



SCIENCE
INNOVATION
NETWORKS

Penyakit-Penyakit Penting pada **UBI KAYU**

Deskripsi, Bioekologi, dan Pengendaliannya



Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian

Penyakit-Penyakit Penting pada Ubi Kayu

Deskripsi, Bioekologi, dan Pengendaliannya

Penyakit-Penyakit Penting pada Ubi Kayu

Deskripsi, Bioekologi, dan Pengendaliannya

Oleh:

Nasir Saleh

Didik Harnowo

I Made Jana Mejaya



Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian

2016

SALEH, N.

Penyakit-penyakit penting pada ubi kayu: deskripsi, bioekologi, dan pengendaliannya/
Nasir Saleh, Didik Harnowo, dan I Made Mejaya.-- Malang: Balai Penelitian Tanaman
Aneka Kacang dan Umbi, 2016.

xii, 167 p.; illus.; 21 cm

ISBN : 978-602-95497-9-9

1. PENYAKIT UBIKAYU 2. PENGENDALIAN PENYAKIT 3. BIOEKOLOGI

I. Judul II. Harnowo, D. III. Mejaya, I M.

633.493-2

Sal

P

Pencetakan buku ini dibiayai DIPA Balitkabi 2016

Diterbitkan oleh:

Balitkabi

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jl. Raya Kendalpayak km 8 Malang, Kotak Pos 66 Malang 65101

Telp. 0341-801468 Fax. 0341-801496

Email: balitkabi@litbang.pertanian.go.id

Website: <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id>

PENGANTAR

Posisi ubi kayu saat ini bertambah penting. Selain sumber bahan untuk pangan, khususnya kudapan yang banyak diproduksi oleh industri rumah tangga, ubi kayu saat ini juga semakin penting untuk bahan baku industri, pakan, dan juga bahan bakar terbarukan (bioetanol). Oleh karena itu peningkatan produksi ubi kayu harus mendapat perhatian lebih. Produksi ubi kayu dapat ditingkatkan dengan penerapan teknologi budidaya yang tepat, yaitu penanaman varietas dan bibit unggul, pengairan, pemupukan, serta pengendalian organisme pengganggu (gulma, hama, dan penyakit tanaman), dan panen tepat waktu.

Pengendalian penyakit pada tanaman ubi kayu lebih sulit dibanding pengendalian hama, karena pada umumnya gejala penyakit lebih sulit dideteksi. Penyakit pada ubi kayu di pertanaman disebabkan oleh patogen jamur, bakteri, dan virus tanaman. Sedang setelah panen, umbi ubi kayu juga masih dapat terserang oleh penyakit simpanan, terutama jamur dan bakteri. Selain menurunkan produksi, serangan penyakit pada ubi kayu juga mengakibatkan penurunan kualitas. Oleh karena itu penyakit tanaman perlu dipahami dan selanjutnya dikendalikan.

Secara umum, pemahaman masyarakat umum termasuk petani ubi kayu tentang penyakit tanaman masih sangat kurang. Hal tersebut antara lain disebabkan patogen penyebab penyakit tanaman berupa mikroorganisme yang sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat dengan kasat mata. Kondisi tersebut berbeda dengan serangan oleh hama tanaman di mana organisme perusak dan kerusakan yang diakibatkan dapat dengan mudah dilihat dengan mata, sehingga dapat lebih mudah diketahui dan dipahami kerugian akibat serangan hama tersebut.

Hingga saat ini, hasil-hasil penelitian dan informasi tentang penyakit ubi kayu di Indonesia masih sangat terbatas, dan separuhnya ditulis dalam bahasa Belanda sebelum kemerdekaan. Oleh karena itu dalam menyusun buku ini di samping sumber-sumber yang berasal dari dalam negeri, juga diambil dari negara-negara produsen ubi kayu di luar negeri terutama dari Afrika dan Amerika Latin. Dalam buku ini dibahas jenis-jenis penyakit yang menyerang tanaman ubi kayu di lapangan yang disebabkan patogen jamur, bakteri, dan

virus tanaman baik yang ada di Indonesia maupun di luar negeri meliputi aspek deskripsi gejala, penyebaran, bioekologi, dan epidemi, serta arti penting dan pengendaliannya. Selain penyakit pra-panen juga dibahas penyakit pascapanen dan cara pengendaliannya.

Balai menyampaikan penghargaan kepada para penulis yang telah meluangkan waktu dan tenaga sehingga buku ini dapat diterbitkan. Mudah-mudahan buku ini bermanfaat bagi mahasiswa, para petugas dan para pihak yang berkepentingan dengan pengembangan ubi kayu.

Malang, Desember 2016

Kepala Balai,

Dr. Didik Harnowo

NIP 195812211985031002

ARTI SINGKATAN DAN PADANAN DALAM BAHASA INDONESIA

***Disease*—penyakit**

- *Disease triangle*—segitiga penyakit
- *Disease pyramide*—piramida penyakit
- *Disease incidence*—kejadian penyakit
- *Disease intencities*—intensitas penyakit

***Disease Symptoms*—gejala penyakit**

- *Malformation*—malformasi—berubah bentuk
- *Mosaic*—mosaik
- *Mottle*—belang, bangkas
- *Recovery*—penyembuhan
- *Symptomless*—tanpa gejala
- *Vein clearing*—tulang daun terang
- *Wilting*—layu
- *Yellowing*—menguning
- *Necrosis*—nekrosis
- *Dry rot*—busuk kering
- *Root rot*—busuk akar/umbi
- *Stem rot*—busuk batang
- *Black rot*—busuk hitam
- *Soft rot*—busuk basah, busuk lunak

***Transmission*—penularan**

- *Mechanical inoculation*—inokulasi mekanis
- *Grafting*—penyambungan
- *Seed born*—terbawa biji
- *Seed transmitted*—tular biji
- *Soil born*—terbawa tanah
- *Soil inhabitant*—penghuni tanah

Fungal disease—penyakit jamur

- *Brown leaf-spot*—bercak daun coklat
- *Diffuse leaf-spot*—bercak daun baur
- *Concentric ring leaf-spot*—bercak daun cincin melingkar
- *White leaf-spot*—bercak daun putih
- *Anthracnose*—antraknose
- *Dry root-rot*—busuk kering umbi
- *Stem/root rot*—busuk batang/umbi

Bacterial disease—penyakit bakteri

- *Bacterial blight*—hawar bakteri
- *Bacterial wilt*—layu bakteri
- *Sudden wilt*—layu mendadak

Virus disease—penyakit virus

- CCMV (*Cassava common mosaic virus*)—virus mosaik biasa ubi kayu
- CGMV (*Cassava green mottle virus*)—virus belang hijau ubi kayu
- CVMV (*Cassava vein mosaic virus*)—virus mosaik vena ubi kayu
- CIBV (*Cassava iverian bacilliform virus*)—virus basil iverian ubi kayu
- ACMV (*African cassava mosaic virus*)—virus mosaik ubi kayu Afrika
- CBCV (*Cassava brown streak virus*)—virus bergaris coklat ubi kayu
- CFSV (*Cassava frog skin virus*)—virus kulit katak ubi kayu
- EACMV-UG (*East African cassava mosaic virus-Uganda*)—virus mosaik ubi kayu Afrika Timur- Uganda
- EACMV-C (*East African cassava mosaic virus-Cameroon*)—virus mosaik ubi kayu Afrika Timur- Kamerun
- EACMV-Z (*East African cassava mosaic virus-Zanzibar*)—virus mosaik ubi kayu Afrika Timur-Zanzibar
- ICMV (*Indian cassava mosaic virus*)—virus mosaik ubi kayu India
- *Witches' broom*—sapu setan

Virus properties—sifat virus

- TIP (*thermal inactivation point*)—titik suhu inaktivasi
- DEP (*dilution end point*)—titik pengenceran akhir
- *Longevity*—lama penyimpanan
- *Spherical*—bulat
- *Bacilliform*—bentuk batang ujung membulat
- *Rod*—batang kaku
- *Flexious*—batang lentur
- *Filamentous*—filament, benang

Detection methods—metode deteksi

- ELISA (*enzyme-linked immunosorbent assay*)—uji immumosorben terikat enzim
- DAS-ELISA (*double antigen sandwich ELISA*)—ELISA antigen ganda
- *Dot blot hybridization*—hibridisasi noktah
- PCR (*polymerase chain reaction*)—reaksi rantai polimer
- *Nested PCR*—PCR tersarang
- AFLP (*amplified fragment length polymorphism*)—polimorfisme panjang fragment yang diamplifikasi
- RFLP (*restriction fragment length polymorphism*)—polimorfisme panjang fragmen terbatas

Post harvest deterioration—kemunduran setelah panen

- *Physiological deterioration*—deteriorasi/kemunduran fisiologi
- *Secondary deterioration*—deteriorasi/kemunduran sekunder

Epidemiology—epidemiologi

- *Simple interest*—bunga sederhana
- *Compound interest*—bunga majemuk, bunga berbunga
- *Population*—populasi
- *Outbreak*—ledakan
- *Primary inoculum*—inoculum awal
- *Infection rate*—laju infeksi

***Pest control*—pemberantasan hama/penyakit**

- *Protection*—perlindungan, proteksi
- *Protectant*—bahan perlindungan
- *Cross protection*—perlindungan silang
- *Attenuated virus*—virus yang dilemahkan
- *Integrated pest management*—pengelolaan hama/penyakit terpadu
- *Integrated disease management*—pengelolaan penyakit terpadu

***Resistance*—ketahanan**

- *Horizontal resistance*—ketahanan horizontal
- *Vertical resistance*—ketahanan vertikal
- *Induced resistance*—ketahanan induksi
- *Field resistance*—ketahanan lapang

***Research institute*—lembaga penelitian**

- ADAP (*Agricultural Development in the American Pacific*)—Pengembangan Pertanian di Amerika Pasifik
- CIAT (*Centro Internacional de Agriculturs Tropical*)—Pusat Internasional untuk Pertanian Tropika
- COPR (*Centre for Overseas Pest Research*)—Pusat penelitian Hama
- FAO (*Food and Agriculture Organization*)—Organisasi pangan dan pertanian
- IITA (*International Institute for Tropical Agriculture*)—Lembaga Internasional untuk Pertanian Tropika
- IBPGR(*International Board for Plant Genetic Resources*)—Badan Internasional untuk Sumberdaya Plasmanutfah Tanaman
- ICTV (*International Committee on Taxonomy of viruses*)—Komite Taksonomi Virus Internasional

DAFTAR ISI

PENGANTAR	v
ARTI SINGKATAN DAN PADANAN DALAM BAHASA INDONESIA	vii
I. PENDAHULUAN	1
Karakteristik Tanaman Ubi Kayu	1
Ubi Kayu di Indonesia	2
II. PENYAKIT TANAMAN UBI KAYU	3
III. BIOEKOLOGI DAN EPIDEMIOLOGI	6
Bioekologi	6
Epidemiologi	13
IV. POLA PERKEMBANGAN PATOGEN DAN EPIDEMI	19
Pola perkembangan patogen	19
Pola perkembangan epidemi	20
V. ARTI EKONOMI PENYAKIT TANAMAN UBI KAYU	23
VI. PENYAKIT PRA-PANEN TANAMAN UBI KAYU	30
Penyakit Jamur	32
<i>Brown leaf-spot</i> (Bercak daun coklat)	33
<i>Diffuse leaf-spot</i> (Bercak daun baur)	40
<i>White leaf-spot</i> (Bercak daun putih)	42
<i>Concentric ring leaf spot</i> (Bercak daun cincin melingkar) ...	44
<i>Anthrachnose</i> (Antraknose)	46
<i>Dry rot</i> (Busuk kering)	52
<i>Stem/root rot</i> (Busuk batang/umbi)	56
Penyakit Bakteri	66
<i>Cassava bacterial blight</i> (Hawar bakteri ubi kayu)	67
<i>Angular leaf-spot</i> (Bercak daun menyudut)	78
<i>Bacterial wilt/Sudden wilt</i> (Layu bakteri/layu mendadak) ...	80
<i>Stem/root soft rot</i> (Busuk batang/ubi)	83

Penyakit Virus Dan Mikoplasma	85
<i>Cassava common mosaic virus</i> (CCMV)	87
<i>Cassava green mottle virus</i> (CGMV)	90
<i>Cassava vein mosaic virus</i> (CVMV)	91
<i>Cassava Ivorian bacilliform virus</i> (CIBV)	94
<i>African Cassava mosaic virus</i> (ACMV)	97
<i>Cassava brown streak virus</i> (CBSV)	108
<i>Cassava frog skin disease</i> (CFSD)	117
<i>Witches' broom</i> (sapu setan)	120
VII. PENYAKIT PASCA-PANEN)	124
Patogen penyebab	126
Arti penting	127
Faktor yang berpengaruh	128
Pengendalian	130
VIII. PENGELOLAAN PENYAKIT TANAMAN TERPADU	133
Komponen Pengelolaan Penyakit tanaman Terpadu (PPTT)	133
Strategi pengelolaan penyakit tanaman ubi kayu	136
PPTT pada tanaman ubi kayu	138
Optimasi PPTT	141
DAFTAR PUSTAKA	144

I. PENDAHULUAN

Karakteristik Tanaman Ubi Kayu

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) secara geografis berasal dari Brazilia Tengah yang berkembang ke negara-negara Amerika Latin lainnya, hingga melintas ke benua Afrika dan Asia. Ubi kayu merupakan tanaman yang mempunyai edafik iklim yang sangat bervariasi, tersebar pada daerah mulai dari 30° LS–30° LU, dapat hidup pada daerah dengan tinggi tempat 0–2300 m di atas permukaan laut (dpl), pada daerah semi arid tropik (curah hujan, 600 mm/tahun) hingga tropik semi basah (curah hujan >1500 mm/tahun), pada kisaran suhu 15–38 °C (optimum pada suhu 25–27 °C). Ubi kayu sebetulnya merupakan tanaman yang menyukai sinar matahari penuh (*sun loving plant*), namun ternyata di lapangan cukup toleran pada kondisi ternaungi hingga 40%.

Sebagai bahan pangan, total produksi ubi kayu di seluruh dunia mencapai 269.125.963 ton, terbesar ke empat setelah sereal (jagung, padi, dan gandum). Negara penghasil utama ubi kayu antara lain: Nigeria, Thailand, Indonesia, Brasil, Angola, dan Mozambique (FAO Stat. 2012). Di negara-negara di benua Afrika, ubi kayu menjadi makanan utama bagi lebih kurang 500 juta penduduk.

Tanaman ubi kayu mempunyai beberapa keunggulan dibanding tanaman pangan lainnya antara lain: toleran kekeringan, toleran pada lahan-lahan sub-optimal (lahan masam, Al dapat ditukarkan tinggi, serta relatif miskin hara). Ubi kayu juga merupakan tanaman yang sangat efektif mengeksplorasi unsur hara sehingga tanaman ini dapat hidup dan menghasilkan ubi pada lahan sub-optimal. Karakteristik tersebut mendorong ubi kayu banyak diusahakan pada lahan kering dengan jenis tanah Ultisol, Alfisol, dan Inceptisol. Di Afrika tanaman tersebut oleh petani dijuluki dengan nama Rambo, tokoh fiktif tentara maritim Amerika Serikat yang kuat, ulet dan selalu menang di berbagai pertempuran.

Secara umum di banyak negara penghasil ubi kayu, tanaman ini sebagian besar diusahakan oleh petani kecil dengan modal lemah, dan tingkat pendidikan yang rendah. Oleh karena itu di dalam mengusahakan dan berbudidaya ubi kayu umumnya dilakukan dengan cara kurang intensif, menggunakan teknologi budidaya yang sederhana termasuk pengendalian terhadap hama/penyakit tanaman. Sebagian besar petani tidak melakukan upaya khusus untuk mengendalikan penyakit tanaman.

Ubi Kayu di Indonesia

Sebagai sumber karbohidrat, tanaman ubi kayu sudah sejak lama dikenal dan dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Tanaman ini telah tersebar luas di seluruh wilayah Indonesia. Daerah sentra produksi ubi kayu antara lain Provinsi Lampung, Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Ubi kayu sebagian besar diusahakan di lahan kering beriklim kering ataupun iklim basah, baik ditanam secara monokultur ataupun tumpangsari dengan tanaman pangan lainnya, dan hanya sebagian kecil diusahakan di lahan sawah, terutama pada sawah tadah hujan atau irigasi terbatas setelah tanaman padi dipanen.

Di Indonesia ubi kayu dimanfaatkan sebagai bahan pangan, pakan, bahan baku industri, dan bahan bakar (*fuel*). Namun hingga kini sebagian besar ubi kayu masih digunakan sebagai bahan pangan baik secara langsung ataupun setelah mengalami proses industri, dan hanya sebagian kecil yang digunakan untuk pakan, dan bahan baku industri (termasuk untuk bioetanol).

