mill., *Nicotiana glutinosa* L, *Nicotiana tabacum* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Physalis* sp., *Nicandra* sp., *Pisum sativum* L., *Solanum melongina* L., *Solanum tuberosum* L., *Vicia faba* L., *Vigna sinensis* Endl., *Zinnia elegans* Jacq.

Penentuan Vektor Serangga

Tempatkan serangga pada tanaman yang terinfeksi untuk makan akuisisi. Setelah makan, pindahkan serangga pada tanaman yang sehat untuk makan transmisi (periode makan inokulasi) dan amati tanaman untuk pengembangan gejala.

Penentuan Serologis Hubungan dengan Virus Lainnya

Sebagian besar metode serologi didasarkan pada bentuk presipitasi yang dihasilkan ketika antibodi (antiserum) dan antigen (virus) menggabung. Reaksi ini sangat spesifik. Antiserum harus disiapkan dari persiapan virus dimurnikan atau semi-murni. Banyak antiserum sekarang yang telah tersedia dan dapat dipesan.

Tes serologi yang paling umum digunakan adalah precipitin drop/presipitasi tetes (microprecipitin) tes, tes gel agar Ouchterlony difusi ganda, immunoelectron mikroskop (IEM) dan immunosorbent assay enzymlinked (ELISA).

1. Uji microprecipitini/presipitasi

Tetes tunggal dari antiserum dan antigen diletakkan dekat satu sama lain pada slide kaca atau pada bagian bawah dari cawan Petri plastik. Tetesan dicampur dengan hati-hati menggunakan lidi tusuk gigi, dan diinkubasi pada suhu kamar selama 1-6 jam, untuk mencegah tetes dari kekeringan. Pembentukan presipitat diamati melalui mikroskop. Mikroskop bidang gelap biasanya terbaik untuk memvisualisasikan presipitat.

Tes ini ekonomis karena menggunakan sejumlah kecil dari kedua Antiserum dan antigen. Tes ini juga sangat sensitif. Uji microprecipitin juga dapat dilakukan dalam tabung kecil. Namun uji ini membutuhkan lebih banyak antiserum dan virus dibandingkan dengan pengujian drop.

2. Uji difusi ganda Ouchterlony agar

Metode ini merupakan uji presipitasi pada media agar untuk melihat reaksi antara antigen dengan antibodi. Antigen dan antibodi akan berdifusi ke dalam agar dan adanya kompleks antigen-antibodi terlihat seperti garis presipitasi.

Tes ini biasanya dilakukan di petridish yang telah berisi media agar setebal 5 mm (0,8%, agarosa atau ionagar dalam air suling). Buat lubang menggunakan corkborer atau bor gabus dengan pola seperti pusat sumur dikelilingi oleh enam sampai delapan sumur lainnya.

Tambahkan antiserum ke pusat sumur. Isi sumur disekelilingnya dengan virus yang akan diuji baik yang telah dimurnikan atau dalam bentuk sap tanaman, termasuk sap tanaman sehat sebagai kontrol. Baik virus dan antibodi berdifusi keluar dari sumurnya ke dalam agar. Di mana virus dan antibodi bertemu dalam proporsi yang optimal, sebuah bentuk band terlihat terbentuk antara antigens yang kompatibel (virus) dan juga Antiserum/antibodi

Tes ini cocok untuk virus spherical/bulat; virus memanjang lebih dari TMV tidak mudah menyebar melalui media agar. Sodiudodecylsulfate (SDS) yang memecah partikel memanjang ke sub-sub kecil yang dapat menyebar lebih mudah mungkin harus ditambahkan ke agar atau sap yang mengandung virus.

3. Immunolectron microscopy (IEM)

Dalam IEM, serologi dikombinasikan dengan mikroskop elektron. Dua metode yang digunakan: teknik dekorasi memungkinkan lapisan partikel virus dengan antibodi spesifik dapat dilihat dengan mikroskop elektron.

Metode immunosorbent mikroskop elektron digunakan secara khusus untuk perangkap partikel virus dari ekstrak tumbuh-tumbuhan di film dukungan Antiserum berlapis, dan dengan demikian menghasilkan sensitivitas tinggi virus deteksi

4. Enzim-linked immunosorbent Assay (ELISA)

ELISA berlaku untuk identifikasi virus dari sap tanaman. Hal ini terutama bermanfaat untuk menguji sejumlah besar sampel seperti dalam survei virus atau dalam skrining populasi besar untuk ketahanan virus

Dalam pekerjaan ini bahan-bahan yang dibutuhkan antara lain: Micropipet, piring polistiren (biasanya 96 juga digunakan pelat), bahan kimia untuk persiapan penyangga, gamma globulin virus-spesifik (biasanya dibuat dari Antiserum diproduksi di kelinci), enzim gamma globulin terkonjugasi virus-specipic (untuk ELISA langsung) (fosfatase alkali adalah enzim yang paling sering digunakan), enzim konjugasi anti-kelinci antibodi (untuk ELISA langsung),

substrat enzim (p-nitrophenylphosphate paling sering digunakan). Metode yang digunakan dapat langsung dan tidak langsung

ELISA LANGSUNG

Pada ELISA Langsung atau double antibodi sandwich ELISA (DAS-ELISA) pelapisan sumur dengan virus spesifik gamma globulin - langkah ini tidak wajib, penambahan sampel uji yang mengandung virus, penambahan enzim gamma globulin khusus terkonjugasi virus, penambahan substrat, perubahan warna menunjukkan adanya virus-specific

ELISA tidak langsung

Pelapisan sumur dengan globulin gamma virus-spesifik (langkah ini tidak wajib), penambahan sampel uji yang mengandung virus, penambahan gamma globulin virus tertentu (biasanya dari kelinci), penambahan enzim konjugasi antibodi kedua (biasanya anti-kelinci antibodi) , penambahan substrat, perubahan warna menunjukkan adanya virus spesifik.

PENGENDALIAN PENYAKIT VIRUS

Tidak seperti jamur dan bakteri, virus sejauh ini, tidak dapat dikendalikan dengan menggunakan zat kimia. Beberapa senyawa antivirus dikenal tetapi mereka masih dalam tahap perkembangan. biaya tinggi, phytotoxicity dan pertimbangan peraturan telah mencegah penggunaannya dalam skala besar. Pengukuran pengendalian tidak langsung tanaman dan resistensi vektor tetap menjadi metode praktis hanya untuk mengendalikan virus.

Untuk secara efektif mengendalikan serangan virus, virus harus benar diidentifikasi dan epidemiologi serta ekologi dipahami. Beberapa metode yang paling umum digunakan untuk mengendalikan virus dijelaskan di bawah ini.

8.1. Pengendalian vektor

kimia

Pengendalian dengan menggunakan bahan kimia antara lain menggunakan: pestisida dan minyak

Pestisida. Insektisida memberikan kontrol yang efektif untuk virus yang ditularkan serangga persisten dimana vektor memerlukan beberapa jam atau hari untuk memperoleh dan menularkan virus ke tanaman sehat.

Virus yang ditularkan secara nonpersisten tidak dikendalikan karena mereka dapat ditularkan melalui serangga sebelum dibunuh oleh insektisida. Insektisida harus digunakan tidak hanya pada tanaman saja tetapi juga tanaman sekitarnya seperti gulma karena gulma dapat menjadi tuan rumah alternatif atau sumber virus. Virus yang ditularkan oleh nematoda maka penggunaan nematisida dan Fumigan tanah bisa efektif untuk mengendalikan virus.

Minyak. Berbagai jenis minyak, seperti minyak sayuran, mineral, sintetis dan minyak penting telah diuji untuk mengontrol penularan virus. Yang paling efisien didapat dari minyak mineral. Beberapa bentuk minyak yang sudah komersial untuk pengendalian virus adalah minyak sayur. Minyak sayur yang telah digunakan secara komersial pada sayuran adalah: Sunspray 6e ®, Sunspray 7e ® dan JMS tylet S-Oil ®. Minyak ini biasanya digunakan pada konsentrasi sekitar 0,75% dan harus diterapkan pada semprot tekanan tinggi (400 psi) menggunakan nozel khusus (TX-4 (R) dan TXVS-5 ® telah digunakan secara ekstensif). Tetesan minyak harus memiliki diameter 0,2 mm untuk memberikan kontrol yang terbaik. pengenceran minyak harus sesuai, ditentukan untuk setiap jenis tanaman, hal ini dikarenakan sifat dari phytotoxicity nya.

Mekanisme bagaimana minyak bertindak dalam mencegah penularan virus oleh serangga belum begitu dipahami. Dalam kasus virus nonpersisten kutu daun (aphid) minyak dapat menekan baik masa akuisisi dan maupun mekanisme inokulasi. Minyak sangat efektif dalam mengurangi penularan kutu daun yang bersifat nonpersisten, semipersisten dan virus-virus yang ditularkan oleh kutu putih (whiterfly). Minyak telah berhasil digunakan dalam produksi komersial paprika, labu dan tomat di Amerika Serikat dan beberapa negara lainnya.

Non kimia

Dalam pengendalian penyakit akibat virus disamping bahan kimia juga dapat dilakukan tindakan secara non kimia seperti: pemasangan barrier tanaman atau tanaman penghalang, perangkapserangga vektor, reflektif mulsa, serangga parasit, serta penghindaran

Barrier tanaman. Tanaman penghalang sangat berguna untuk mengendalikan aphid-borne virus. Contoh: insiden pepaya ringspot virus dapat dikurangi di

Taiwan dengan menanam bibit jagung sekitar pepaya muda. Sehingga kutu daun akan landing atau hinggap pertama pada jagung lebih tinggi, dimana mereka menghisap lebih dulu tanaman sehingga menyebabkan mereka kehilangan ring spot virus yang bersifat nonpersisten yang mereka bawa. Penghalang tambahan tanaman yang diperlakukan adalah dengan insektisida akan meningkatkan efektivitas mereka.

Perangkap serangga. Kutu daun sangat tertarik dengan warna, cahaya (kutu daun sangat tertarik pada warna kuning dan memantulkan cahaya dari 500-700 nm), perangkap hisap dan hormon (feromon) perangkap yang paling umum digunakan. Contoh: Lembar kuning lengket polihene dipasang menurut arah angin bertiup dari perkebunan lada telah digunakan untuk mengurangi insiden virus kentang Y (PVY cucumber mosaic virus (CMV) pada tanaman ini.

Reflektif mulsa (mulsa yang memantulkan cahaya). Mulsa yang berbahan polyethylene putih dan mulsa plastik-aluminium umum digunakan. Mulsa ini diperkirakan bertindak sebagai penolak serangga vektor karena dapat memantulkan ultraviolet dengan demikian membingungkan kutu daun dalam upaya pendaratan mereka. Contoh: digunakan mulsa tersebut dalam pengendalian CMV dan PVY di lahan pertanaman cabai, dan virus mosaik di penanaman semangka squash di Amerika Serikat.

Serangga parasit. Pengendalian vektor virus seperti kutu putih dan thrips menggunakan predator telah dipraktekkan secara luas pada tanaman penting seperti tomat, paprika dan cucurbits tumbuh di rumah kaca, screenhouses dan di bawah pelindung di atas. Efektivitas praktik-tanaman tumbuh pada bidang belum mantap/establish..

Menghindari vektor. Penghindaran serangga vektor dapat dilakukan melalui pengaturan waktu tanam tanaman sehingga tidak bertepatan dengan waktu dimana populasi vektor tinggi, khususnya pada tahap pembibitan, ketika tanaman rentan terhadap infeksi virus. Cara paling aman untuk menghindari vektor virus adalah dengan meletakkan tanaman dalam nethouse bebas serangga. namun, hal ini mahal dan dilakukan hanya untuk tanaman-tanaman yang mempunyai nilai komersil tinggi. Menumbuhkan bibit tanaman yang paling rentan terhadap infeksi virus dalam nethouse atau screen house sampai saat tanam di lapangan dapat membantu

menunda awal terjadinya insiden virus pada tanaman. Penggunaan "jaring apung" yang longgar sebagai penutup telah dicoba untuk melindungi bibit tanaman sayuran dan tanaman muda dari vektor virus.