Pada tahun 2013, luas panen ubi kayu lebih kurang 1,1 juta ha dengan total produksi mencapai 24 juta ton, dan rata-rata hasil 22 t/ha (BPS 2013). Hasil tersebut menempatkan Indonesia sebagai negara produsen ubi kayu ke dua setelah Nigeria. Rata-rata hasil 22 t/ha tersebut masih jauh di bawah rata-rata hasil beberapa varietas unggul yang dapat mencapai 35–40 t/ha (Balitkabi 2013). Salah satu penyebab rendahnya hasil ubi kayu tersebut adalah adanya serangan hama dan penyakit tanaman.

II.PENYAKIT TANAMAN UBI KAYU

Masyarakat pada umumnya beranggapan bahwa penyakit tanaman ubi kayu bukan merupakan faktor penting dalam budidaya komoditas tersebut, namun banyak bukti dan pengalaman menunjukkan bahwa penyakit tanaman pada tanaman ubi kayu cukup banyak dan pada kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan penyakit seringkali dapat menimbulkan kerugian hasil yang besar. Di Nigeria, penyakit antraknose yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloesporioides* banyak menimbulkan kerusakan tanaman ubi kayu, bahkan mengakibatkan kelaparan bagi penduduk yang memanfaatkan ubi kayu sebagai makanan pokok (Fokunang *et al.* 2001b). Di sebagian besar negara penghasil ubi kayu di Afrika, dan Amerika Latin penyakit hawar bakteri yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* dapat mengakibatkan tanaman rusak berat dan menurunkan hasil yang besar (Lozano 1986). Di negara-negara produsen ubi kayu di Afrika (Nigeria, Uganda, Kenya), penyakit mosaik ubi kayu yang disebabkan oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) dan penyakit virus bergaris coklat ubi kayu (*Cassava brown streak virus*=CBSV) menimbulkan kerugian yang sangat besar dan bahkan mengakibatkan kelaparan bagi penduduknya yang menggunakan ubi kayu sebagai makanan pokoknya (Fargette *et al.* 1987; 1988; Thresh *et al.* 1997; Adjata *et al.* 2011).

Di Indonesia, penyakit layu oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum* pernah menimbulkan kerusakan yang serius pada pertanaman ubi kayu di Lampung pada tahun 1980-an (Nakagawa 1978). Beberapa tahun terakhir penyakit busuk umbi yang oleh masyarakat dikenal dengan nama penyakit “leles”, dan diketahui berasosiasi dengan jamur tanah *Fusarium* spp., *Botryodiplodia* spp., *Sclerotium* spp. menyerang pertanaman ubi kayu di Lampung dan berbagai daerah di Jawa (Rahayu dan Saleh 2013). Namun sayangnya data kerugian hasil tidak terdokumentasi dengan baik, sehingga tidak diketahui secara pasti kerugian akibat penyakit tersebut.

Selain di lapangan, setelah dipanen ubi kayu/produk ubi kayu dalam penyimpanan juga masih berpeluang diserang oleh beberapa jamur dan bakteri yang juga dapat mengurangi kuantitas dan kualitas sehingga tidak dapat diterima konsumen ataupun tidak dapat dikonsumsi. Beberapa patogen yang menyerang pertanaman ubi kayu di lapang seperti *Botryodiplodia theobromae* dan *Fusarium*

oxysporum dapat melanjutkan serangannya pada ubi/produksi ubi kayu yang disimpan.

Kehilangan hasil ubi kayu terjadi pada periode pasca panen (*post harvest*) dimulai saat panen, pengangkutan, penyimpanan, prosesing hingga sampai di konsumen. Oleh karena itu besarnya kehilangan hasil akan bervariasi dari musim ke musim, antar negara, tergantung bagaimana ubi kayu tersebut diproduksi, diproses dan dikonsumsi. Di beberapa negara di Afrika, dimana ubi kayu merupakan makanan bagi sebagian besar penduduknya kehilangan hasil tersebut berkisar antara 20–30% (Sandifolo 2005; NRI 2014).

Seperti halnya penelitian penyakit pra-panen, penelitian penyakit pasca-panen pada ubi kayu juga masih sangat terbatas. Pusposendjoyo (1980) melaporkan bahwa pada galek ubi kayu dapat diisolasi jamur *Aspergillus*, *Penicillium*, *Botryodiplodia*, *Monilia* dan *Fusarium*. Namun sejauh ini data kehilangan hasil juga tidak terdokumentasi.

Sifat tanaman ubi kayu yang toleran kekeringan dan adaptif pada lahan yang kurang subur mendorong komoditas ini berkembang pada lahan-lahan kering dengan jenis tanah Ultisol, Alfisol, dan Inseptisol yang kurang subur. Di beberapa daerah di pulau Jawa, ubi kayu banyak diusahakan di lahan kering oleh petani dengan kondisi sosial ekonomi yang kurang mampu untuk dimanfaatkan sebagai cadangan makanan bagi mereka pada saat musim paceklik. Pada umumnya mereka menjadikan komoditas ubi kayu sebagai tanaman sekunder sehingga tidak atau kurang mendapat perhatian yang cukup. Teknologi budidaya yang digunakan (termasuk cara pengendalian penyakit) masih sederhana, bahkan sebagian besar petani tidak melakukan pengendalian terhadap serangan hama dan penyakit tanaman. Oleh karena itu dapat dipahami produktivitasnya juga rendah. Namun di beberapa daerah lainnya seperti Provinsi Lampung, dan beberapa kabupaten di pulau Jawa (Kabupaten Pati, Kediri, Malang), dimana di daerah tersebut sudah berkembang berbagai industri yang menggunakan bahan baku ubi kayu, petani pada umumnya telah menerapkan teknologi produksi yang cukup maju terutama dalam hal pemberian pupuk anorganik maupun pupuk organik. Namun pemahaman mereka terhadap penyakit tanaman juga masih sangat rendah. Hal tersebut tercermin dari anggapan mereka bahwa adanya serangan penyakit bercak daun coklat adalah sebagai tanda bahwa pertanaman mereka mulai berumur.

Demikian juga adanya serangan penyakit hawar bakteri yang ditandai dengan daun menguning, dianggap sebagai proses penuaan daun semata.

Rendahnya pemahaman petani terhadap penyakit tanaman ubi kayu antara lain disebabkan: patogen penyebab penyakit (jamur, bakteri, fitoplasma, dan virus) merupakan mikroorganisme yang berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat dengan kasat mata, dan seringkali gejala penyakit mirip dan dikacaukan dengan gejala akibat defisiensi hara. Di sisi lain, hasil-hasil penelitian dan informasi tentang penyakit, patogen penyebab, bioekologi, dan cara pengendalian penyakit pada tanaman ubi kayu masih sangat terbatas.

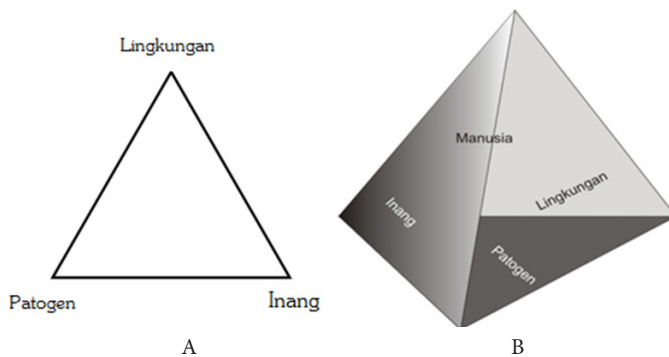
III. BIOEKOLOGI DAN EPIDEMIOLOGI

Bioekologi

Bioekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan atau interaksi makhluk hidup (tanaman dan patogen) dengan lingkungan hidupnya. Kejadian penyakit (*disease incidence*) merupakan hasil interaksi antara patogen (jamur, bakteri, fitoplasma, dan virus) yang virulen, tanaman inang yang rentan dan faktor lingkungan yang mendukung. Konsep ini dikenal dengan konsep segitiga penyakit (*disease triangle*) (Agrios 1979). Jadi meskipun terdapat patogen yang virulen, dan tanaman ubi kayu yang rentan, namun apabila kondisi lingkungan tidak mendukung (misal udara terlalu panas dan kering) maka tidak akan terjadi penyakit. Demikian juga meski terdapat varietas yang rentan, kondisi lingkungan mendukung terjadinya penyakit, tapi apabila patogennya lemah/avirulen juga tidak terjadi penyakit.

Di alam yang masih murni, misalnya di hutan belantara dimana terdapat keragaman tumbuhan dan keragaman genetik yang tinggi, telah tercapai keseimbangan interaksi di antara ketiga komponen tersebut sehingga relatif stabil, tidak terjadi ledakan (eksplosi) serangan penyakit. Demikian juga pada pertanian tradisional dimana petani masih mengusahakan dan menanam berbagai jenis tanaman/varietas dalam satu lahan, keragaman genetik masih cukup terjaga sehingga jarang terjadi eksplosif penyakit. Namun dalam perkembangannya, manusia melalui usahatani modern yang menuntut hasil produk yang tinggi dan seragam, seringkali secara tidak sadar melakukan intervensi yang mengganggu keseimbangan interaksi ketiga faktor tersebut dan merubahnya menjadi piramida penyakit (*disease pyramide*) (Gambar 1).

Campur tangan manusia tersebut justru seringkali menimbulkan ledakan penyakit tanaman. Misalnya untuk mengejar produksi ubi kayu yang tinggi, ditanam secara luas satu jenis/varietas ubi kayu yang potensi hasilnya tinggi, meskipun rentan terhadap infeksi patogen. Pada kondisi demikian keragaman genetik pertanaman ubi kayu menjadi sempit dan rapuh sehingga apabila terdapat patogen yang virulen dan kondisi lingkungan mendukung berkembangnya penyakit maka akan terjadi ledakan/wabah penyakit. Demikian juga pemberian pupuk N oleh petani secara berlebihan dengan tujuan tanamannya tampak lebih subur dan mampu meningkatkan hasil, seringkali justru mengakibatkan tanaman menjadi lebih rentan terhadap infeksi patogen. Di lapangan penggunaan satu



Gambar 1. A. Segitiga penyakit, B. Piramida penyakit, menggambarkan hubungan manusia, patogen, tanaman inang, lingkungan.

varietas tahan secara terus menerus seringkali mendorong patogen menjadi lebih virulen dan mampu mematahkan ketahanan varietas terutama yang ketahanannya bersifat vertikal yang dikontrol oleh gen tunggal (*monogenic*). Ketahanan horizontal yang dikontrol oleh banyak gen (*poligenic*) umumnya lebih tahan terhadap adanya perubahan strain patogen.

Di lapangan, sistem budidaya tanaman ubi kayu terutama yang monokultur dilakukan dalam hamparan yang luas telah menyederhanakan keragaman genetik menjadi lebih sempit. Demikian juga faktor-faktor lingkungan baik lingkungan biotik dan abiotik lebih sederhana dibandingkan pada kondisi alam yang masih murni, belum tersentuh campur tangan manusia. Namun dalam sistem yang lebih sederhana itupun sebetulnya masih terjadi interaksi faktor-faktor biotik (tanaman inang dan patogen) dengan lingkungan biotik dan abiotiknya yang cukup kompleks. Lingkungan biotik dapat berupa tersedianya tanaman inang alternatif, terdapatnya jasad mikroorganisme lain dalam rhizosfer perakaran yang bersifat patogen, saprofitik, antagonistik/sinergistik dengan patogen utama penyebab penyakit, yang berinteraksi dengan tanaman dan menginduksi ketahanan (*induced resistance*) serta terdapatnya serangga penular (terutama bagi penyakit virus ubi kayu). Lingkungan abiotik berupa suhu dan kelembaban baik di daerah rhizosfer maupun di permukaan tanah, angin, percikan air hujan, saluran irigasi, pengolahan tanah, jarak tanam, penyiangan, teknologi pengendalian yang dilakukan. Tentunya akan terlalu sulit untuk mempelajari semua interaksi tersebut, sehingga dalam praktiknya dipilih interaksi yang sederhana namun



Gambar 2. Ekosistem hutan belantara dengan keragaman genetik tinggi, telah terjadi keseimbangan antara patogen, tanaman dan lingkungan.



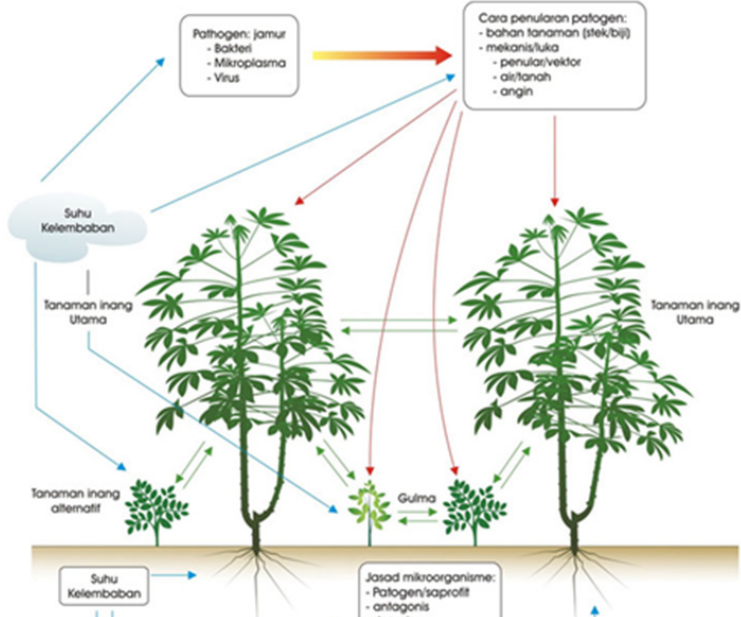
Gambar 3. Ekosistem kebun industri tanaman ubi kayu, ditanam secara monokultur dalam hamparan yang luas, keragaman genetik sempit. Keseimbangan interaksi tanaman inang-patogen-lingkungan kurang stabil.

berpengaruh besar terhadap kejadian penyakit (*disease incidence*) dan perkembangan epideminya (Gambar 4).

Tanaman Inang

Tingkat ketahanan tanaman ubi kayu terhadap patogen sangat menentukan perkembangan penyakit di lapang. Secara umum pada varietas yang tahan, perkembangan penyakit di lapangan akan lebih rendah dibanding tanaman yang rentan. Hal tersebut berhubungan dengan proses terjadinya infeksi dan perbanyakan/multiplikasi patogen di dalam jaringan tanaman yang umumnya pada varietas yang rentan proses infeksi maupun perbanyakan patogen lebih cepat dibanding pada varietas yang tahan.

Di lapangan, patogen yang menyerang ubi kayu dapat menginfeksi tanaman inang lain berupa tanaman budidaya ataupun gulma. Jamur *Cercospora henningsii* penyebab penyakit bercak coklat pada ubi kayu, ternyata juga dapat menginfeksi kerabat liar ubi kayu yaitu *Manihot glaziovii* dan *M. plauhynsis* (Msikita *et al.* 2000; Ambang *et al.* 2007). Jamur akar putih, *Fomes lignosus* merupakan patogen



Gambar 4. Sistem patologi ubi kayu dengan lingkungan.

polifag. Selain menyerang tanaman ubi kayu juga dapat menginfeksi tanaman karet, teh, ataupun tanaman tahunan lainnya (Semangun 2006). Bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* penyebab penyakit hawar bakteri, juga dapat menyerang tanaman *Manihot apii*, *M. glaziovii* dan *M. palmate* dan *Euphorbia pulcherrima* serta *Pedilanthus tithymaloides* (Dedal *et al.* 1980; Hillock dan Wydra 2002). *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri, ternyata mampu menginfeksi beberapa jenis gulma seperti: *Amaranthus spinosus*, *Synedrella nodiflora*, *Vinca rosea*, *Ageratum conizoides*, *Bidens pilosa*, *Crassicephalum crepidoides*, *Elentheranthera ruderalis*, *Eupatorium odoratum*, *Sphillates paniculata*, *Heliotropium indicum*, *Cleome viscosa*, *Cammelina benghalensis*, *C. diffusa*, *Euphorbia prunifolia*, *E. hirta*, *Phyllanthus sp.*, *Croton hirtus*, *Basilium polytacion*, *Pogostemon auriculaia*, *Sesbania rostrata*, *Spigelia anthelmia*, *Physalis angulate*, *Lantana camara* (Nakagawa 1978; Machmud 1992).

Patogen

Patogen merupakan jasad mikroorganisme sederhana yang berkembang biak secara cepat baik dengan cara seksual maupun aseksual. Seringkali di lapangan, interaksi patogen dengan tanaman mendorong munculnya strain/patotipe patogen yang mempunyai tingkat agresivitas yang lebih tinggi dibanding semula. Di Amerika Selatan dimana interaksi antara bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* sudah terjadi sejak lama diketahui telah berkembang beberapa patotipe bakteri yang mempunyai agresivitas yang berbeda (Verdier *et al.* 1998; Restrepo *et al.* 2000). ACMV penyebab penyakit mosaik pada ubi kayu diketahui telah berkembang menjadi beberapa strain baru yaitu: strain *East African cassava mosaic virus* Uganda (EACMV-UG, EACMV-like strain, *East African cassava mosaic virus* Camerun (EACMV-C), *East African cassava mosaic virus* Zanzibar (EACM-Z), *South African cassava mosaic virus* (SACMV), dan *Indian cassava mosaic virus* (ICMV).

Cara Penularan

Secara umum penyebaran penyakit-penyakit yang disebabkan oleh jamur dilakukan melalui spora/konidia jamur yang kecil dan ringan yang dibantu oleh hembusan angin, dan percikan air hujan. Beberapa jamur yang menyerang batang, seperti penyakit antraknose penyebaran penyakit terutama terjadi melalui penggunaan bibit yang terinfeksi jamur. Di lapangan, penyakit antraknose

yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* penularannya sangat dibantu oleh luka-luka pada batang ubi kayu yang disebabkan oleh serangga *Pseudotheraptus devastans* (Fokunang *et al.* 2000c). Selain melalui bibit yang diambil dari tanaman sakit, jamur *C. gloeosporioides* f. sp. *manihotis* juga dapat ditularkan lewat biji ubi kayu (*seed-transmitted*) (Fokunang *et al.* 1997) sehingga perlu mendapat perhatian dalam program pertukaran plasma-nutfah melalui biji ubi kayu.

Penyakit busuk akar yang berasosiasi dengan jamur-jamur tular tanah (*Botryodiplodia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Rhizopus*) penularan dan penyebarannya banyak dibantu melalui kontaminasi tanah dan alat-alat pertanian.

Penyakit hawar bakteri, *X. campestris* pv. *manihotis* penyebarannya terjadi melalui penggunaan bibit yang terinfeksi dan oleh percikan air hujan (Lozano 1976; Lozano 1986). Demikian juga penyakit yang disebabkan oleh virus, penyebaran terjadi melalui penggunaan bibit tanaman yang terinfeksi virus. Penyakit mosaik yang disebabkan oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) dan penyakit bercak bergaris coklat (*Brown streak disease*) yang disebabkan oleh *Cassava brown streak virus* (CBSV), selain ditularkan melalui bibit tanaman yang terinfeksi, penyebaran penyakit di lapangan dilakukan oleh serangga penular (vektornya) yaitu kutu kebul *Bemisia tabaci* (Dubern 1994; Maruthi *et al.* 2005).

Lingkungan

Di lapangan faktor iklim yang banyak berpengaruh terhadap perkembangan penyakit terutama sinar matahari, suhu dan kelembaban relatif udara. Sinar matahari seringkali berasosiasi dengan suhu dan kelembaban relatif udara. Pada kondisi sinar matahari cerah, umumnya suhu udara meningkat, dan kelembaban relatif udara turun. Faktor lingkungan tersebut dapat berpengaruh terhadap tanaman, maupun patogen penyebab penyakit. Penyakit bercak daun coklat yang disebabkan oleh *Cercospora henningsii* terutama berkembang pada musim hujan pada suhu yang hangat. Hal tersebut terjadi karena sporulasi dan perkecambahan spora jamur *C. henningsii* terjadi pada kelembaban relatif yang tinggi yaitu 80–100% (Charles 1991). Sementara penyakit antraknose yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides* f. sp. *manihotis* lebih banyak berkembang pada udara lembab dengan suhu yang sejuk (Onyeka *et al.* 2008). Penyakit busuk akar yang disebabkan oleh asosiasi jamur-jamur tanah banyak terjadi pada tanah

bertekstur berat, tanah yang sering terendam air, sehingga aerasi tanah menjadi jelek. Akibatnya pertumbuhan dan perkembangan akar kurang sehat dan mudah terserang penyakit. Memperbaiki drainase terutama pada daerah dengan curah hujan yang tinggi dapat mengurangi resiko serangan penyakit busuk akar/umbi, termasuk serangan jamur *Pythium* spp. dan *Phytophthora* spp. (Lozano 1977; Homenauth dan Sauza 2012).

Penyakit hawar bakteri oleh *X campestris* pv. *manihotis* banyak berkembang pada musim hujan. Kondisi permukaan daun yang basah sangat membantu terjadinya infeksi bakteri. Pada musim hujan populasi bakteri yang hidup secara epifit pada permukaan daun ubi kayu dan beberapa gulma jauh lebih tinggi dibanding musim kemarau (Elango dan Lozano 1981). Bakteri yang sementara bersifat epifit tersebut pada kondisi lingkungan yang mendukung dapat menjadi sumber inokulum untuk terjadinya infeksi.

Berbeda dengan penyakit jamur dan bakteri yang umumnya banyak terjadi pada musim hujan, penyakit mosaik dan garis coklat oleh ACMV dan CBSV banyak berkembang pada musim kemarau sejalan dengan tingginya populasi *B. tabaci* (Dubern 1994; Mabasa 2007; Maruthi *et al.* 2005). Pada musim kemarau dengan suhu tinggi, tingkat keperidian dan aktivitas serangga *B. tabaci* meningkat dibanding pada musim hujan sehingga akan terjadi penularan dan penyebaran virus secara efektif.

Interaksi dengan mikroorganisme lain.

Di lapangan seringkali satu tanaman ubi kayu terinfeksi oleh beberapa patogen secara bersama. Interaksi dua atau beberapa patogen tersebut dapat bersifat sinergistik, antagonistik atau aditif. Jamur *C. henningsii*, *C. vicosae* dan *Phylosticta* sp. dapat menyerang secara bersama-sama secara aditif pada daun ubi kayu. Pada kasus lain misalnya antara jamur *C. gloeosporioides*, penyebab penyakit antraknose dengan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* penyebab penyakit hawar bakteri terjadi hubungan yang sinergistik yang dapat mengakibatkan defoliiasi berat (Fokunang *et al.* 2000a; 2003).

Pada kasus lainnya hubungan antar mikroorganisme tersebut dapat berupa antagonistik sehingga keberadaan mikroorganisme yang bersifat antagonis terhadap patogen dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengendalikan patogen tersebut. Jamur *Gliocladium roseum* dilaporkan mampu menekan pertumbuhan koloni jamur *C. gloeosporioides*, penyebab penyakit antraknose ubi

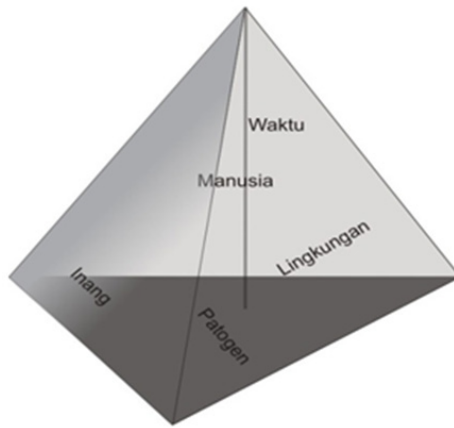
kayu (Prayogo dan Hardaningsih 2001). Inokulan biologi (*Azospirillum*, mikorisa, jamur antagonis *Trichoderma*, bakteri *Pseudomonas fluorescens*) secara bersama nyata menurunkan intensitas serangan penyakit umbi busuk oleh *Phytophthora* sp. (Hridya *et al.* 2012).

Pada kasus tanaman lain, telah diketahui adanya fenomena proteksi silang (*cross protection*), dimana inokulasi tanaman dengan strain virus lemah dapat memproteksi terjadinya infeksi oleh strain keras. Misalnya tanaman tomat atau pepaya yang sengaja diinokulasi dengan strain ToMV (*Tomato mosaic virus*) yang telah dilemahkan (*attenuated virus*), ternyata dapat melindungi tanaman dari serangan strain ToMV yang ganas.

Epidemiologi

Epidemiologi penyakit tanaman adalah ilmu yang mempelajari penyakit tanaman dalam populasi. Di lapangan, penyakit tanaman ubi kayu selain menyebar dari satu tanaman ke tanaman lain dalam satu populasi, juga dapat menyebar luas dari satu populasi tanaman ke populasi tanaman lainnya. Apabila suatu penyakit menyebar dari satu populasi tanaman ke populasi tanaman lain yang lebih luas dan dalam waktu yang singkat, disebut terjadi epidemi. Epidemi penyakit tanaman sering juga disebut dengan epifitotik. Epidemi penyakit dapat terjadi dalam lingkup yang tidak terlalu luas (bersifat lokal) dan menimbulkan kerugian hasil yang tidak nyata. Namun beberapa epidemi penyakit ubi kayu juga ada yang bersifat luas meliputi beberapa daerah/negara dan menimbulkan kerugian yang nyata, misalnya epidemi penyakit hawar bakteri ubi kayu (*Cassava bacterial blight*) yang tersebar luas dan menimbulkan kerugian besar di negara-negara penghasil ubi kayu di Amerika Selatan dan Afrika (Lozano dan Sequira 1974; Joseph dan Elango 1991; Otim-Nape 1980), virus mosaik yang disebabkan oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) atau penyakit virus bergaris coklat (*Cassava brown streak virus*=CBSV) yang menghancurkan pertanaman ubi kayu di negara-negara penghasil ubi kayu di benua Afrika (Fargette *et al.* 1987; Adjala *et al.* 2011; Khizzah *et al.* 2011).

Sejalan dengan konsep terjadinya penyakit tanaman yang melibatkan elemen tanaman inang yang rentan, patogen yang virulen, kondisi lingkungan yang mendukung dan elemen aktivitas manusia yang secara tidak sadar mempengaruhi tiga elemen lainnya, maka dalam konsep epidemi penyakit tanaman ditambah elemen waktu yang menggambarkan seberapa lama interaksi keempat elemen



Gambar 5. Elemen-elemen terjadinya epidemi penyakit tanaman.

tersebut terjadi di lapangan. Elemen waktu digambarkan sebagai garis tegak lurus yang ditarik dari elemen manusia di puncak piramida ke segitiga di mana sisi-sisinya menggambarkan elemen patogen, inang, dan lingkungan (Gambar 5). Tinggi garis tegak lurus tersebut menggambarkan lamanya waktu interaksi. Secara umum, makin lama interaksi elemen-elemen penyakit tersebut terjadi di lapangan, peluang untuk terjadinya epidemi penyakit makin besar.

Perkembangan epidemi penyakit tanaman ubi kayu di lapangan dipengaruhi oleh faktor patogen, tanaman inang, faktor lingkungan, aktivitas manusia dan waktu.

Patogen

Jenis patogen, tingkat virulensi patogen, jumlah patogen (sebagai sumber inokulum), tipe reproduksi patogen, ekologi patogen dan cara penularannya banyak menentukan perkembangan epidemi penyakit.

Beberapa patogen penyebab penyakit ubi kayu dari kelompok jamur, bakteri dan virus mampu berkembang biak dengan cepat. Jamur dengan cara pembentukan spora (seksual dan aseksual), bakteri dengan pembelahan sel bakteri dan budding, dan virus dengan cara multiplikasi dan replikasi. Perkembangbiakan patogen yang demikian cepat memungkinkan patogen tersebut memproduksi beberapa puluh generasi dalam satu siklus tanaman ubi kayu yang berkisar antara 8–12 bulan. Ketersediaan sumber inokulum yang besar tersebut akan

sangat membantu perkembangan epidemi penyakit di lapangan, terutama apabila kondisi lingkungan mendukung.

Strain patogen yang sama mempunyai virulensi dan patogenisitas yang berbeda. Strain virulen *X. campestris* pv. *manihotis* dapat menginfeksi tanaman lebih cepat, menghasilkan gejala lebih parah, memproduksi inokulum dalam jumlah lebih banyak dan waktu yang lebih cepat dibanding strain yang kurang virulen. Demikian juga strain virulen ACMV akan menghasilkan gejala infeksi yang lebih parah dengan masa inkubasi lebih pendek dibanding strain yang kurang virulen.

Patogen jamur/bakteri yang menginfeksi bagian tanaman ubi kayu di atas permukaan tanah (misalnya penyakit antraknose, hawar bakteri), relatif lebih cepat tersebar dengan bantuan angin dan percikan air hujan dibanding yang menginfeksi bagian tanaman di dalam tanah (misal penyakit busuk umbi) yang tersebar melalui kontak perakaran. Patogen virus tanaman selain ditularkan melalui bibit tanaman sakit, juga disebarluaskan oleh serangga penular (vector) yang aktif. Di lapangan penyakit virus ACMV dan CBSV selain ditularkan dengan mudah melalui penggunaan bibit tanaman yang terinfeksi, juga ditularkan oleh vektor *Bemisia tabaci* yang akan menyebar dengan cepat sejalan dengan kelimpahan populasi dan aktivitas serangga vektor tersebut pada musim kemarau. Perkembangan epidemi penyakit ACMV dan CBSV lebih cepat dibanding penyakit tanaman ubi kayu yang disebabkan oleh nematoda yang berkembang biak di dalam tanah.

Tanaman inang

Tanaman inang adalah semua jenis tanaman yang dapat terinfeksi oleh patogen. Tingkat dan tipe ketahanan genetik, keragaman genetik, umur tanaman akan berpengaruh terhadap perkembangan epidemi penyakit tanaman ubi kayu.

Secara umum, pada varietas/klon ubi kayu yang tahan terhadap suatu infeksi patogen, penyebaran dan perkembangan epidemi penyakit di lapang akan lebih lambat dibanding varietas yang rentan. Sebagai contoh di Afrika, perkembangan epidemi penyakit mosaik telah berhasil ditekan dengan disebarluaskan dan ditanamnya varietas ubi kayu yang cukup tahan terhadap infeksi ACMV (Thresh dan Cooter 2005; Mallova *et al.* 2011). Hal yang perlu diingat adalah apabila varietas ubi kayu tersebut secara genetik seragam, ditanam dalam hamparan yang luas dan mempunyai ketahanan vertikal terhadap suatu patogen, maka

pada awalnya tidak akan terjadi epidemi penyakit oleh patogen tersebut. Namun acapkali terjadi melalui proses mutasi patogen mampu mematahkan ketahanan tanaman tersebut, sehingga akan terjadi epidemi penyakit. Sebaliknya pada tanaman ubi kayu yang mempunyai ketahanan horizontal terhadap beberapa strain patogen, meski tidak terjadi reaksi tahan yang kuat namun lebih stabil sehingga dapat terhindar dari ledakan epidemi penyakit.

Tanaman ubi kayu pada stadia umur muda umumnya lebih rentan terhadap infeksi patogen dibandingkan tanaman yang berumur lebih tua. Pada tanaman ubi kayu yang berumur panjang (dipanen pada umur 8–12 bulan), adanya infeksi pada tanaman muda berarti juga memperpanjang faktor waktu (t) terjadinya infeksi sehingga memperbanyak siklus perkembangbiakan patogen, jumlah inokulum meningkat dan memperbesar peluang terjadinya epidemi penyakit. Pada patogen lain misalnya jamur *Cercospora henningsii*, penyebab penyakit bercak daun coklat, daun tanaman yang berumur tua justru lebih rentan terhadap infeksi jamur tersebut dibanding daun muda. Di lapangan penyakit bercak daun coklat umumnya mulai menyerang tanaman yang berumur 3–4 bulan, dan intensitas serangannya makin meningkat sejalan dengan meningkatnya umur tanaman.

Faktor lingkungan

Faktor lingkungan terutama suhu dan kelembaban udara, sinar matahari, angin, percikan air hujan banyak berpengaruh terhadap sporulasi, perkecambahan spora, proses infeksi patogen jamur dan bakteri. Penyakit bercak daun coklat yang disebabkan oleh *Cercospora henningsii* dan penyakit antraknosa oleh *Colletotrichum gloeosporioides* diketahui banyak berkembang pada tanaman ubi kayu di musim penghujan (Fokunang *et al.* 1999). Demikian juga penyakit hawar bakteri, *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* banyak berkembang pada cuaca basah, penyebaran bakteri dari satu tanaman ke tanaman lain sangat dibantu oleh percikan air hujan (Lozano 1975). Pada penyakit oleh patogen virus, pengaruh faktor lingkungan lebih berpengaruh terhadap tanaman dan jumlah dan aktivitas serangga penularnya dibanding pengaruh langsung terhadap virus. Perkembangan epidemi penyakit virus mosaik ubi kayu (ACMV) terjadi pada musim kemarau dimana pada musim tersebut, siklus hidup kutu kebul menjadi lebih singkat sehingga populasi berkembang lebih cepat. Pada musim kemarau aktivitas *B. tabaci* juga lebih tinggi dibanding musim penghujan.