8.2. Eliminasi/Penghilangan sumber inokulum

Eliminasi atau penghilangan sumber inokulum untuk mengurangi serangan virus terhadap tanaman dapat dilakukan melalui: pencabutan dan pemusnahan tanaman yang terinfeksi, pemberantasan gulma dan inang alternatif, modifikasi teknik budidaya, dan penggunaan bahan tanam yang bersih.

Pencabutan dan pemusnahan tanaman terinfeksi. Untuk membatasi penyebaran virus secara efektif diantara tanaman dapat dilakukan dengan mencabut dan memusnakan tanaman terinfeksi virus saat masih muda sehingga mereka tidak lagi berfungsi sebagai sumber infeksi untuk pembawa virus sekunder.

Pemberantasan gulma dan inang alternatif. Pemberantasan gulma dari dalam dan di sekitar tanaman untuk menghilangkan sumber potensi virus. Contoh: CMV dan PVY memiliki kisaran inang yang sangat luas, menginfeksi banyak spesies gulma yang umum ditemukan tumbuh di dekat tanaman.. Pemberantasan inang alternatif sulit untuk di praktikkan di daerah tropis di mana campuran tanam dan tumpangtari digunakan secara luas. Misalnya, ketika musim panas sweet paprika yang ditanam di sekitar tanaman tomat, kemungkinan besar bahwa kutu daun akan menularkan virus-virus yang terdapat dalam tomat bagi tanaman tersebut. Kedua virus tanaman memiliki banyak kesamaan.

Modifikasi teknik budaya.

Periode bebas tanaman/pembeeraan lahan. Penanaman yang terus menerus dapat menyebabkan virus dan / atau vektor terus berkembang biak. Pembeeraan lahan atau penanaman tanaman resisten dapat mematahkan siklus ini. Contoh: *Seledri Mosaik Virus* menjadi sangat parah karena musim overlapping penanaman seledri di California selatan. Pembeeraan lahan atau periode bebas seledri dari 3-5 bulan telah memberikan kontribusi terhadap serangan ganas dari virus ini. Hasil

penelitian telah menunjukkan bahwa virus mosaik tembakau (TMV) ditemui di dalam tanah hingga 8 bulan setelah panen dari tanaman tomat, terlepas dari tanaman apa yang kemudian ditanam setelah itu. Virus ini ditemukan di dalam tanah bahkan setelah irigasi untuk tanaman beras dilakukan setelah tanaman tomat. Penanaman terus-menerus tomat atau tanaman lainnya yang rentan terhadap TMV dapat menyebabkan tingginya insiden virus.

Penanam tanaman jauh dari sumber inokulum. Penanaman tanaman jauh dari sumber inokulum atau virus merupakan teknik lainnya dengan tujuan menghasilkan tanaman bebas virus. Cara ini biasanya digunakan untuk memproduksi biji tanaman kubis dan umbi kentang yang bebas virus.

Penggunaan bahan tanam yang bersih.

Bibit-bibit disebar. Pilih bibit dari tanaman yang terlihat sehat. Dalam kasus di mana hasil infeksi virus berupa perubahan warna dan abnormalitas biji,, pilih hanya bibit yang sehat saja.. Gunakan benih bersertifikat atau perlakuan benih dengan bahan kimia atau panas. Contoh; Tomat virus mosaik (ToMV) dan tembakau mosaic virus (TMV) dapat dihilangkan dari benih tomat dengan perlakuan 30 menit dengan larutan sebesar 12,5% trisodiumphosphate. ToMV atau TMV dapat dihilangkan dari benih tomat dengan pemanasan mereka di panas kering 78C selama 2 sampai 3 hari. Hal ini penting, namun, untuk membuat kadar air biji menjadi sekitar 4-6% sebelum pengobatan, akan mengganggu perkecambahan.

Perbanyak bahan vegetatif tanaman.. Bahan bebas virus dapat diperoleh dengan pemanasan, ujung meristem tanaman dan kombinasi pemanasan yang diikuti oleh kultur meristem ujung. Tidak adanya virus biasanya dilakukan oleh virus pengindeksan.

Proteksi silang. Metode pengendalian didasarkan pada teori bahwa tanaman terinfeksi dengan salah satu strain virus sering dilindungi dari infeksi oleh strain terkait lainnya. Contoh: Ketika inokulasi buatan pada tahap bibit dengan yang dihasilkan strain ringan (strain dilemahkan) tanaman tomat telah terbukti kurang rusak parah ketika kemudian terinfeksi dengan strain alami dari ToMV. Namun cara ini, tidak lagi digunakan karena varietas tahan telah tersedia. Strain CMV ringan atau dilemahkan telah digunakan di Jepang dan China untuk

mengendalikan virus dalam penanaman tomat. Proteksi silang juga digunakan dalam kasus virus tristeza jeruk dan pepaya ringspot virus.

Kultivar Resisten. Metode kontrol virus di atas biasanya hanya sebagian efektif. Tanaman tahan terhadap virus atau vektor adalah solusi utama untuk mengendalikan virus. Tujuan utama adalah untuk menghasilkan kultivar yang mampu menahan kerugian dari penyakit virus serius dan pada saat yang sama memiliki karakter yang diterima hortikultura. Idealnya, resistensi harus mencegah entri, multiplikasi dan pergerakan virus inangnya dan harus efektif terhadap semua jenis virus. Pada kenyataannya, ada beberapa jenis resistensi (Tabel 1).

Tabel 8.1. Tipe-tipe reaksi tanaman terhadap infeksi virus

Reaksi tanaman terhadap infeksi virus					
Tipe resistensi	Replikasi virus	Penyebaran virus dalam tanaman	Virulensi virus	Gejala	Penurunan hasil
Sangat tahan (imun)	-	-	-	-	-
Tahan	+ atau +/-	-	Rendah atau tinggi	+ atau -	- atau +
Hipersensitive					
Lokal	+ atau +/-	-	Rendah	Nekrosis	- atau +
Sistemik	+	+	Rendah	Nekrosis	+ atau ++
Laten	+	+ atau -	Rendah atau tinggi	-	- atau +/-
Toleran	+	+	tinggi	- atau +	- atau +/-
Rentan	+	-	tinggi	+/++	+/++

Keterangan += ada, - + tidak ada, +/- = terbatas dan ++ = tinggi/luas.

Ada tiga masalah utama dalam memproduksi kultivar tahan virus atau kultivar tahan vektor yaitu: menemukan sumber ketahanan yang baik, menggabungkan resistensi dengan kualitas hortikultura lain yang diinginkan serta mengantisipasi kemampuan/lamanya ketahanan faktor resistensi.

Sumber resistensi dapat ditemukan di dalam kultivar, kultivar atau jenis liar (ras tanah), species yang mempunyai hubungan dekat dan genus yang lain yang sama familinya. Dua sumber yang pertama lebih disenangi oleh para pemulia dan ahli penyakit karena mudah didaot dan digunakan sesegera mungkin dalam program breeding. Species yang lain sebagai sumber resistensi sulit untuk digunakan karena ketidakcocokan (incompatibility) genetik dan/atau hubungan dekat dengan karakter yang tidak diinginkan.

Dalam screening resistensi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan yaitu: 1. populasi tanaman harus sama terinfeksi secara inokulasi buatan sehingga tanaman resisten dapat dengan mudah dibedakan dari yang rentan, 2. Tanaman yang dinokulasi virus harus dilindungi dari infeksi virus lain atau lebih penting, strain yang berbeda dari virus yang sama yang mungkin tidak dapat dibedakan secara serologi; 3. Screening untuk resistensi virus dengan penularan sap, biasanya dilakukan dengan inokulasi secara mekanik. 4. Screening resistensi terhadap virus yang bukan secara mekanik dapat dilakukan dengan cara lain seperti melalui serangga atau penyambungan; 5. Screening resistensi dapat dilakukan di laboratorium atau rumah kaca dengan inokulasi buatan atau pada kondisi lapangan menggunakan infeksi virus oleh serangga vektor secara alami. Untuk memastikan insidensi virus yang tinggi, lepaskan vektor virus dan/atau tanamtanaman yang rentan sesuai rekomendasi. Tanaman ini akan menjadi sumber inokulum. 6. Penilaian terhadap derajat infeksi dan keparahan penyakit harus dapat diandalkan/dipercaya. Pengamatan gejala secara visual tidak dapat diandalkan terutama apabila gejala sangat ringan, apabila terdapat infeksi laten, atau screenig telah selesai di lapangan dibawah kondisi alami dimana terdapat lebih dari virus. Maka uji serologi atau inokulasi pada tanaman rentan harus dilakukan untuk mempertegas hasil dan determinasi keberadaan virus dalam tanaman.

Ekslusi. Kebanyakan negara mempunyai aturan karantina yang sangat penting dengan tujuan melindungi masuknya dan introduksi penyakit virus yang spesifik, terutama yang belum diketahui penyebaran dan pengendaliannya dalam menyebarkan virus secara dunia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 1978. Plant pathology. Academic Press. New York and London.
- Aggie horticulture. 2009. Cucumber mosaic virus. Agrilife extension Texas.
- Agricultura and rural development. 2009. Pest management-disease-viral. Government of Alberta Copyright and disclaimer
- Agricultural technology information.2008. Rice plant protection. Virtual University for Agricultural trade.A project of the department of agriculture government of Kerala.
- Aidawati, N,Yusriadi, dan S. H. Hidayat. 2002. Kisaran inang virus gemini asal tanaman cabai dari Gunung Payng, Kalimantan Selatan. Kongres Nas. XVI. PFI, Bogor, Agustus 2001.
- Amin, P. W. 1987. Control of peanut stripe virus through vector management. Coord. Meeting Peanut Stripe Virus, Malang.
- Anonimous. 2009. Banana bunchy top virus (BBTV). [.http://www.invasivespecies.net/database/species/ecology.asp](http://www.invasivespecies.net/database/species/ecology.asp). diakses Juni 2010
- Baliadi, Y. dan N. Saleh. 1989. Pengendalian peanut stripe virus (PStV) pada kacang tanah (*Arachis hypogea.*). kongr. Nas. X PFI, Denpasar,Nov 1989.
- Balai PengkajianTeknologi Pertanian (BPTP). 2009. Budidaya kacang tanah di lahan kering. Banten Assessment Institute for Agricultural Technology-AIAT. <http://banten.litbang.deptan.go.id> . diakses Juni 2010

- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Sintetik Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Indonesia
- Ball, E. M. 1974. Serological tests for the identification of plant viruses. The American Phytopathology Society. Plant Virology Committee. 31 p (Describes the most commonly used serological techniques).
- Bawden, F. C. 1964. Plant viruses and virus diseases. Fourth Ed. The Ronald Press Company. New York.
- Bos, L. 1983. Introduction to plant virology. Centr.Agr. Publ.Doc. (PUDOC), Wageningen, 160p.
- Bhargava, K. S., R. D. Yoshi and S. M. A. Rizvi. 1971. Some observation on the insect transmission of sugarcane mosaic virus. Pathologists' Newsletter 6.
- BPTP Nusatenggara Barat. 2009. Pengendalian penyakit-penyakit pisang di Lombok. <http://ntb.litbang.deptan.go.id>. Diakses Juni 2010-06-24
- Berlandier, F. 2010. Aphid management and identification key. Entomology at department of agriculture western Australia. <http://agspsr34.wa.gov.au/ento/aphids>. Diakses 2010.
- Brady, N. C. 2010. IRRI. <http://www.irri.org/publications/today/brady.asp>. diakses Juni 2010.
- Cattlin, N. 2007. Cucumber mosaic virus symptoms on tobacco leaf, Thailand. Visual unlimited. Inc.
- _____. 2007. Sugarcane. <http://visualsunlimited.com/image>
- Cocalves, M. C., A.S. Satososa., I. G. Maia., C. M. Chagas and R. Harakava. 2007. Characterization of an isolate of sugarcane mosaic virus varieties. Fitopatol.bras. vol.32 no.1. Brasilia.
- Cooperative Agricultural Pest Survey, 2009. Soybean aphids. Indiana's most unwanted invasive plant pest. <http://extensio.entm.purdue.edu/cap/pest>.
- Crop Science. 2010. Pedoman pengenalan dan pengendalian opt pada tanaman tomat. <http://ditlin.hortikultura.go.id>. diakses juni 2010.
- Cohen, S. 1982. Control of whitefly vectors of viruses by color mulches. *In* Pathogens, vectors and plant diseases: approaches to control. K. F. Harris and K. Maramorosch (ed). Academic Press London
- Christie, G. R. and J. R. Edwardson. 1977. Light and electron microscopy of plant virus inclusions. Flor. Agric. Expt. Station Monorg. Series No.9.