Manusia

Aktivitas manusia dalam berusaha tani termasuk pemilihan varietas dan seleksi bahan tanam (bibit) ubi kayu, penentuan waktu tanam, pengolahan/persiapan lahan, pengaturan pola tanam, jarak tanam, pemupukan, penyiangan, tindakan pengendalian penyakit, penentuan umur panen dapat mempengaruhi perkembangan epidemi penyakit.

Varietas ubi kayu mempunyai sifat ketahanan yang berbeda terhadap infeksi suatu patogen. Terjadinya ledakan epidemi penyakit virus mosaik ACMV di negara-negara Afrika ternyata akibat ditanamnya secara luas varietas ubi kayu lokal yang rentan terhadap infeksi ACMV (Legg 1999). Demikian juga timbulnya epidemi penyakit hawar bakteri, *X. campestris* pv. *manihotis* didorong oleh adanya penanaman varietas lokal yang rentan terhadap infeksi bakteri tersebut (Banito 2003).

Penyebaran antar musim dan antar daerah/negara dari penyakit antraknose yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloeosporioides*, hawar bakteri oleh *X. campestris* pv. *manihotis*, penyakit virus mosaik oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV), terjadi akibat penggunaan bibit yang terinfeksi patogen oleh petani (Fokunang *et al.* 2004; Lozano 1975; Prasangika *et al.* 2008). Perkembangan epidemi penyakit antraknose, penyakit hawar bakteri, virus ACMV dapat dihambat dengan menyeleksi dan hanya menanam bibit ubi kayu yang sehat.

Di daerah dimana curah hujan terdistribusi merata, penanaman ubi kayu dapat dilakukan setiap saat. Namun adanya tanaman dengan berbagai stadia umur tanaman tersebut, ternyata menjamin keberlanjutan siklus hidup patogen sepanjang tahun. Hal tersebut berakibat pada peningkatan jumlah inokulum yang ada sehingga dapat memicu terjadi ledakan epidemi penyakit. Dari aspek kesehatan tanaman, penanaman ubi kayu secara terus menerus selama bertahun-tahun tidak dianjurkan karena dapat mendorong terjadinya penumpukan jumlah inokulum di lapangan. Di sisi lain, kondisi tersebut juga dapat memicu timbulnya strain patogen baru yang lebih virulen yang dapat mendorong terjadinya epidemi. Rotasi tanam dan pengaturan pola tanam tumpangsari dengan tanaman semusim lain dapat menekan terjadinya epidemi penyakit tanaman. Rotasi tanaman ubi kayu dengan tanaman lain yang bukan inang jamur *C. gloeosporioides* atau mengosongkan lahan selama satu musim dapat mengurangi perkembangan epidemi penyakit antraknosa (Fokunang *et al.* 2004). Di Togo, penanaman ubi kayu secara tumpangsari dengan tanaman jagung atau talas secara nyata mengurangi

intensitas serangan penyakit hawar bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* dibanding penanaman secara monokultur (Banito 2003).

Pengaturan jarak tanam ubi kayu dimaksudkan untuk memberi ruang gerak, sirkulasi udara, dan penetrasi sinar matahari yang cukup di antara kanopi tanaman sehingga tidak terlalu lembab. Pada musim hujan, pertanaman ubi kayu dengan jarak tanam rapat mengakibatkan permukaan daun lebih lama basah dan kelembaban udara tinggi. Kondisi demikian sangat membantu terjadinya sporulasi, perkecambahan spora, dan infeksi jamur *Cercospora henningsii*, *Colletotrichum gloeosporioides* dan bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* (Hillock dan Wydra 2002; Fokunang *et al.* 2001b; Lozano 1986). Kondisi demikian apabila berlangsung dalam waktu yang cukup lama dapat mendorong timbulnya epidemi penyakit.

Pemupukan ditujukan untuk menambahkan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan dan produksi tanaman secara optimal. Oleh karena itu sebetulnya pemberian pupuk perlu didasarkan atas hasil analisis tanah dan kebutuhan masing-masing unsur hara bagi tanaman. Pemberian pupuk Nitrogen dalam jumlah yang besar mengakibatkan pertumbuhan jaringan sukulen yang justru mengakibatkan tanaman menjadi lebih rentan terhadap infeksi patogen. Pemberian pupuk Urea secara berlebihan terbukti justru memicu epidemi penyakit hawar bakteri pada ubi kayu (Nunung *et al.* 1987).

Selain ubi kayu, sebagian besar patogen penyebab penyakit tanaman ubi kayu juga dapat menginfeksi, hidup dan bertahan pada tanaman inang lain termasuk beberapa jenis gulma yang sering ada di pertanaman ubi kayu. Untuk mengurangi sumber inokulum di lapangan, tindakan penyiangan gulma dan sanitasi lingkungan dan eradikasi tanaman/sisa-sisa tanaman sakit perlu dilakukan.

Tergantung jenisnya, ubi kayu jenis genjah (berumur pendek) umumnya dipanen pada umur 6–8 bulan, sementara pada jenis yang berumur dalam dipanen mulai umur 10–12 bulan. Menunda umur panen berarti juga memperpanjang waktu peluang terjadinya infeksi jamur-jamur tanah, penyebab penyakit busuk umbi pada ubi kayu dan mengakibatkan kerugian hasil yang lebih besar dibanding panen pada umur yang tepat (Messiga *et al.* 2004).

IV. POLA PERKEMBANGBIAKAN PATOGEN DAN EPIDEMI

Pola Perkembangan Patogen

Waktu yang diperlukan oleh patogen untuk tumbuh dan berkembangbiak serta memencarkan keturunannya ke jaringan/tanaman inang yang dilanjutkan dengan proses menginfeksi akan mempengaruhi dinamika penyakit di lapang. Berdasarkan kemampuan berkembangbiak menghasilkan keturunannya, memencarkan, dan menginfeksi tanaman/jaringan tanaman, serta menimbulkan jaringan/tanaman sakit baru dalam satu siklus tanaman, patogen dibedakan menjadi **patogen monosiklik** dan **patogen polisiklik** (Abadi 2000).

Patogen monosiklik adalah patogen yang hanya mampu menyelesaikan sebagian atau seluruh patogenesisnya (mulai dari proses infeksi, pertumbuhan dalam jaringan tanaman inang, reproduksi menghasilkan propagul berupa spora hingga proses pemencaran spora) dalam satu musim tanam, sehingga maksimum hanya mempunyai satu generasi per musim tanam. Beberapa patogen bersifat monosiklik karena faktor lingkungan atau faktor fisik membatasinya untuk dapat menghasilkan lebih dari satu patogenesis.

Patogen polisiklik adalah patogen yang mempunyai kemampuan menghasilkan lebih dari satu generasi pada setiap musim tanam, bahkan beberapa patogen mampu memproduksi banyak generasi atau menghasilkan propagul secara terus menerus, sepanjang faktor lingkungan memungkinkan. Dalam banyak kasus, generasi anakan menghasilkan propagul sementara induknya juga masih menghasilkan propagul, sehingga terjadi tumpang tindih generasi. Pada kondisi generasi yang tumpang tindih tersebut, proses perkembangbiakan/ reproduksi berjalan terus menerus, populasi patogen terus meningkat secara eksponensial (Abadi 2000). Sebagian besar patogen (jamur, bakteri, virus) penyebab penyakit pada tanaman ubi kayu termasuk patogen polisiklik.

Waktu yang diperlukan untuk suatu generasi (satu siklus patogenesis) beragam, tergantung jenis patogennya. Jamur *C. henningsii*, penyebab penyakit bercak daun coklat memerlukan waktu untuk satu patogenesis adalah 14 hari (Babu *et al.* 2009). Bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* mempunyai waktu generasi

yang lebih singkat yaitu 11 hari. Virus ACMV dan CBSV yang berkembang biak dengan cara replikasi mempunyai waktu generasi yang lebih singkat lagi.

Selain jenis patogen, waktu generasi juga dipengaruhi oleh populasi inang dan lingkungan. Pada populasi tanaman inang yang rentan dan kondisi cuaca mendukung, waktu generasi sangat cepat mendekati laju maksimumnya, namun pada populasi tanaman yang lebih tahan dan kondisi cuaca tidak menguntungkan, perkembangan patogen menjadi sangat lambat. Oleh karena itu jumlah generasi patogen polisiklik bervariasi tergantung musim dan tanaman inangnya. Pada kondisi yang sangat tidak menguntungkan untuk perkembangannya, patogen polisiklik mungkin hanya menghasilkan satu generasi per musimnya. Penyebaran patogen polisiklik umumnya dibantu oleh udara dan percikan air hujan. Penyebaran patogen tular tanah dan patogen yang ditularkan oleh nematoda pada umumnya sangat lambat dan sangat jarang yang bersifat polisiklik.

Patogen monosiklik maupun polisiklik keduanya dapat menyebabkan penyakit yang penting dan merusak. Perkembangan penyakit busuk ubi (*root rot*), yang berasosiasi dengan beberapa jamur tanah seperti *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Phytophthora* sp., *Sclerotium* sp., di lapang seringkali kurang diperhatikan dan relatif lambat, namun dapat mengakibatkan tanaman mati dan ubi busuk dan kerugian yang besar. Demikian juga dengan jamur *C. gloeosporioides* penyebab penyakit antraknose yang perkembangan patogennya termasuk polisiklik, juga dapat menyebabkan kerusakan dan kerugian hasil ubi kayu yang besar.

Pola Perkembangan Epidemi

Di lapangan, suatu epidemi adalah proses yang dinamik. Awalnya dimulai dari beberapa tanaman yang sakit terinfeksi patogen, kemudian tergantung lama waktu pengaruh faktor lingkungan terhadap interaksi patogen-tanaman, penyakit dapat berkembang meluas ke tanaman-tanaman di sekitarnya. Suatu epidemi akan berakhir apabila semua tanaman telah mati terinfeksi, menjadi tahan dengan meningkatnya umur tanaman, atau dipanen. Epidemi penyakit juga dapat meningkat atau melambat akibat perubahan lingkungan, misalnya cuaca menjadi kering atau suhu menjadi dingin. Kejadian epidemi bervariasi tergantung pada tingkat ketahanan/kerentananan tanaman inang, ras patogen dan jumlah inokulum pada awal terjadinya epidemi. Waktu yang dibutuhkan

patogen untuk berkembangbiak memperbanyak diri dan cara pemencarannya secara langsung akan berpengaruh terhadap epidemi penyakit.

Patogen mono siklik. Selaras dengan pola perkembangbiakan patogen, maka penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen monosiklik, perkembangan penyakit meluas dengan lambat karena tanaman sakit yang dihasilkan dari infeksi patogen monosiklik tidak dapat segera berfungsi sebagai sumber inokulum untuk penyebaran selanjutnya. Jadi selama satu musim tanam, jumlah inokulum tidak bertambah. Oleh karena itu, laju peningkatan penyakit hanya dipengaruhi oleh sifat/kemampuan yang dimiliki patogen untuk menimbulkan penyakit dan oleh kemampuan faktor lingkungan, ketahanan tanaman inang, dan cara bercocok tanam yang mempengaruhi virulensi patogen. Karena hanya mampu menyelesaikan sebagian atau seluruh siklus patogenitasnya dalam satu musim, maka hanya terdapat satu puncak maksimum selama satu musim tanam (Gambar 6 A). Pola perkembangan penyakit ini mirip dengan sistem bunga dalam pinjaman uang dengan bunga sederhana (*simple interest*), dan penyakit dengan pola perkembangan demikian dikenal dengan penyakit berbunga sederhana (*simple interest disease*).

Pada penyakit berbunga sederhana, jumlah tanaman sakit pada saat t (X_t) adalah sama dengan jumlah tanaman sakit mula-mula (X_0) ditambah dengan laju infeksi r kali X_0 , dikalikan t .

$$X_t = X_0 + X_0 rt$$

$$X_t = X_0 (1 + rt)$$

Patogen polisiklik. Penyakit yang disebabkan oleh patogen dengan pola perkembangbiakan polisiklik, akan berkembang dengan cepat karena tanaman baru terinfeksi maupun tanaman induk yang menginfeksi, semuanya dapat berfungsi sebagai sumber inokulum bagi penyebaran penyakit lebih lanjut. Secara teoritis kurva penyakit berbunga majemuk mengikuti rumus eksponensial, sehingga epidemi akan berkembang tanpa batas, populasi patogen bertambah secara tak terbatas sehingga perkembangan penyakit mengikuti kurva J. Menurut Semangun (1996), di alam hal tersebut tidak terjadi karena patogen akan kehabisan tanaman inang atau sudah di luar musim sehingga kondisinya tidak mendukung perkembangan penyakit. Pada saat demikian, laju infeksi (r) akan mendekati nol dan kurva perkembangan penyakit mengikuti sigmoid atau huruf S (Gambar

6B). Jamur *C. gloeosporioides*, penyebab penyakit antraknose termasuk patogen polisiklik karena mampu menyelesaikan beberapa patogenisitas dalam satu musim tanam ubi kayu. Namun dalam perkembangannya, epidemi penyakit tidak dapat terus berkembang karena dengan bertambahnya umur tanaman, daun-daun yang telah tua bersifat tahan terhadap infeksi jamur.

Dalam sistem pinjaman uang di bank, pola perkembangan penyakit ini mirip dengan sistem bunga berbunga atau bunga majemuk (*compound interest*), dan penyakit dengan pola penyebaran demikian disebut dengan penyakit berbunga majemuk (*compound interest disease*). Untuk penyakit berbunga majemuk (bila t cukup besar) adalah:

$$X_t = X_o e^{rt}$$

X_t = banyaknya tanaman sakit setelah waktu t

X_o = banyaknya tanaman sakit mula-mula (t=0)

e = bilangan alam (2,7182)

r = laju infeksi, tambahan tanaman sakit per satuan waktu

t = jangka waktu berlangsungnya epidemi.

V. ARTI EKONOMI PENYAKIT TANAMAN UBI KAYU

Penyakit tanaman berperan penting dalam kehidupan manusia karena kerusakan yang ditimbulkannya. Di sebagian besar negara di Afrika, diperkirakan sekitar 500 juta orang menggunakan ubi kayu sebagai makanan pokoknya. Menurut Ohunyon dan Ogio-Okirika (1979) dan Otimnape (1980), ledakan penyakit hawar bakteri, *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* telah menghancurkan pertanaman ubi kayu di Nigeria dan Uganda, sehingga menyebabkan kehilangan hasil 75 dan 90–100%. Pada tahun 1996 diperkirakan setiap tahunnya kehilangan hasil ubi kayu oleh penyakit hawar bakteri lebih dari 7,5 juta ton. Penyakit hawar bakteri *X. campestris* pv *manihotis* banyak menimbulkan kerugian hasil yang sangat besar di negara-negara produsen ubi kayu di Afrika dan Amerika Selatan. Timbulnya epidemi penyakit virus mosaik ubi kayu yang disebabkan oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) mengakibatkan kerusakan dan kehilangan hasil ubi kayu yang sangat besar yang mengakibatkan kelaparan serius sehingga mendorong berbagai Lembaga penelitian Internasional untuk bekerjasama mengatasi permasalahan tersebut (Fargette *et al.* 1988; Thresh *et al.* 1997; Leg 1999; Otim-Nape *et al.* 2000). Menurut Legg dan Thresh (2009), penyakit mosaik ubi kayu oleh ACMV merupakan satu penyakit virus yang paling merusak di dunia. Beberapa tahun terakhir, penyakit oleh *Cassava brown streak virus* (CBSV) setiap tahun dapat mengakibatkan kerugian pada petani ubi kayu dan mengakibatkan kekurangan pangan di beberapa negara di Afrika (Alicai *et al.* 2007).