- Darmodjo,S. 1986. Penyakit virus mosaik tebu dan cara mengatasinya dengan pemuliaan. Disertasi, Universitas Gajah Mada. Yokyakarta.
- De Bokx, J. A. 1972. Viruses of potatoes and seed potato production. Pudoc. Wageningen.
- Dinas pertanian dan kehutanan Bantul. 2010. Pengendalian penyakit virus belang pada kacang tanah. <http://warintek.bantulkab.go.id/web> . diakses Juni 2010.
- Dossa, M. I. and R. Mungur. 1986. The status of virus diseases of *Capsicum annuum* L. in Mauratius. in FAO Plant Protection bulletin. Vol. 30.3/4.
- European and Meditteranean plant protection organization. 2010. Peach rostte mosaic nepovirus. <http://www.eppo.org>. Diakses Oktober 2010.
- Ferro, D.N and D. C. Weber. 2010. Managing sweet corn pest in Massachusets. Ecological Agriculture Projects Unversuty of Massachusets. Pest management supply. co
- Fraser, R. S. S. 1990. The genetics of resistance to plant viruses. Ann. Rev. Phytopathol. 28:179-200.
- Fry, W. E. 1982. Principles of plant diseases management. Academic Press. New York.(A Detailed description of control strategies for plant diseases cause by fungi,bacteria, nematodes and viruses.
- Fulton, R. W. 1986. Practices and precution in the use of cross protection for plant virus disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 26:67-81.
- Gibbs, A. J. and B. D. Harrison. 1976. Plant virology, the principles. Edward Arnold, London
- Green, S.K and J. S . Kim. 1994. Sources of resistance to viruses of pepper (*Capsicum spp.*): a catalog. Asian vegetable research and development center. Technical bull. No.20.
- Gonsalvez, D. and Garnsey, S. M. 1989. Cross protection techniques for control o plant virus diseases in the tropics. Plant disease 73:592-597.
- Goodman,R. N., Z. Kiraly, K. R. Wood. 1986. The biochemetry and physiology of plant diseases. University of Missouri Press. Columbia
- Hadisaputro, S., S. Somowiyarjo., S. Ronopawiro., H. Hartiko. Dan W. T. Artama. Isolasi DNA tebu tahan dan rentan terhadap penyakit mosaik. *Pros. Kongr. Nas. XII PFI*. Yokyakarta. September, 1993.
- Handojo, H. and L. Legowo. 1983. Smut trials in Indonesia. *Proc. ISSCT Congr. XVIII*.

- Harris, K. F. 1977. Aphids as virus vectors. Academic Press. Inc. New York.
- Harpaz, I. 1982. Nonpesticidal control of vector-borne diseases. P. 1-21. *in* Pathogens, vectors and plant diseases: approaches to control. K. F. Harris and K. Maramorosch (ed.). Academic Press. London.
- Hibino, H., M. Roechan., S. Sudarisman and D.M. Tantera. 1977. A virus disease of rice (kerdil hampa) transmitted by brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in Indonesia. Contr. Centr.Res. Inst. Agric, Bogor.
- Hiruki, C. 1980. Increase in marketable fruit yield of commercial greenhouse tomato as the result of cross protection against tomato mosaic. SEA Synp. Pl.Dis. Tropic II. Bangkok, Oct. 1980:35 (Abstr).
- Hill, S. A. 1984. Method in plant virology. Methods in plants pathology vo. 1. Published on behalf of the British soc. For plant pathology by Blackwell Sci. Publ. Oxford. London.
- Horell, J. 2010. Color break on flowering tobacco. American Phytopathology Society.
- IRRI. 2006. Tungro. Kerjasama Badan Litbank Pertanian-IRRI. <http://www.knowledgebank.irri.org/indonesia/>. Diakses Juni 2010
- _____. 2009. Ragged stunt (rice ragged stunt virus). CIMMYT. International Maize and wheat improvement center.
- Iain, K. 2009. Potato virus details. Vegetable research department, Vegetable centre. Department of primary industries, Parks, water and environmental. Australia.
- ICTV. 2006. Tulip breaking virus. Columbia University, New York, USA. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>. diakses Oktober 2010.
- IITA. 2009. Two disease could wipe out African bananas. Expert step up control efforts. <http://www.iita.org>. diakses Juni 2010
- Kameya-Iwaki, M. 1987. Virus program in Southeast Asia sponsored by the tropical agriculture research center, Japan. Coord. Meeting 1 Peanut Stripe Virus, Malang:11.
- Koenig, R., and H. L. Paul. 1983. Detection and differentiation of plant viruses by various ELISA procedures. Acta. Hort. 127:147-158.
- Kurstak, E. 1981. handbook of plant virus infections. Biomedical Press Elsevier. North-Holland. (Extensive coverage of individual virus group, their epidemiology, identification, purification and control. A very useful book for comparative diagnosis.)
- Lange, L. 1984. Seed transmitted virus diseases: Biology detection and control. Danish Gov.Inst. Seed Pathol.Dev.countries, 69 p