Di samping mengurangi hasil panen, infeksi beberapa patogen juga seringkali mengakibatkan penurunan kualitas hasil. Serangan penyakit bercak daun coklat *C. henningsii* juga berpengaruh terhadap proporsi kandungan pati (Takatsu dan Fukuda 1988). Penyakit busuk akar (*root rot*) yang disebabkan oleh berbagai jamur tanah *Phytophthora* sp, *Botryodiplodia* sp., *Fusarium* sp. mengakibatkan sebagian ubi menjadi busuk, tidak dapat dimanfaatkan sama sekali sebagai bahan pangan/pakan. Dari bahan yang masih dapat dibuat tepung ubi kayu, ternyata kualitas gari yang dihasilkan juga menurun (Aigbe dan Remison 2009b). Infeksi penyakit busuk akar juga mengakibatkan penurunan kadar pati (Aigbe dan Remison 2010). Penyakit antraknose oleh jamur *C. gloeosporioides* yang menyerang daun, tangkai daun, batang dan tunas tanaman selain secara nyata menurunkan hasil, juga mengakibatkan penurunan bahan tanam (bibit), berupa

stek batang dari tanaman yang terinfeksi. Infeksi antraknose mengakibatkan batang tidak dapat digunakan untuk bibit (Obilo dan Ikotun 2008; Obilo dan Ikotun 2009). Menurut Umemura dan Kawano (1983), kerusakan daun dan mati pucuk oleh penyakit hawar bakteri menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas daun, dan sangat merugikan bagi petani yang memungut daun ubi kayu sebagai sayuran. Penyakit hawar bakteri juga menurunkan kualitas dan kuantitas stek. Menurut Elegba *et al.* (2013), infeksi *African cassava mosaic virus* (ACMV) selain mengakibatkan gejala mosaik berat, tanaman tumbuh kerdil dan hasilnya berkurang juga mengakibatkan penurunan kandungan bahan kering dan hasil pati. Infeksi *Cassava brown streak virus* (CBSV) mengakibatkan sebagian ubi yang dipanen dari tanaman sakit mengalami nekrosis, berwarna coklat sehingga tidak layak dijual ataupun dikonsumsi manusia, bahkan tidak dapat digunakan sebagai bahan pakan (McSween 2006 *cit.* Mohammed *et al.* 2012).

Arti penting dari suatu penyakit tanaman ditentukan oleh banyak faktor antara lain nilai ekonomis dan peran strategis komoditas yang terserang, bagian tanaman yang terserang, pola perkembangan epidemi dan distribusi penyakit di lapang, serta potensi kehilangan hasil akibat serangan penyakit tersebut. Di Indonesia, penyakit tanaman ubi kayu boleh jadi dianggap sebagai penyakit yang kurang penting karena pada saat sekarang ubi kayu bukan merupakan komoditas strategis dan menjadi prioritas pemerintah, tapi di sebagian besar negara penghasil ubi kayu di Afrika, penyakit ubi kayu diposisikan sebagai masalah penting karena ubi kayu merupakan bahan pangan pokok bagi sebagian besar penduduknya.

Tanaman ubi kayu yang terserang penyakit bercak daun coklat (*Cercospora henningsii*), bercak baur (*C. viscosae*), bercak daun putih (*C. caribea*) menyerang bagian daun, tangkai daun, tapi tidak akan mengakibatkan tanaman mati. Tanaman tetap hidup dan menghasilkan ubi walaupun berkurang dibanding tanaman sehat. Penyakit-penyakit ini dikategorikan kurang penting dibanding penyakit busuk batang/ubi oleh berbagai jamur antara lain *Botryodiplodia* sp., *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp. atau bakteri *R. solanacearum* dan *E. carotofora* yang dapat mengakibatkan tanaman mati dan ubi yang dihasilkan rusak sama sekali.

Penyakit mosaik ubi kayu yang disebabkan oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) dan garis coklat ubi kayu (*Cassava brown streak disease*) yang disebabkan oleh *Cassava brown streak virus* (CBSV) diketahui telah menyebar dan menyebabkan kehilangan hasil yang besar di sebagian besar negara penghasil ubi kayu di Afrika. Selain melalui bibit/stek yang diperoleh dari tanaman yang

terinfeksi virus, kedua penyakit virus tersebut juga ditularkan secara efisien oleh serangga kutu kebul, *Bemisia tabaci* (Dubern 1994; Maruthi *et al.* 2005). Perkembangan penyakit di lapangan banyak ditentukan oleh kelimpahan dan aktivitas serangga penular *B. tabaci*. Oleh karena itu ledakan (*outbreak*) penyakit virus mosaik dan virus bergaris coklat tersebut umumnya terjadi pada musim kemarau mengikuti populasi *B. tabaci* yang meningkat pada musim kemarau. Perkembangan epidemi kedua penyakit tersebut mengikuti pola bunga majemuk (*compound interest*). Penyakit dengan pola perkembangan epidemi bunga majemuk dipandang lebih berbahaya dan penting dibandingkan dengan penyakit yang ditularkan oleh nematoda, dimana pola perkembangan epideminya umumnya mengikuti pola bunga sederhana (*simple interest*). Penyakit hawar bakteri oleh *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* yang mengakibatkan hawar (*blight*) dan mati pucuk (*die back*) dan kerusakan jaringan pembuluh dan berpotensi menimbulkan kerugian hasil yang tinggi dipandang mempunyai arti ekonomi lebih penting dibanding penyakit bakteri daun menyudut oleh *Xanthomonas campestris* pv. *cassavae* yang terbatas menginfeksi daun ubi kayu.

Kehilangan Hasil. Yang dimaksud kehilangan hasil disini adalah selisih hasil yang diperoleh dari tanaman yang sakit dengan tanaman sehat, dibandingkan dengan hasil tanaman sehat dinyatakan dalam persen. Secara sederhana rumus Kehilangan hasil (KH) adalah sebagai berikut:

$$KH = \frac{Y_h - Y_i}{Y_h} \times 100\%$$

KH = kehilangan hasil (%)

Y_h = hasil yang diperoleh dari tanaman sehat

Y_i = hasil yang diperoleh dari tanaman sakit

Di lapangan sebetulnya menentukan kehilangan hasil (*yield loss*) ubi kayu akibat infeksi suatu penyakit agak sulit ditentukan, karena amat mustahil mendapatkan tanaman yang betul-betul sehat, tidak terinfeksi oleh satu patogen apapun. Di lapangan juga seringkali satu tanaman dapat terinfeksi oleh beberapa patogen yang saling berinteraksi satu dengan lainnya dalam bentuk sinergistas, kumulatif, atau bersifat antagonistik. Menurut Takatsu *et al.* (1990), kehilangan

hasil ubi kayu akibat infeksi *C. henningsii* bersama *C. viscosae* dapat mencapai 30%, lebih tinggi dibandingkan apabila terinfeksi tunggal oleh *C. henningsii*. Penyakit bercak daun *Cercospora* dan penyakit kanker batang oleh jamur *Sphaceloma* yang menyerang bersamaan dapat menurunkan hasil ubi kayu sebesar 3 t/ha (Cock 1978). Demikian juga antara penyakit antraknose, *C. gloesporoides* dan penyakit hawar bakteri, *X. campestris* pv. *manihotis* terjadi hubungan yang bersifat sinergis sehingga gejala yang diakibatkan lebih parah dan kehilangan hasil akibat infeksi kedua patogen tersebut lebih besar dibandingkan kumulatif hasil apabila terinfeksi oleh masing-masing patogen (Fokunang *et al.* 2002; Fokunang *et al.* 2003).

Penghitungan kehilangan hasil dari suatu populasi hamparan tanaman akan menjadi lebih kompleks akibat kemampuan kompensasi tanaman ubi kayu sehat yang tumbuh di dekat tanaman ubi kayu yang sakit dan mati atau tumbuh kerdil, sehingga mampu memanfaatkan hara, sinar matahari dan ruang tumbuh secara lebih optimal dan menghasilkan ubi lebih baik dibanding tanaman yang diapit tanaman-tanaman sehat.

Kehilangan hasil ubi kayu akibat serangan suatu patogen dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: strain patogen, tingkat ketahanan varietas/klon ubi kayu, umur/stadia tanaman pada saat terinfeksi, dan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap intensitas serangan penyakit dan upaya pengendalian yang telah dilakukan.

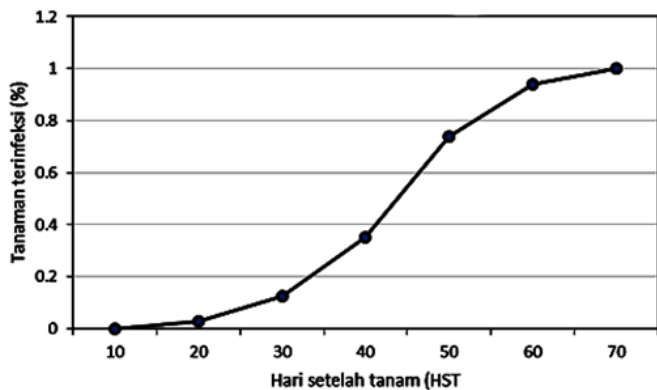
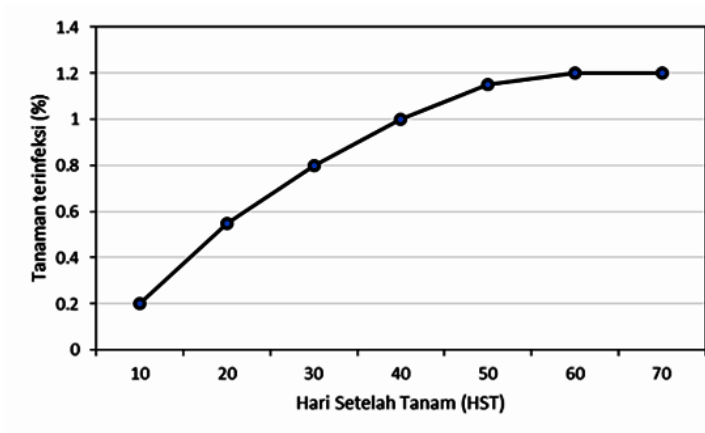
Strain. Menurut Mamba-Mbayi *et al.* (2014), terdapat variasi agresivitas di antara strain *X. campestris* pv. *manihotis*. Strain yang kuat mempunyai agresivitas yang lebih tinggi dan mengakibatkan gejala yang lebih parah dibanding strain lemah. Dalam kasus lain beberapa strain atau kombinasi strain mengakibatkan gejala lebih parah dan mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan hasil yang lebih besar dibanding strain lemah. Contoh tanaman ubi kayu yang terinfeksi ganda oleh rekombinan ACMV yaitu *East African cassava mosaic virus* (EACMV) dan ACMV akan menghasilkan gejala yang lebih parah dibanding infeksi tunggal oleh masing-masing virus (Harrison *et al.* 1997; Fondong *et al.* 2000).

Tingkat ketahanan varietas. Infeksi jamur bercak coklat (*C. henningsii*) pada varietas ubi kayu yang tahan hanya menghasilkan bercak yang tidak terlalu besar, namun pada varietas yang rentan, selain daun jamur tersebut dapat menyerang tangkai daun dan bagian bunga. Bercak dapat saling menyatu, nekrosis mengakibatkan daun berlubang-lubang, menguning dan rontok lebih awal (pre-

mature). Terdapat korelasi negatif nyata antara keparahan penyakit dan jumlah dan berat umbi. Pada varietas yang tahan, kehilangan hasil umbi tidak nyata, tetapi pada klon-klon rentan kehilangan hasil mencapai 26–30% (Teri *et al.* 1984). Di Indonesia, hasil percobaan di lapangan menunjukkan bahwa pada varietas UJ-5 yang tahan terhadap penyakit busuk umbi, persentase tanaman terserang sekitar 1–5%, dan hanya sebagian umbi yang busuk. Tetapi pada varietas ubi kayu yang rentan (varietas UJ-3), persentase tanaman yang terserang penyakit tersebut dapat mencapai 70–100% dan semua umbi yang dihasilkan menjadi busuk (Saleh *et al.* 2014).

Umur/stadia tanaman. Secara umum tanaman muda lebih rentan terhadap infeksi patogen dibanding tanaman tua. Oleh karena itu tanaman ubi kayu yang terinfeksi pada umur muda akan mengakibatkan kehilangan hasil yang lebih tinggi dibanding apabila infeksi terjadi pada umur tua. Hasil tanaman ubi kayu yang terinfeksi penyakit antraknose sejak tumbuh akibat penggunaan bibit yang terinfeksi jamur *C. gloesporoides* pv. *manihotis*, jauh lebih rendah dibanding apabila tanaman terinfeksi pada pertumbuhan tanaman yang lebih tua. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Fargette *et al.* (1987), yang menyatakan bahwa kehilangan hasil tanaman ubi kayu akibat infeksi ACMV yang berasal dari stek yang terinfeksi berkisar antara 55–77%, lebih besar dibanding apabila tanaman terinfeksi kemudian oleh *Bemisia tabaci* yang hanya mencapai 35–60%, meskipun infeksi terjadi pada awal. Bahkan apabila infeksi oleh vektor terjadi pada umur 150 hari atau lebih setelah tanam, tidak banyak berpengaruh terhadap hasil. Apabila pertanaman baru memperlihatkan gejala infeksi setelah berumur empat bulan atau lebih, pengurangan hasil akibat infeksi virus tidak nyata (Fargette *et al.* 1988; Mariscal *et al.* 2002; Elegba *et al.* 2013).

Namun menurut Booth (1977) tidak semua penyakit yang menyerang tanaman pada stadia muda akan mengakibatkan kehilangan hasil yang tinggi. Penyakit bercak daun coklat yang disebabkan oleh *C. henningsii* pada umumnya justru menyerang daun tua bagian bawah, karena daun tua lebih rentan terhadap infeksi jamur dibanding daun muda. Di lapangan tanaman pada umumnya mulai terinfeksi jamur bercak coklat pada umur 3–4 bulan. Apabila tanaman terinfeksi pada umur tersebut, tanaman ubi kayu yang berumur panjang (10–12



Gambar 6. Kurva laju perkembangan penyakit. A. Tipe epidemi monosiklik, B. Tipe epidemi polisiklik.

bulan) masih mampu mengkompensasi kerusakan daun yang terjadi pada umur muda sehingga kehilangan hasil tidak nyata.

Faktor lingkungan. Menurut Fokunang *et al.* (1999; 2001b), kejadian dan tingkat keparahan penyakit antraknose, serta kehilangan hasil tanaman ubi kayu di musim hujan jauh lebih tinggi dibanding pada musim kemarau. Onyeka *et al.* (2008), menyimpulkan bahwa penyakit antraknose pada ubi kayu mempunyai korelasi positif dengan curah hujan tahunan, tetapi berkorelasi negatif dengan suhu maksimum. Pada tahun dengan curah hujan yang tinggi, kehilangan hasil ubi kayu akibat penyakit antraknose juga lebih tinggi dibanding tahun dengan curah hujan yang kurang. Fenomena yang sama juga terjadi pada penyakit bercak daun coklat yang disebabkan oleh jamur *C. henningsii*. Di Afrika, pada kondisi curah hujan tinggi, infeksi penyakit bercak daun coklat menjadi lebih berat dan dapat mengakibatkan kehilangan hasil umbi hingga 20%, lebih tinggi dibanding pada musim kemarau (Theberge 1985).

Selain faktor iklim, tindakan budidaya yang kurang tepat juga dapat mempengaruhi intensitas serangan penyakit dan kehilangan hasil yang diakibatkannya. Pemupukan N dan bahan organik yang tinggi mengakibatkan serangan penyakit busuk ubi yang disebabkan oleh asosiasi berbagai jamur tanah akan meningkat dan mengakibatkan kehilangan hasil yang lebih besar dibanding pemupukan standar (Aigbe dan Remisson 2010c).

Menurut Rwegasira (2009), kejadian penyakit dan keparahan gejala pada varietas yang berbeda bervariasi antar musim dan tergantung pada karakteristik masing-masing kultivar. Suhu yang rendah (siang hari 26 °C dan malam hari 18 °C) berakibat kritis, yaitu tanaman yang terinfeksi CBSV menjadi mati. Ekspose pada kondisi suhu rendah selama 30 dan 50 hari, mengakibatkan kematian tanaman percobaan sebesar 50% dan 100%.

VI. PENYAKIT PRA-PANEN TANAMAN UBI KAYU

Sebagaimana tanaman lainnya, tanaman ubi kayu juga tidak luput dari serangan hama dan penyakit tanaman. Menurut Lozano (1977), penelitian tentang penyakit tanaman pada ubi kayu relatif masih terbatas dibanding komoditas lain atau bidang/disiplin ilmu lainnya. Hingga tahun 2002, dilaporkan tidak kurang dari 36 penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen berupa jamur, bakteri, dan virus/mikoplasma (Calvert dan Thresh 2002; Hillock dan Wydra 2002). Jumlah dan macam penyakit ubi kayu di Amerika Latin dan Afrika lebih banyak dibanding di Asia. Hal tersebut kemungkinan karena ubi kayu berasal dari Amerika Latin dan kemudian melalui Afrika tersebar ke negara-negara di Asia, sehingga di Amerika Latin dan Afrika telah terjadi interaksi patogen-inang yang lebih lama dibanding di Asia. Kemungkinan lain adalah penelitian penyakit ubi kayu di negara-negara produsen ubi kayu di Amerika Latin dan Afrika boleh jadi lebih maju, sehingga lebih banyak penyakit yang telah diidentifikasi dan diteliti.