- Lidged, 2009. Pest management-disease-viral. Alberta Agricultural and rural development. <http://www.gov.ab.ca>. diakses Juni 2010
- Litbang, Deptan. 2010. KIT. Elisa untuk deteksi dini peanut stripe virus (PStV).
- Lucas, J. A and C. H. Dickinson. 1998. Plant pathology and plant pathogens. Blackweel Publishing Company.
- Maramorosch, K. and H. Koprowski. 1967. Methods in virology. Vol 2. Academic Press. New York.
- Matthews,R.E.F. 1991. Plant Virology,3rd ed. Academic press. New York. (A detailed text which covers a great deal of theory- nomenclature, classification, virus structure and replication, the macroscopic, cytological and biochemical effects of viruses on host plants, vector relationships, ecology and control, including applications and results of gene manipulation techniques.)
- Mashari, M. L. 2010. Virus si biang penyakit. <http://www.tanindo.com>.
- Middleton, K. J and N. Saleh. 1987. Peanut stripe virus in Indonesia and the ACIAR Project. Coord. Meeting 1. peanut stripe virus, Malang.
- Milne, R. G. 1984. Electron microscopy for the identification of plant viruses in vitro preparations. Methods in virology. Vol.7.
- Melton,T. A., P. Moris. 2001. Control o tobacco mosaic virus on flue-curid tobacco. Plant pathology extension . North Carolina state university
- Miyazaki,M..2007. Important aphids vektors of fruit tree virus diseases in Asia .Food and Fertilizer Technology Center for the asian and pasific region.
- New South Wales Goverment. 2000. Nephottettix virescens (Distant). Agricultural scientific collection unit. <http://www1.dpi.nsw.gov.au/keys/cicadell/species>. Diakses juni 2009.
- Nurhayati., Sudarsono.,R. Suseno dan S. Mandang. 1999. Pengaruh infeksi tunggal dan campuran CMV, TMV, dan PVY terhadap produksi tiga cultivar cabai. Kongres Nas XIV PFI, Palembang. Oktober 1997.
- Oka, I .N. 1970. On out break of rice disease showing tungro symptoms in south Kalimantan, south Sumatera and lampung provinces. Seminar Centre.Res.Inst. Agric,4 Desember 1971.
- Ou, S.H. 1985. Rice diseases. Commonw Mycol Inst,2Ed Kew.
- Palmer, L.T dan Y. Soepriaman. 1977. Rice ragged stunt disease in Indonesia. Intern. Rice. Res. Newsl, 2(3):5-6.

- Partridge, J. E. 2008. Potato Virus X. Departement of plant pathology. University of Nebraska-Lincoln.
- Pest and diseases image library. 2010. Plum pox virus (PPV). <http://www.padil.gov.au> . diakses Oktober 2010.
- Ponz, F. and G. Bruening. 1986. Mechanisms of resistace to plant viruses. Ann. Rev. Phytopathol. 24:355-381
- Putnam, M. And M. Cyntia. 1996. Potato (*Solanum tuberosum*) latent viruses. Plant diseases control. Oregon state university. <http://plant-disease.pc.orst.edu/disease>. Diakses Juni 2010
- Prasetyo, J. 2007 Studi penyebaran penyakit kerdil (bunchy top virus) pada tanaman pisang di propinsi Lampung. <http://pustakailmiah.unila.ac.id>. diakses Juni 2010.
- Ruimassa, R.M.R., S. H. .Hidayat., R. Suseno dan S. Sastromarsono. 2003. Hubungan pemencaran kutu daun dengan diseminasi Potato Virus Y (PVY) pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.). Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia Vol.9 (1).2003:4-15.
- Roechan, M., M. Iwaki., S. Nasir.,D.M. Tantera dan H. Hibino. 1978. Virus disease of legume plants in Indonesia, Peanut mottle virus. Contr. Centr. Res. Inst. Agric, Bogor.
- Saleh, N. H. 1976. Studi penyakit sau pada kacang panjang (*Vigna sinensis*). Tesis. Fak. Pertanian. Univ. Gajah Mada Yokyakarta.
- _____, Hibino dan M. Roechan. 1979. Observasi mikroskop electron pada bengkakan tanaman padi yang terserng penyakit kaerdil hampa. Kongre. Nas. V. PFI. Malang, Januari 1979.
- Scholthof. 2000. Tobacco mosaic virus. The plant health instructor. American Phytopathological society. All reversed
- Sharma, P. D. 2004. Plant Pathology. Rakesh Kumar Rastogi for Rastogi Publication.. New Dehli. India
- Shing, 2003. Commercial potato production-insect management. Published by the potato council. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/potatoes>. Diakses Juni 2009.
- Soepraptopo. 1987. Kajian penggunaan kultur jaringan pada tanaman tebu khususnya klon POJ 3016. Disertasi, Universitas Gajah Mada, Yokyakarta.
- Sugirman. 2003. Perkembangan penyakit kuning dan daun keriting ada tanaman sayuran di Indonesia. Seminar Regional VI PFI Yokyakarta, Januari 2003.

- Sulyo, Y. 1984. penyakit-penyakit yang disebabkan oleh virus pada tanaman kacang panjang dan kemungkinan cara pengendaliannya. Sem. Hama penyakit sayuran. Cipanas, Mei 1984.
- _____. 1988. Usaha pengendalian tobacco mosaic virus (TMV) pada tanaman tomat dengan proteksi silang. Bull. Penel. Hort. 15(3),89-93.
- Sutarya, R. 1989. Beberapa virus penting pada tanaman tomat di kecamatan Lembang (kabupaten Bandung). Bull. Penel. Hort. 18(4), 72-79.
- Syamsul, B dan T. Arianti. 2007. Penyakit kuning pada cabai. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai pengkajian teknologi pertanian Jawa tengah.
- Sri Sulandari, R. Suseno, S.H. Hidayat, J. Harjosudarmo dan S. Sastromarsono. Deteksi virus gemini pada cabai di daerah istimewa Yogyakarta. Kongres Nas XVI PFI. Bogor, Agustus 2001.
- Tantera, D.M. 1974. Field screening for tungro and grassy stunt in Indonesia. IRRI Conference, April 1972.
- Walker, J.C. 1969. Plant pathology. McGraw-Hill Co. New York. Viral view. 2009. Virus in Potatoes.
- Walkey, D. G. A. 1980. Production of virus-free plants by tissue culture p. 109-117. *in* Tissue culture methods for plant pathologists. D. A. Ingram and J. P. Helgeson (ed.) Blackwell. Oxford.
- Wyman, J. A., N. C. Tosnaco., K. Kido., H. Johnson. And K. S. Mayberry. 1979. Effects of mulching on the spread of aphid-transmitted watermelon mosaic virus to summer squash. J. econ. Enom. 72:139-143
- Yanfirwan, Y., L.T. Palmer dan D. M. Tantera. 1979. Kemungkinan pemberantasan penyakit kerdil hampa dengan penyemprotan pada persemaian. Kongr. Nas. V.PFI. Malang, Januari 1979.
- Vanderveken, J. J. 1977. Oils and other inhibitor of nonpersistent virus transmission. *in* Pathogens, vectors and plant diseases: approaches to control.
- Vidhyasekaran, P. 2004. Concise encyclopedia of plant pathology. Food products Press and Haworth references Press.