Di Indonesia, pada tahun 1992 telah tercatat lebih kurang 28 jenis penyakit pada tanaman ubi kayu yang disebabkan oleh jamur dan bakteri, dan hanya satu yang disebabkan oleh virus. Namun separo dari jumlah tersebut ditulis dalam bahasa Belanda dan dilakukan sebelum kemerdekaan (Semangun 1992). Sejak tahun 1992 hingga sekarang kegiatan penelitian bidang penyakit tanaman pada tanaman ubi kayu tidak banyak dilakukan. Hal tersebut diduga karena di Indonesia hingga saat ini tanaman ubi kayu bukan merupakan komoditas prioritas.

Kejadian penyakit (*disease incidence*) dan intensitas serangan penyakit (*disease intensities*) sangat ditentukan oleh agresivitas patogen, tingkat kerentanan dan kepekaan tanaman terhadap infeksi patogen, umur tanaman pada saat terinfeksi dan kondisi lingkungan. Strain patogen dengan kemampuan menginfeksi (*patogenesis*) dan agresivitas yang tinggi mengakibatkan intensitas serangan yang lebih tinggi dibanding strain yang lemah. Demikian juga intensitas serangan penyakit pada varietas ubi kayu yang rentan dan peka lebih parah dibanding pada varietas yang tahan atau toleran. Secara umum, tanaman muda lebih rentan terhadap infeksi patogen dibanding tanaman yang dewasa. Namun beberapa patogen jamur seperti *Cercospora henningsii*, penyebab penyakit bercak daun

coklat justru banyak menyerang daun ubi kayu di bagian bawah yang sudah tua dibanding daun muda (Chevaugnon 1956 *cit.* Teri *et al.* 1977).

Faktor lingkungan tumbuh, terutama suhu dan kelembaban udara sering berpengaruh terhadap perkembangan penyakit di lapang. Penyakit antraknose yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. diketahui banyak menyerang tanaman ubi kayu terutama pada kondisi banyak hujan dan kelembaban udara yang tinggi (Fokunang *et al.* (1999). Demikian juga penyakit busuk pangkal batang dan umbi yang disebabkan oleh jamur-jamur tanah *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Phytophthora* sp. banyak menyerang pertanaman ubi kayu pada musim penghujan terutama di lahan dengan sistem drainase yang jelek. Penyakit hawar bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* banyak menyerang dengan intensitas serangan yang tinggi terutama pada musim hujan dengan suhu hangat (Lozano 1986).

Penyakit ubi kayu yang disebabkan oleh virus, kejadian penyakit dan intensitas penyakit juga ditentukan oleh strain virus, kerentanan tanaman terhadap infeksi virus, umur tanaman pada saat terinfeksi, dan faktor lingkungan. Namun di sini faktor lingkungan lebih berperan terhadap populasi dan aktivitas serangga penular (vektor) virus dibanding terhadap virusnya sendiri. Pada musim kemarau, populasi dan aktivitas vektor yang berupa kutu daun (aphid) dan kutu kebul (*Bemisia tabaci*) pada umumnya lebih tinggi dibanding pada musim penghujan. Kondisi tersebut mendorong laju infeksi dan perkembangan penyakit virus di lapangan pada musim kemarau lebih cepat dibanding pada musim hujan.

Arti penting secara ekonomi dari suatu penyakit bervariasi di antara negara atau benua, misalnya penyakit virus mosaik oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) sangat merusak di sebagian besar negara produsen ubi kayu di Afrika, tapi tidak ditemukan di Amerika Selatan. *Cassava bacterial blight* (CBB) oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*, merupakan penyakit yang cukup merugikan di Afrika, Amerika Selatan dan Asia, penyakit busuk umbi (*root rot*) di Afrika lebih disebabkan oleh jamur *Botryodiplodia theobromae* dan *Fusarium* sp., tapi di Brazilia banyak disebabkan oleh jamur *Phytophthora* sp.

Penyakit Jamur

Jamur termasuk ke dalam Thallophyta, yaitu mikroorganisme yang tubuh vegetatifnya berupa thalus, tidak mempunyai butir klorofil, dan tidak mempunyai berkas pengangkutan. Struktur somatisnya berupa benang halus (miselium) yang bercabang-cabang. Dinding sel jamur terdiri atas chitin, selulosa atau keduanya. Sel mempunyai inti sejati (eukaryotic). Umumnya jamur tidak dapat bergerak secara aktif, tetapi beberapa anggota dari *Phycomycetes* yang rendah mempunyai sel yang dapat bergerak dengan bantuan bulu cambuk (flagella). Beberapa penyakit ubi kayu disebabkan oleh anggota jamur dari kelas *Phycomycetes*, *Ascomycetes*, *Deuteromycetes* atau *Basidiomycetes*. Jamur yang termasuk dalam kelas *Phycomycetes* mempunyai hifa yang tidak bersekat, berbentuk tabung yang berisi protoplasma dengan banyak inti. Jamur *Ascomycetes* mempunyai hifa yang bersekat, sekat berpori dan mengadakan perbanyakan secara seksual dengan pembentukan askuspora. Jamur *Deuteromycetes* mempunyai hifa yang bersekat dan beberapa anggotanya tidak atau belum diketahui stadium seksualnya, sehingga sering dikenal sebagai fungi yang tidak sempurna (imperfecti). Perkembangbiakan hanya dilakukan secara aseksual saja. Jamur *Basidiomycetes* mempunyai hifa yang bersekat dan berkembangbiak secara seksual dengan membentuk basidiospora. Di lapangan penyebaran penyakit jamur dilakukan oleh spora jamur yang dibantu oleh serangga, angin, percikan air hujan atau aliran air dan bahan tanam/alat pertanian yang terkontaminasi jamur.

Di Indonesia, pada saat sekarang terdapat lebih dari tujuh penyakit utama yang disebabkan oleh berbagai jenis jamur, baik yang menyerang bagian daun, batang maupun umbi (Tabel 1).

Di antara penyakit-penyakit tersebut, penyakit antraknose yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* dan penyakit busuk batang/akar yang disebabkan oleh berbagai jenis jamur tanah adalah lebih penting dan menimbulkan banyak kerugian dibanding penyakit bercak daun. Hal tersebut disebabkan karena serangan penyakit bercak daun tidak mengakibatkan tanaman mati, sementara penyakit antraknose dapat mengakibatkan mati pucuk dan penyakit busuk batang/akar dapat menyebabkan tanaman mati. Di samping itu tanaman ubi kayu mempunyai kemampuan mengkompensasi kerusakan akibat bercak daun, apalagi apabila serangannya terjadi pada awal pertumbuhan tanaman. Sebagian besar penyakit-penyakit tersebut, sudah ada dan dilaporkan di Indonesia (Semangun 1991; Semangun 1992).

Tabel 1. Penyakit jamur pada ubi kayu.

No.	Penyakit	Jamur penyebab	Distribusi/ penyebaran
1.	Bercak daun coklat (<i>Brown leaf-spot</i>)	<i>Cercospora henningsii</i> (Allesch) Deighton. Teleomorph: <i>Mycosphaerella henningsii</i> Sivanasan)	Amerika Latin, Afrika, Asia
2.	Bercak daun baur (<i>Diffuse leaf-spot</i>)	<i>Cercospora viscosae</i> (Muller and Chupp)	Amerika Latin, Afrika, Asia
3.	Bercak daun putih (<i>White leaf-spot</i>)	<i>Cercospora caribaea</i>	Amerika Latin, Afrika, Asia
4.	Bercak daun cincin melingkar (<i>Concentric Ring leaf-spot</i>)	<i>Phylosticta Viegas</i> <i>P. manihotica</i> Syds.	Amerika Latin, Afrika, Asia
5.	Antraknose (<i>anthracnose</i>)	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f.sp. <i>manihotis</i> Pens & Sacc. Teleomorp: <i>Glomerella cingulata</i> (Stoneman Spauld & Schrenk)	Amerika Latin, Afrika, Asia
6.	Busuk kering umbi (<i>dry root rot</i>)	<i>Armillariella mellea</i> (Vahl:Fr) P. Kumm. <i>Rosellinia necatrix</i>	Amerika Latin, Afrika, Asia
7.	Busuk batang/umbi (<i>stem/root rot</i>)	<i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> , <i>Schlechtend</i> Fr, <i>Fusarium solani</i> (H. Mart).Sacc, <i>Rigidoporus lignosus</i> (Klotzsch Imazeki), <i>Phytophthora drechsleri</i> Tucker, <i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.	Amerika Latin, Afrika, Asia

1. *Brown Leaf-Spot* (Bercak Daun Coklat)

a. Gejala penyakit

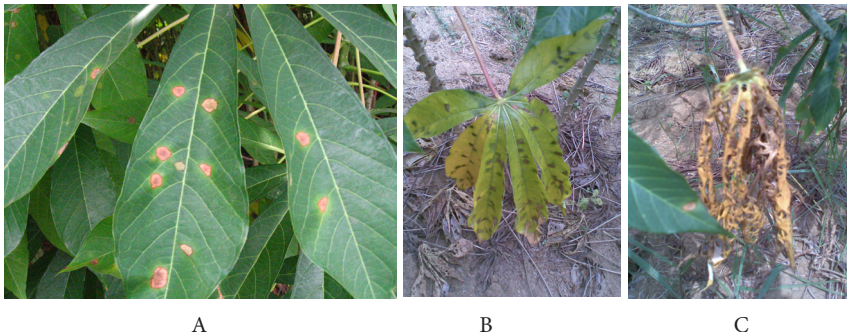
Gejala penyakit berupa bercak daun terutama terjadi pada daun-daun di batang bagian bawah (daun tua), dan makin sedikit terdapat pada daun yang muda (Maduwesi 1975). Hal tersebut karena daun tua tersebut lebih rentan daripada daun-daun yang lebih muda. Menurut Chevaugeon (1956 *cit.* Teri *et al.* 1977), daun yang berumur 5–15 hari bersifat imun dan menjadi rentan setelah berumur 25 hari. Namun pada varietas yang sangat rentan, daun muda

di bagian atas juga dapat terinfeksi. Gejala awal penyakit ini berupa bercak kecil berwarna putih hingga coklat muda terlihat jelas pada sisi atas daun (Gambar 7). Di tepi bercak kadang-kadang dibatasi lingkaran berwarna agak ungu. Pada perkembangan selanjutnya bercak-bercak berwarna coklat karena matinya jaringan daun tepat di bagian bercak. Jaringan daun yang mati pada bercak nekrotik akan mengakibatkan terjadi pengkerutan dan mudah rontok, sehingga pada daun akan nampak adanya lubang-lubang bekas penyakit. Ukuran bercak sangat beragam 3–12 mm.

b. Patogen penyebab

Penyakit bercak daun coklat disebabkan oleh jamur *Cercosporidium henningsii* Alleesch. Jamur ini disebut juga dengan nama *Cercospora henningsii* ataupun *C. manihotis*, dan *Mycosphaerella manihotis* (fase sempurna).

Hifa jamur berkembang di dalam ruang antar sel, membentuk stroma dengan garis tengah 20–435 μm . Stroma membentuk konidiofor dalam berkas yang rapat. Konidiofor berwarna coklat kehijauan, tidak bercabang, dengan 0–2 lekukan seperti lutut, bulat pada ujungnya. Konidium dibentuk pada ujung konidiofor, berbentuk tabung, lurus atau agak bengkok, kedua ujungnya membulat tumpul, pangkalnya berbentuk kerucut terbalik, bersekat 2–8, berwarna coklat kehijauan, berukuran 30–60 μm x 4–7 μm . Jamur membentuk dua macam konidia yaitu makro konidia, berukuran 20–120 x 5–7,5 μm dan mikro konidia berukuran 8,5–17,5 x 3,75–7,5 μm . Mikro konidia dibentuk dari makro konidia dengan cara budding



Gambar 7. A. Gejala penyakit bercak daun coklat (*Brown leaf-spot*), *C. henningsii*., B. Bercak daun pada daun yang tua mengakibatkan daun menguning, C. Bercak rontok sehingga daun berlubang-lubang.

dan fragmentasi. Pembentukan jenis konidia tersebut juga dipengaruhi oleh musim. Pada keadaan lembab, mikro konidia lebih banyak dibentuk, sebaliknya pada kondisi kering makro konidia yang lebih banyak dibentuk (Charles 1991).

Dalam biakan murni, pembentukan konidia terjadi pada media Nutrient glucose agar (NGA), diikuti agar ekstrak daun ubi kayu (*cassava leaf extract agar*=CLA), V-8 juice agar (V-8 A) yang diinkubasikan selama 12 jam dengan penyiangan dan gelap berganti-ganti. Jamur membentuk peritesium hitam, bergaris tengah 100 µm, kadang-kadang tersebar pada bercak di permukaan atas daun. Askus seperti gada memanjang, berisi delapan spora. Askuspora berbentuk bulat telur, bersekat sati, mengecil pada sekat, berukuran 17–22 x 5,2–6,8 µm (Semangun 1991).

c. Daerah penyebaran

Penyakit bercak daun coklat sudah tersebar di daerah tropik dimana tanaman ubi kayu dibudidayakan. Di Asia dan Afrika, penyakit bercak daun terdapat di sebagian besar negara-negara penghasil ubi kayu, termasuk di Indonesia. Di Amerika Utara (USA dan Republik Dominica), Amerika Selatan terdapat di Bolivia, Brazil, Kolumbia, Peru, dan Venezuela (COPR 1986; Semangun 1991). Di Indonesia dapat dikatakan penyakit bercak daun coklat ada di setiap pertanaman ubi kayu, meskipun dengan intensitas serangan yang beragam.

d. Arti penting

Secara umum penyakit bercak daun dianggap tidak merupakan penyakit penting karena tanaman tidak sampai mati, tetap tumbuh dan menghasilkan. Di sisi lain, pengetahuan dan pemahaman petani tentang penyakit masih sangat terbatas. Di Afrika petani menjadikan adanya gejala bercak daun coklat tersebut sebagai tanda bahwa pertanaman mereka sudah cukup tua. Oleh karena itu petani tidak pernah melakukan upaya pengendalian terhadap penyakit tersebut (Moses *et al.* 2007). Tetapi pengamatan di lapang menunjukkan bahwa pada varietas yang rentan, infeksi terjadi pada tanaman muda dan pada kondisi yang mendukung, penyakit akan berkembang hingga menyerang seluruh daun. Pada kondisi demikian, akan menurunkan hasil secara nyata. Di antara penyakit bercak daun, penyakit bercak daun coklat dianggap yang paling penting. Menurut Santos *et al.* (2004), jamur *C. henningsii* merusak daun, sementara itu produksi ubi kayu sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat mengurangi lama hidup daun serta laju fotosintesis pada daun. Terdapat korelasi negatif nyata antara keparahan

penyakit dan jumlah dan berat umbi. Pada varietas yang tahan, kehilangan hasil umbi tidak nyata, tetapi pada klon-klon rentan kehilangan hasil mencapai 26–30% (Teri *et al.* 1984). Di Afrika, pada kondisi curah hujan tinggi, infeksi bercak daun coklat dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 20% (Theberge 1985). Takatsu *et al.* (1990) mencatat kehilangan hasil ubi kayu akibat infeksi *C. henningsii* bersama *C. viscosae* dapat mencapai 30%.

Di samping berpengaruh terhadap produksi, serangan penyakit juga berpengaruh terhadap proporsi kandungan pati (Takatsu dan Fukuda 1988). Secara kuantitas, akibat penyakit bercak daun *Cercospora* dan penyakit kanker batang oleh jamur *Sphaceloma* yang menyerang bersamaan dapat menurunkan hasil ubi kayu sebesar 3 t/ha (Cock 1978).

e. Bioekologi

Di lapang, penyakit berkembang pada musim hujan. Sporulasi terjadi pada kelembaban relatif 95–100%, sebaliknya pada kelembaban rendah 40–60%, pembentukan spora sangat rendah. Sejalan dengan hal tersebut, perkecambahan spora juga akan terjadi dengan baik pada kelembaban yang tinggi, 80–100% (Charles 1991). Di lapang, penyakit berkembang pada musim hujan. Produksi konidia paling baik pada kelembaban 95–100%. Di lapangan, infeksi dimulai dengan jatuhnya konidia jamur melalui percikan air hujan pada permukaan daun. Konidia mulai berkecambah membentuk 1–2 buluh kecambah 9 jam setelah inokulasi. Buluh kecambah langsung menembus epidermis tanpa membentuk apresorium. Buluh kecambah tidak masuk melalui stomata, meskipun melewati stomata yang terbuka. Gejala bercak daun mulai terlihat lebih kurang 9 hari setelah inokulasi, dan konidia muncul pada 14 hari setelah inokulasi. Gejala mulai tampak pada permukaan atas (*abaxial*) daun, diikuti dua hari kemudian tampak pada permukaan bawah (*adaxial*) daun (Babu *et al.* 2009). Pada sisi daun bagian bawah, kadang-kadang terlihat adanya struktur badan buah (*peritesium*) dari jamur sebagai tempat produksi spora.

Pada serangan parah, daun yang terserang penyakit akan menguning, kering, dan gugur sebelum masanya (prematur). Daun terinfeksi yang rontok tersebut merupakan sumber infeksi di lapang. Spora akan terbawa angin atau percikan air hujan dan menimbulkan infeksi baru (Moses *et al.* 2007). Penyakit bercak daun coklat banyak berkembang pada kondisi kelembaban dan suhu udara yang tinggi. Tanaman muda hingga tua dapat terserang penyakit bercak daun, namun tanaman yang berumur 3–5 bulan lebih tahan dibanding yang berumur tua. Di

lapang serangan lebih sering terjadi pada umur 5–9 bulan. Menurut Kasirivu *et al.* (1981) dan Semangun (1991) pada klon-klon rentan, penyakit bercak daun dapat terjadi pada tangkai daun bahkan pada buah muda.

Pada bercak luka di daun, konidia jamur tidak berkecambah, tapi hanya berakumulasi, dan pada kondisi optimum suhu 25–32 °C dan terdapat air bebas, mereka akan membentuk sejumlah mikrokonidia. Mikrokonidia tersebut terdiri satu sel, bentuk silindris dengan ukuran 7,5–17,5 x 3,7–7,5 µm. Produksi mikrokonidia nyata turun pada kondisi kelembaban yang menurun. Pada kelembaban 100%, mikrokonidia berkecambah pada kedua permukaan daun. Beberapa buluh kecambah membentuk appresorium yang berfungsi untuk melakukan penetrasi ke jaringan tanaman (Ayesu-Ofei dan Antwi-Boasiako 1996).

Menurut Msikita *et al.* (2000), selain tanaman ubi kayu, tanaman inang lain dari *C. henningsii* belum diketahui. Tetapi penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa beberapa kerabat liar ubi kayu yaitu *Manihot glaziovii* dan *M. plauhynsis* dapat terinfeksi jamur bercak daun coklat, meskipun bersifat lebih tahan (Ambang *et al.* 2007).

f. Komponen pengendalian

1) Varietas tahan/toleran

Untuk komoditas yang banyak diusahakan oleh masyarakat petani yang secara ekonomi lemah, penggunaan varietas yang tahan atau toleran merupakan cara yang paling efektif dan mudah diadopsi oleh petani. Oleh karena itu program perakitan varietas ubi kayu dengan produktivitas tinggi dan tahan/toleran penyakit bercak daun coklat banyak dilakukan oleh lembaga penelitian di berbagai negara. Di Nigeria, dari pertanaman yang terinfeksi secara alami diidentifikasi No. 53101 dan No. 6044 sangat tahan, dan No. 60444 sangat rentan terhadap infeksi *C. henningsii* (Maduawesi 1975). Di *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), Nigeria telah dibuktikan bahwa hasil inokulasi secara buatan pada kondisi terkontrol memberi data yang lebih baik dibanding inokulasi secara alami (Kasirivu *et al.* 1980). Menurut Palomar (1980) stadia tanaman yang paling rentan terhadap infeksi *C. henningsii* adalah delapan minggu. Dari 112 genotipe yang diuji, 29 asesi dikategorikan tahan dengan total luas luka bercak 0–5 cm². Menghitung jumlah bercak per daun atau persentase luas daun yang terinfeksi sama-sama efektif untuk mengevaluasi ketahanan ubi kayu terhadap infeksi *C. henningsii*. Menghitung jumlah bercak per daun lebih tepat dalam

membedakan reaksi klon-klon yang diuji, dan dapat dilakukan pada setiap periode pertumbuhan tanaman, sementara menghitung persentase daun yang terinfeksi lebih sederhana dan cepat, namun terutama dilakukan pada awal pertumbuhan tanaman (Tan dan Goh 1986).

Di Indonesia, upaya untuk mendapatkan varietas/klon ubi kayu yang tahan terhadap penyakit bercak daun coklat juga sudah dilakukan. Rahayuningsih *et al.* (1995) telah mengevaluasi ketahanan 117 plasmanutfah ubi kayu di Balai Penelitian Tanaman Pangan (Balittan) Malang di KP. Muneng dengan infeksi alami selama tiga musim tanam (1989/90, 1992/1993 dan 1993/1994) menunjukkan bahwa tiga assesi yaitu MLG 10060, MLG 10071 dan MLG 10102 tahan terhadap infeksi bercak daun coklat. Saleh dan Rajid (2011) melaporkan bahwa di antara 10 varietas unggul dan klon ubi kayu yang diteliti ketahanannya, varietas MLG-6, klon harapan OMM 9908-4, CMM99008-3, dan CMM 02048-6 menunjukkan reaksi tahan, sementara varietas dan klon yang lain yaitu UJ-5, UJ-3, Adhira-4, Kaspro, serta klon unggul lokal Butoijo dan Melati bereaksi agak tahan terhadap serangan penyakit bercak daun coklat. Di Brazil, Santos *et al.* (2004) melaporkan bahwa kultivar Amerelinha sangat rentan, sedangkan varietas Baiana dan Sonora sangat tahan.

Di lapang, seringkali penyakit bercak daun coklat, bercak daun baur, dan bercak daun putih menyerang secara bersama-sama. Oleh karena itu Oliveira *et al.* (2014) mengembangkan metode skrining di lapang dengan inokulasi alami dengan skoring tunggal pada *Maximum disease rate* (MaDR). Dengan metode ini dapat diketahui adanya varietas/klon ubi kayu yang mempunyai ketahanan ganda terhadap penyakit bercak daun coklat, bercak daun baur, dan bercak daun putih. Misalnya EC 201124159 dan EC 20113412 mempunyai ketahanan terhadap penyakit-penyakit tersebut.

Banyak anggapan bahwa ubi kayu rasa pahit (kadar HCN tinggi) berkorelasi dengan ketahanan terhadap penyakit bercak daun. Namun hasil penelitian membuktikan bahwa kadar HCN ubi kayu tidak berkorelasi dengan tingkat ketahanannya terhadap *C. henningsii* (CIAT 1975).

2) Mengatur jarak tanam

Penyakit bercak daun coklat berkembang pada kondisi lingkungan tumbuh yang lembab. Oleh karena itu memperlebar jarak tanam ubi kayu dapat mengurangi intensitas serangan penyakit bercak daun coklat di lapang (Golato dan Meosi

1971 *cit.* Hillock dan Wydra 2002). Cara ini selain dapat memberikan kondisi yang kurang mendukung perkembangan penyakit *Cercospora* spp. juga dapat meningkatkan hasil ubi (Lozano 1977). Pada daerah dengan curah hujan tinggi juga dianjurkan menanam varietas ubi kayu yang lebih tahan atau toleran terhadap penyakit bercak daun coklat.

3) Pertumbuhan tanaman

Ketahanan tanaman terhadap infeksi jamur bercak daun coklat dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman. Pada kondisi pertumbuhan yang kurang subur, tanaman menjadi lebih tahan dibandingkan pada kondisi kondisi yang sesuai. Namun menurut Chevaugeron (1956 *cit.* Teri *et al.* 1977) kesuburan tanah tidak berpengaruh terhadap penyakit tersebut.

4) Pengendalian kimiawi

Di Afrika, penyemprotan fungisida tembaga oksida dan tembaga oksiklorida yang dilarutkan dalam minyak mineral, dan diaplikasikan dengan dosis 12 l/ha efektif mengendalikan penyakit bercak coklat (Golato dan Meossi 1966 *cit.* Lozano dan Booth 1976). Penyemprotan beberapa fungisida (mankozeb, copper oxychloride, benomil) setiap minggu mampu meningkatkan hasil ubi var. Lianera yang rentan infeksi jamur *C. henningsii* dan *C. viscosae* sebanyak 14%. Tetapi penyemprotan kurang dari itu menjadi kurang efektif (Teri *et al.* 1977). Selanjutnya dilaporkan bahwa penyemprotan fungisida benomyl dengan dosis 0,75 kg/ha sebanyak 15 kali dengan interval waktu penyemprotan dua minggu, dimulai pada umur 1,5 bulan efektif menekan penyakit bercak daun coklat. Hasil yang sama juga dilaporkan di Afrika bahwa penyemprotan fungisida benomyl dengan dosis 4 l/ha efektif menekan penyakit bercak daun coklat dan meningkatkan hasil umbi.

Hasil penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa pada kondisi curah hujan yang tinggi dan intensitas penyakit bercak coklat yang tinggi, penyemprotan fungisida tembaga oksida 56% sebanyak 3–6 kali tidak dapat menekan intensitas serangan penyakit bercak daun coklat. Namun pada curah hujan yang kurang dan intensitas penyakit bercak daun coklat yang rendah, penyemprotan fungisida difenokonazol 250 g/l, 3–6 kali dapat menekan intensitas penyakit bercak daun coklat. Penyemprotan fungisida 3–6 kali dapat mencegah kehilangan hasil antara 12–17,5%, tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar pati umbi (Saleh dan Hadi 2012). Mengingat bahwa ubi kayu merupakan tanaman semusim yang berumur panjang, maka penyemprotan fungisida perlu dilakukan berulang kali, sehingga

secara ekonomi pengendalian dengan fungisida menjadi sangat mahal dan tidak dapat diadopsi petani yang umumnya lemah ekonomi. Penyemprotan fungisida mankozeb, Vitigran, benomyl, dan Macuprax yang dicampur dengan pelekat (sticker) akan meningkatkan hasil ubi kayu apabila penyemprotan dilakukan seminggu sekali, kurang dari itu tidak nyata meningkatkan hasil (CIAT 1976).

2. Diffuse Leaf-Spot (Bercak Daun Baur)

a. Gejala penyakit

Gejala berupa bercak daun yang berukuran besar, berwarna coklat tanpa batas yang jelas. Sering bercak yang besar berada pada ujung daun (mencapai seperlima luas daun), berbentuk seperti huruf V terbalik (Gambar 8). Permukaan atas bercak berwarna coklat merata, tetapi permukaan bawah pada pusat bercak yang berwarna coklat terdapat warna keabu-abuan yang sebetulnya merupakan konidia jamur. Di lapangan, sering pada satu daun terserang bersama penyakit bercak coklat. Pada varietas yang rentan dan kondisi lingkungan sesuai untuk perkembangan penyakit dapat mengakibatkan daun menjadi rontok.

b. Patogen penyebab

Penyakit bercak daun baur disebabkan oleh jamur *Cercospora viscosae* Muller et Chupp. Jamur ini tidak membentuk stroma, tetapi membentuk spora secara merata. Konidiofor berwarna coklat kemerahan, berukuran 50–150 μm x 4–6 μm , membentuk berkas yang mirip koremium. Konidium berbentuk seperti gada terbalik, silindris, berukuran 25–100 μm x 4–6 μm (Chupp 1953 *cit.* Semangun 1991).

c. Daerah penyebaran

Di Indonesia, penyakit bercak daun dilaporkan terdapat di sekitar Malang oleh Sastrahidayat (1979). Pada saat sekarang penyakit ini sudah tersebar di sentra produksi ubi kayu di seluruh Indonesia terutama pada musim hujan di daerah ubi kayu yang panas. Sebagaimana penyakit bercak daun coklat, penyakit bercak daun baur juga tersebar luas di seluruh dunia, terutama pada daerah yang beriklim basah dan hangat (Wydra dan Msikita 1998). Penyakit bercak daun baur dilaporkan menyerang pertanaman ubi kayu di Brazilia dan Colombia, Amerika Selatan (Lozano dan Booth 1974) dan Afrika Barat (Theberge 1985).



A



B

Gambar 8. Gejala penyakit bercak daun baur (*C. viscosae*). A. Bercak pada tulang daun, B. Bercak besar berbentuk V terbalik pada ujung daun

d. Arti penting

Hingga saat ini data kehilangan hasil ubi kayu akibat serangan penyakit bercak daun baur belum terdokumentasi dengan baik. Karena jamur umumnya menyerang daun-daun tua yang berada di bagian bawah, meskipun mengakibatkan daun gugur namun diperkirakan tidak banyak mengakibatkan kerugian yang nyata. Tetapi hasil survei di Afrika Barat menunjukkan bahwa di antara penyakit bercak daun, penyakit bercak daun baur paling luas tersebar dengan kejadian penyakit (*disease incidence*) bervariasi antara 63% di savanna kering, hingga 100% di daerah pegunungan. Pada daerah yang hangat dan basah, serangan penyakit pada varietas yang rentan dapat mengakibatkan daun rontok. Rontoknya daun secara prematur berarti hilangnya tempat fotosintesis, sehingga akan mengurangi hasil. Seperti halnya *Cercospora henningsii*, jamur *C. viscosae* juga diketahui menghasilkan toksin (CIAT 1975). Defoliiasi daun yang berat juga mengakibatkan penetrasi sinar matahari akan lebih baik, sehingga pertumbuhan gulma (yang biasanya tertekan pada kondisi kurang sinar), menjadi tumbuh secara normal dan berkompetisi dengan tanaman ubi kayu.

e. Bioekologi

Jamur *C. viscosae* hingga kini diketahui hanya menyerang tanaman anggota Manihot. Pada umumnya penyakit muncul bersama dengan penyakit bercak daun coklat, *Cercospora henningsii*, terutama pada musim hujan di daerah ubi kayu yang panas.

f. Komponen pengendalian

Karena secara umum penyakit bercak daun baur tidak menimbulkan kerugian hasil secara nyata, maka penelitian pengendalian terhadap penyakit tersebut tidak banyak dilakukan. Menurut Otim-Nape dan Ingoot (1985), kejadian penyakit bercak baur pada tanaman dengan jarak tanam 0,5 x 0,5 m dan 0,75 x 0,75 m, lebih rendah dibanding jarak tanam 1,0 x 1,0 m, namun keparahannya tidak dipengaruhi oleh jarak tanam ataupun jumlah cabang.

3. White Leaf-Spot (Bercak Daun Putih)

Penyakit bercak putih tersebar di berbagai negara di dunia, namun umumnya intensitas serangannya rendah. Penyakit tersebut lebih banyak muncul pada kondisi agak sejuk. Di negara-negara di Afrika Barat, persentase tanaman terserang berkisar antara 1% di savana kering hingga 62% di daerah yang banyak hujannya (Wydra dan Msikita 1998). Di Indonesia penyakit bercak daun putih ditemukan di Lampung dan Jawa Timur. Pada varietas lokal Butoijo yang rentan, infeksi penyakit bercak putih dapat mengakibatkan daun menguning dan rontok (Saleh *et al.* 2011).

a. Gejala penyakit

Gejala penyakit bercak putih pada permukaan atas daun diawali dengan bercak klorotik bulat yang berkembang menjadi bercak luka bulat berwarna putih di bagian tengah berdiameter 1,5–2 mm. Bercak dapat membesar hingga 3–5 mm, dengan tepi bercak berwarna ungu atau coklat kemerahan dan dikelilingi lingkaran halo klorotik. Warna bercak kemudian memudar hingga berwarna keputihan (Gambar 9). Gejala tersebut juga dapat diamati pada permukaan bawah daun (Teri *et al.* 1977; Lozano *et al.* 1981). Pada pusat bercak, terutama yang pada permukaan daun, nampak seperti beludru karena badan buah jamur.