DAFTAR INDEX

- Abaca (*Musa textile*) 39,40
Abrasi 7
Agensia 5
Agregat 64
Akuisisi 23,24,25,26,27,34,41,
48,51,68,72
Akumulasi 14, 50
Alami 42
Alat pertanian 57
Alfalfa mosaic virus,6, 23,29
Amaranthus hybridus L 53
Antigen 68,69
Antibodi 68, 69,70
Aphid 22,24, 41,72
Aphis glycine 54,56
Aphis gossypii Glov. 42
Amarantaceae 52
Asam amino 6,10
Asam deoksiribunukleat (DNA) 2,5
Asam inti 5
Asam nukleat 1,2, 3,5,6
Asam phosphotungstic (PTA) 64
Aurromycin 66
Bakteri 1,2, 3,17,66
Batang 6,11,15,17,32,36,37,40,50,54
56.65
Beta vulgaris L ,14,53 67
Brassica oleracea L. 67
Buffer fosfat 65
Banana Bunchy top 39,40,41
Bunga tulip 2,16
C. quinoa 54
Canna spp. 41,42
Capsicum annuum L.53
Cassia occidentalis, 67
Cauliflower Mosaic Virus, 4,18
Cercopora janseana. 5,22
Chenopodiaceae 52
Chenopodium amaranticolor 54,67
Claumimovirus 10
Coccinella 53
Coconut cadang-cadang viroid 8
Collodion 64
Cucumber pale fruit viroid, 8

Cucumber Mosaic Virus 17,23,61,73
Cucumis sativus L. 67
Dahlia Mosaic Virus.5,22
Datura stramoium L. 53
 Deoksiribonukleat 5
 Dependent 1, 9
Desmodium sp 54
 Distorsi 14, 17
 Distribusi 11
 DNA polimerase 10
 Eklusi 77
 Ekpresi 6
 Eksistensi 7
 Eliminasi 74
 ELISA 68,69,70
 Endemik 44
 Enzim 3,6,9,69,70
 Enzim gamma globulin 69,70
 Epidemi 22,42
 Epidemiologi 71
Epilacna 53
Etched Ring Virus 5
 Ethylenedichloride 65
 Fisiologi 13,14
 Floem 11,14,24,25,26, 36,45
 Fragmen kloroplas 65
 Gall 45
 Gejala 13,14,15,16,17,18,19,27
 32,33,34,36,37, 38,39,40
 42,43,45,46,47,48,50,52
 53,54,55,56,57,58,59,60,61
 Genetik virus 8
 Genom 1
 Genotipe 13
 Genus 25,26,27,8
Gomphrena globosa L. 54,67
 Grassy stunt 47
 Groundnut mottle virus 56
 Gumosis 18
 Helical 6
Heliconia 41
 Histologis 14
 Hormon (feromon) 73
 Host-spesifik 24
Hysteronura setariae 54
 Immunoelectron-
 mikroskop (IEM) 68,69
 Immunosorbent 68, 69
 Inang 5,6, 7,8,9,10,13,14,18,21,22
 23,25,27,28,29,32,36
 Incompatibility 77
Indigofera sp. 54
 Infeksi 6,7,8,9,11,13,18,27,37,44
 50,58,62,64,73,74,75,77
 Infeksi sistemik 11,54,64
 Infektif 1,23,24,36,38,41,43
 46,48,51,57,61
 Informasi genetik 2,5
 Inklusi bodi 14,54
 Inokulasi 6,9,23,25,27,34,36,38,46
 48,57,64,66,68,72,75,77
 Inokulum 27,74,75,77
 Insektisida 42,47,49,51,55,62,
 71,72,73
 Isometrik 6,43,48
 Karakteristik virus 6
 Kerdil hampa 45,46
 Kerdil rumput 47,48
 Kerugian 1
 Kerusakan mekanik 7
 Ketahanan in vitro/Longevity in vitro
 (LIV) 66
 Kloroform 65
 Klorosis 15,33,59,60
 Klorotik 45,55,58
 Kode untuk replikasi 10
 Kontak 9,21,30
 Kualitas 1,5,37,45,77

Kuantitas 1,5,37,45,77
 Malai 42,45,48
 Kultivar 39,50,76
 Kultivar Resisten 76
 Kutikula 7
 Kutu daun 22,41,51,56,57,61,72,73
 Kutu putih (whiterfly) 22,4,25,72,73
 Leguminocaea 52
 Lesio 2,11,15,17,52,63,64
 Lesio lokal 2, 11,15,52
 Lipoprotein 5
 Luka 1,9,21
Lycopersicum esculentum Mill. 31,53
Maize Streak Virus, 5
 Makan akuisisi 15,16,17,23,28,
 34,36,41,48,51,68
 Mantel pelindung 5
Marmor astricum Holmes. 61
Marmor sacchari Holmes. 57
Marmor tabaci Holmes 59
Marmor upsilon Holmes 50
 Masa inkubasi 41,43,48
 Masa laten 38
 Masa makan inokulasi 38,46
 Mercaptoethanol 27
 Meristem 11
 Meristem apeks 11
 Meristem ujung 11
 Metabolisme 2
 Mikoplasma 36
 Mikroskop elektron 5,14,64,65,69
 Milimikron 5
 Mosaik ringan (mild mosaic) 50
 Molekul protein 10
 Mosaik 2, 22, 24,31,32,33,50,51,52
 53,56,57,58,59,60,61,63
 Mosaik berat (severe mosaic) 50,53
 Mosaik foliar 50
 Mosaik laten 51,52
 Mottling 50
 Mulsa 35,72,73
 Multikomponen 8
 Multiplikasi 11
Musa textilis (abaca). 39
 Mutan 5
Myzus perseicae Sulz. 51,57
N. clevelandii 54
N. virecens. 43,44
 Nanometer 5
 Nekrosis 14,15,16,17,50,52,60
 Nematoda 2,7,28,72
Nephotettix malayanus 43,44
Nicandra sp. 67
Nicotiana benthamiana L.54
Nicotiana glutinosa L 53,67
Nicotiana tabacum L. 67
Nilaparvata lugens (Stal).47,48,49
 Nimfa 24,27,41
 Nonpersisten 22,23,43,51,54,
 61,72,73
 Nukleotida 6,9
O. nivara 46
 Olpidium 28
 Parasit 1,7,22,28,72,73
 Parasit obligat 22,28
 Parenkhima 14
 Partikel 2,5,6,7,15,28,34,38,41,
 46,48,50,54,56,
 59,64,65,69
 Patogen 1,2,7,13,22,31,32,36,
 39,48,57,63
 Peanut stripe virus (PStV) 54
 Pelepasan selubung protein 9
 Pembenanaman jerami 44
 Pemberaan atau rotasi tanaman. 44
 Pemberantasan 37,74
 Penanaman bibit 39
 Penanaman varietas tahan 47, 49
 Pengelolaan 22,58,62

Pengendalian 33,35,37,39,42
 44, 47,49,51,53,55,56
 58,60,62,71
Pentalonia nigrovercosa Coq. 41
 Penularan 21,22,23,24,25,26,27
 28,29,30,33,34,36,38,41,
 43,46,48,51,53,54,56,57,
 60,61
 Penyakit bilur 53
 Penyakit cadang-cadang 7
 Proliferasi 17,45
 Protein 5,6,7,9,10,11,61
 Proteksi 75,76
 PStV 54,55
 Racun 1
 Ragged stunt 45
 Rentan 9,42,44,50,52,56,63
 Reovirus. 10
 Replikasi 2,5,7,9,10,14,24
 Resistensi 71,76,77
Rhopalosiphum maydi s Fitch..57,58
 Ribosom 1,3,10
 Rimpang 11
 RNA 2,5,6,7,8,9,10,11
 RNA pembawa pesan 10
 RNA pemindah (transfer RNA) 10
 RNA replikasi 9
 RNA satelit 7,8
 RNA-polimerase 9
 RNA-sintesis 9
 Rugose 50
Saccharum virus 1 (Brandes) Smith 57.
 Sandi more. 39
 Sanitasi 33,35,42,49
 Satelit virus (SV) 7
 Satellitism 7
 Screenhouses 73
 Screening resistensi 77
 Sekresi 18
 Sel 9,10,11
 Sel parenkim 11
Seledri Mosaik Virus 74
 Sel 1, 2,3,5
 Selubung protein 5,9,10
 Semipersisten 22,23,27,72
 Senyawa fenol. 42
 Serangga 7,9,18,22,23,24,25,
 27,34,35,36,38,41,43,
 45,46,48,49,51
 Serbuk sari 7,21,29
 Serologi 68
Sesamum indicum 54
 Sintesis 2,6,9,10,11
 Sirkulatif 23,24,25
 Sirkuler 7,8
 Sistemik 11,54,64
 Sitoplasma 9
 Sodiudodecylsulfate (SDS) 69
 Solanaceae 33,52
Solanum melongina L. 67
Solanum tuberosum L. 67
Solanum virus 2 Smith 50
 Spesifik 1, 28,32,68,69,70,77
 Spiral 6,45
 Spongiospora 28
 Spora 2
 Sporadis 47
 Stek 7
 Stem 14,50
 Strain 29,33,52,57,59,67,
 75,76,77
 Streptomisin 66
 Submikroskopik 1
 Subtropik 24
 Sub-unit protein 6,7,10
Sugarcane mosaic virus 57
 Sumber energi 10

Sunspray 6e ® 72
 Sunspray 7e ® 72
 Tembakau 2,14,32,33,49,53,58
 59,60,61
 TMV 58,59,60
 Thermal Inactivation point (TIP) 66
 Thrips 22,27,73
 Titik batas pengenceran /
 Dilution end point (DEP) 67
Tobacco mottle virus 7
Tobacco necrosis virus (TNV) 7
 Toleran 18,50
 Tomat virus mosaik (ToMV) 32,75
Tomato bunchy-top viroid. 8
 Top necrosis. 52
 Transovarial. 22,25,27,46,49
Trifolium incarnatum 54
 Trisodiumphosphate 75
 TSWV 27
 Tungro 25,42,43,44,46
 TYLCV 34
 Ultra violet 6,25
 Umbi 7,38,39,50,52,53
 Umbi lapis 7
 Umbi-umbian 11
 Uranil acetat (UAS) 64
V. sesquiedalis, 54
 Vektor 1,7,9,21,22,23,24,25,25,
 27,28,33,34,35,36,38,39,
 41,43,45,46,47,48,49,51,
 54,55,56,60,61,62,64,68,
 71,72,73,74,76,77
 Vegetatif 7,75
 Vein banding 49,50,52,59
 Veinclearing 40,58
 Vein-distorting virus 7
Vicia faba L. 53,67
Vigna sinensis Endl 67
Vigna unguilata, 54
 Virion 5,8
 Viroid 7
 Virologist 65
 Virulansi 57
 Virus 1,2 3,4,5,6,7,8,9,10,11,
 13,14,15,16,17,18,21,22,,
 23,24,25,26,27,28,29,30,
 32,33,34,35,36,37,38,39,
 41,42,43,44,45,46,47,48,
 49,50,51,52,53,54,55,56
 57,59,60,61,63,64,66,67,
 68,69,70,71,72,73,74,75,
 76,77
 Virus belang kentang 51
 Virus satelit 6,7
 Virusoid 7
 Virus-specific 69,70
 Whitefly 24,25
 Wound tumor virus 6
 X bodies 15
 Xiphinema 28
 Xylem 14
Zinnia elegans Jacq. 67