Pada pertumbuhan miselia jamur yang lebih lanjut, *C. caribaea* menghasilkan toksin yang mematikan sel daun terutama pada jaringan bunga karang dan palisade paransim di daerah luka bercak. Luka tersebut melekok ke dalam pada kedua sisi daun sehingga ketebalan daun pada daerah luka tersebut berkurang hingga separonya dibandingkan daun normal.

b. Patogen penyebab

Penyakit bercak daun putih disebabkan oleh jamur *Phaeoramularia manihotis*, yang sebelumnya disebut *Cercospora caribaea*. Peneliti lain menyebut dengan *Passatora manihotis*.

c. Daerah penyebaran

Menurut Wydra dan Msikita (1998), penyakit ini tersebar luas di Afrika, namun umumnya intensitas serangannya rendah. Penyakit bercak daun putih juga terdapat di Guyana dan negara-negara Amerika Latin lainnya serta kepulauan Caribea (Teri *et al.* 1977). Di Indonesia penyakit bercak daun putih ditemukan di Lampung dan Jawa Timur (Saleh *et al.* 2011).

d. Arti penting

Jamur ini secara umum tidak banyak merugikan tanaman, namun pada varietas yang rentan infeksi jamur dapat mengakibatkan daun menjadi rontok.

e. Bioekologi

Jamur ini umumnya banyak berkembang pada kondisi yang sejuk. Pada kelembaban relatif udara yang tinggi, jamur pada bercak/luka di permukaan daun akan menghasilkan spora (*sporulation*), yang selanjutnya akan tersebar dengan bantuan angin atau percikan air hujan (Lozano dan Booth 1976).



A



B

Gambar 9. A. Gejala bercak daun putih, *Phaeoramularia manihotis*, B. Pada varietas lokal Butoijo yang rentan dapat mengakibatkan daun rontok

f. Komponen pengendalian

Karena penyakit bercak daun putih secara ekonomi tidak menimbulkan kerugian secara nyata, umumnya tidak dilakukan pengendalian terhadap penyakit tersebut.

4. Concentric-Ring Leaf-Spot (Bercak Daun Cincin Melingkar)

Bercak daun ini sering dikenal dengan bercak daun *Phoma* atau bercak *Phyllosticta*.

a. Gejala penyakit

Bercak cincin melingkar dicirikan dengan adanya bercak coklat besar tanpa batas tepi bercak yang jelas yang terdapat pada kedua sisi daun, bentuknya membulat, berdiameter 1–3 cm, dan umumnya terdapat pada ujung atau tepi daun atau berdekatan dengan tulang daun. Pada permukaan atas daun, bercak berbentuk melingkar dan menghasilkan piknidia. Tetapi pada luka yang tua, cincin menjadi tidak begitu jelas karena piknidia jamur yang masak telah tercuci air hujan. Pada permukaan bawah daun, luka tersebut berwarna coklat seragam/rata, karena hanya terbentuk beberapa piknidia, tetapi tulang-tulang daunnya mengalami nekrosis. Pada saat kelembaban udara tinggi, hifa berwarna coklat keabu-abuan sering menutupi luka tersebut. Apabila luka berkembang, penyakit dapat mengakibatkan hawar, seluruh daun dan tangkai daun menjadi coklat tua dan akhirnya nekrosis dan daun menjadi rontok. Umumnya penyakit menyerang daun yang muda, namun pada beberapa varietas yang rentan, jamur juga menginfeksi daun-daun di bagian bawah yang sudah tua. Apabila intensitas serangan tinggi, jamur dapat menyerang tunas muda mengakibatkan tunas mati. Batang yang terinfeksi menjadi berwarna coklat dipenuhi piknidia jamur (Leu 1977).

b. Patogen penyebab

Identitas penyebab penyakit bercak daun ini belum jelas, karena beberapa spesies *Phyllosticta* spp. dapat menginfeksi tanaman ubi kayu dan memberi gejala yang sama antara lain *Phyllosticta manihoticola* Syd., *P. manihot* Sacc., dan *P. manihotae* Viegas, dan penyakitnya disebut bercak *Phyllosticta*. Boleh jadi ketiganya merupakan sinonim, namun akhir-akhir ini taksonomi jamur tersebut disepakati menjadi *Phoma* spp. (Lozano dan Booth 1976). Jamur membentuk piknidium berwarna coklat tua, berbentuk bulat, terpisah atau membentuk kumpulan kecil pada daun atau batang. Piknidium mempunyai garis tengah 100–170 µm, dengan ostiol berukuran 15–20 µm, dindingnya terdiri atas sel-sel bersegi

banyak. Konidiofor pendek, hialin, membentuk satu konidium bersel 1, bentuk bulat telur atau bulat lonjong (Semangun 1991). Konidia jamur berukuran 6,0–6,5 μm x 7,0–13 μm (Sawada 1959 *cit.* Leu 1977).

c. Daerah penyebaran

Bercak *Phyllosticta* umumnya menyerang pada daerah sub-tropika yang beriklim sejuk pada musim hujan. Penyakit ini telah dilaporkan lama ada di Taiwan (Sawada 1959 *cit.* Leu 1977). Penyakit ini juga terdapat menyerang tanaman ubi kayu di Malaysia (Singh 1980), Filipina (Benigno dan Quebral 1977), India, negara-negara penghasil ubi kayu di Afrika, dan Amerika Selatan (Lozano dan Booth 1974). Di Indonesia, keberadaan penyakit bercak daun *Phyllosticta* sp. pada ubi kayu telah dilaporkan di Malang oleh Sastrahidayat (1979).

d. Arti penting

Pada kondisi yang sesuai, penyakit dapat berkembang mengakibatkan daun rontok, bahkan menyerang tunas yang masih muda mengakibatkan mati pucuk (*die back*) dan tanaman mati. Pada keadaan demikian dapat mengakibatkan kehilangan hasil yang cukup tinggi (Lozano *et al.* 1981).

e. Bioekologi

Berbeda dengan penyakit bercak daun coklat dan bercak daun baur, dimana daun bawah yang lebih tua bersifat lebih rentan dibanding daun muda, penyakit bercak *Phyllosticta* lebih banyak menyerang daun ubi kayu yang masih muda. Daun tua yang terletak di bagian bawah lebih tahan dibanding daun muda. Penyakit bercak daun *Phyllosticta* banyak berkembang di dataran tinggi dengan suhu rendah ($<22\text{ }^{\circ}\text{C}$), atau di dataran rendah pada musim penghujan. Intensitas serangan penyakit berkorelasi dengan kondisi lingkungan yang mempengaruhi perkecambahan spora. Umumnya spora akan berkecambah dengan baik pada suhu 20–25 $^{\circ}\text{C}$. Penyebaran penyakit di lapang diduga dibantu oleh percikan air hujan, terutama apabila disertai angin.

Selain pada tanaman ubi kayu, jamur *Phyllosticta* sp. juga diketahui menyerang tanaman *Manihot heptaphylla*, *M. dichotoma*, *M. aipi* (Lozano dan Booth 1976). Menurut Sastrahidayat (1979) tanaman ubi kayu Mukibat lebih rentan terhadap infeksi jamur *Phyllosticta*, baik tunas yang muda maupun yang sudah dewasa.

f. Komponen pengendalian

Secara umum penyakit bercak *Phyllosticta* tidak merugikan, sehingga tidak perlu dikendalikan secara khusus.

5. Anthracnose (Antraknose)

a. Gejala penyakit

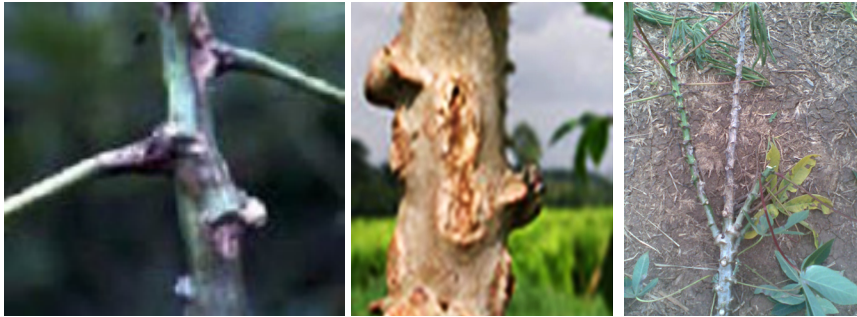
Patogen menyerang terutama pada permukaan batang utama, cabang, tangkai daun, daun buah serta pucuk tanaman. Pada permukaan batang nampak adanya tonjolan-tonjolan kecil semacam bisul. Penyakit ini disebut juga sebagai penyakit kanker batang. Pangkal tangkai daun yang sakit mudah patah dan daun menjadi layu (Gambar 10). Serangan yang parah menyebabkan mati pucuk dan pada bagian gabus terjadi pengkerutan. Kanker batang akibat serangan penyakit antraknose juga menyebabkan mati pucuk dan batang mudah patah. Patogen memiliki beberapa tanaman inang seperti kopi dan lada.

Menurut Fokunang *et al.* (2000a; 2003), terdapat hubungan sinergistik antara *C. gloeosporioides* dengan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. Gejala yang parah (terjadi luka nekrotik, terdapat eksudat gum dan gejala layu) diamati pada tanaman ubi kayu yang diinokulasi dengan bakteri, diikuti inokulasi satu minggu berikutnya, atau infeksi campuran bakteri dan jamur. Defoliasi yang berat pada tanaman ubi kayu yang diinokulasi dengan bakteri, diikuti inokulasi dengan jamur pada hari yang sama. Sementara apabila diinokulasi dengan bakteri atau jamur saja, menghasilkan gejala yang lebih ringan.

b. Patogen penyebab

Penyakit antraknose disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis* Henn. Konidia jamur hialin keabu-abuan, satu sel, berbentuk silindris berukuran 6–14 x 3,5 µm. Pada jaringan tulang daun terbentuk acervuli (William *et al.* 2012).

Menurut Fokunang *et al.* (2000b) berdasarkan hasil penelitiannya terhadap 30 isolat jamur yang diperoleh dari tujuh sentra produksi ubi kayu, disimpulkan adanya variasi dalam morfologi, warna dan pertumbuhan miselia dan konidia dalam biakan murni di antara isolat-isolat tersebut.



A

B

C

Gambar 10. Gejala penyakit antraknose oleh *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis*. A. Gejala kanker pada batang muda (Sumber: www.infonet-biovision.org). B. kanker pada batang tua (Sumber: www.flickrriver.com), C. mati pucuk (*dieback*) akibat serangan antraknose.

c. Daerah Penyebaran

Penyakit ini tersebar luas di dunia, terutama di daerah di Amerika Latin (Lozano *et al.* 1981) dan Afrika Barat (Fokunang *et al.* 2001b). Di Indonesia, penyakit tanaman ubi kayu dengan gejala mati ujung batang telah dilaporkan di Kediri oleh Van Hall (1917 *cit.* Semangun 1991). Pada tahun 1979, penyakit dengan gejala yang sama telah ditemukan di daerah Jawa Timur dan diidentifikasi disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. (Sastrahidayat 1979; Sastrahidayat dan Cholil 1979, Prayogo dan Hardaningsih 2002).

d. Arti penting

Menurut Fokunang *et al.* (2001b), penyakit antraknose merupakan salah satu penyakit yang paling penting pada tanaman ubi kayu di Afrika, terutama pada daerah dengan curah hujan tinggi di Afrika Barat dan Afrika Tengah. Epidemik penyakit antraknose telah mengakibatkan kelaparan di beberapa negara yang penduduknya menggunakan ubi kayu sebagai bahan pangan utama. Kanker batang yang diakibatkan penyakit antraknose menyebabkan batang mudah patah, sehingga menurunkan kuantitas dan kualitas stek. Di samping itu antraknose yang menyebabkan gugur daun dan mati pucuk, menyebabkan tanaman tidak optimal dalam proses fotosintesis. Menurut Obilo dan Ikotun (2008), infeksi antraknose mengakibatkan batang tidak dapat digunakan untuk bibit. Pada kultivar Akwakwuru, TMS 30555 dan Nwaocha yang rentan, ukuran bercak

yang besar dan menyerang batang muda, batang tua, dan tunas sehingga tidak dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanam (bibit). Tetapi pada varietas tahan TMS 4(2)1425 dan TMS 30211, ukuran bercak kecil dan terinfeksi lebih lambat, sehingga sebagian batangnya dapat digunakan sebagai bibit.

e. Bioekologi

Perkembangan penyakit antraknose sangat dibantu oleh adanya kelembaban udara yang tinggi. Fokunang *et al.* (1999) melaporkan bahwa kejadian dan tingkat keparahan penyakit antraknose pada pertanaman ubi kayu di musim hujan jauh lebih tinggi dibanding pada musim kemarau. Juga dikatakan bahwa pada musim hujan, jarak terjadinya gejala kanker pada batang dengan permukaan tanah sangat pendek. Hal tersebut memberi indikasi adanya inokulum pada sisa-sisa tanaman sebelumnya, yang tersebar oleh percikan air hujan, dan kelembaban udara yang tinggi mendukung perkembangan penyakit tersebut. Hasil ini sejalan dengan kesimpulan Onyeka *et al.* (2008), bahwa penyakit antraknose pada ubi kayu mempunyai korelasi positif dengan curah hujan tahunan, tetapi berkorelasi negatif dengan suhu maksimum.

Selain sisa-sisa tanaman sakit, sumber penularan jamur penyebab antraknose adalah bibit tanaman sakit. Spora jamur menyebar dari batang terserang kanker dengan bantuan angin, dan percikan air hujan. Jamur masuk ke dalam tanaman lewat luka dan bekas-bekas gigitan serangga hama. Menurut Makambila (1994), ludah kumbang *Pseudothraupis devastans* bersifat toksik atau berpengaruh enzimatis pada sitoplasma dan dinding sel tanaman ubi kayu yang mengakibatkan sel-sel mengalami degradasi. Jamur kemudian melakukan infeksi melalui luka tersebut. Penelitian lebih mendalam oleh Fokunang *et al.* (2000c) menunjukkan bahwa jamur *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* terdapat di telur, nimfa dan serangga dewasa *P. devastans* secara internal dan eksternal, dan serangga tersebut potensial sebagai penular penyakit antraknose. Proses makan (*feeding*) serangga *P. devastans* diikuti inokulasi jamur atau sebaliknya menghasilkan gejala antraknose yang lebih parah dibanding apabila hanya diinokulasi jamur atau dimakan serangga saja. Pengaruh kerusakan oleh serangga terhadap perkembangan penyakit antraknose tergantung juga pada ketahanan kultivar ubi kayu terhadap serangga dan jamur.

Upaya membebaskan bibit yang terinfeksi melalui penyimpanan tidak memberi hasil yang memuaskan. Di Nigeria, penyimpanan stek batang tanaman yang terinfeksi pada suhu kurang lebih 28 °C, daya hidup jamur masih dapat bertahan hingga 8 bulan meskipun tinggal 15%. Apabila stek disimpan pada

kondisi ternaungi dan kelembaban tinggi, jamur mampu bertahan hingga 10 bulan. Pada bulan ke 11 hingga 16, patogen didapatkan lagi akibat reinfeksi pada tunas yang baru muncul dari tanaman induknya. Daya hidup patogen dalam tanah secara bertahap akan turun, dan pada bulan ke 6 patogen tidak dapat ditemukan lagi. Menimbun sisa tanaman sakit pada kedalaman 30 cm selama 150 hari secara nyata mengurangi daya hidup *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* (Fokunang *et al.* 2004; Fokunang dan Dixon 2006).

Kejadian dan tingkat keparahan penyakit antraknose dipengaruhi oleh varietas dan faktor lingkungan, terutama suhu dan kelembaban udara. Menurut Makambila (1994), pada percobaan di rumah kaca, infeksi pada batang hanya berhasil pada kondisi kelembaban udara yang sangat tinggi mendekati jenuh dan pada suhu 24–28 °C. Di lapang, pada musim hujan kejadian penyakit dan ukuran kanker lebih besar dibanding musim kering. Varietas TMS 30211 dan 91/00684 menunjukkan ketahanan yang stabil selama tiga tahun dibanding kultivar lainnya yang berfluktuasi (Fokunang *et al.* 1999).

Selain melalui bibit yang diambil dari tanaman sakit, jamur *Colletotrichum gloeosporioides* f. Sp. *manihotis* terbukti merupakan *seed-borne* (terbawa biji) dan *seed-transmitted* (ditularkan lewat biji) ubi kayu (Fokunang *et al.* 1997).

f. Komponen pengendalian

1) Menanam varietas tahan/toleran

Upaya untuk mendapatkan varietas ubi kayu yang tahan atau toleran terhadap infeksi jamur *Colletotrichum gloeosporioides* telah banyak dilakukan. Ikotun dan Hahn (1994) dengan menggunakan parameter jarak terjadinya kanker I dengan permukaan tanah, jumlah kanker per tanaman, ukuran kanker pada batang muda/tunas, ukuran kanker pada batang menyimpulkan bahwa kultivar 30211, 80/01476, dan 83/01737 bersifat tahan terhadap infeksi jamur antraknose. Menurut Ngeve *et al.* (2005), masing-masing genotipe dapat memberikan respons yang berbeda terhadap infeksi jamur antraknose pada lingkungan yang berbeda. Di Nigeria, penelitian selama tiga tahun (1992–1995) menunjukkan Klon U/41044 menunjukkan reaksi paling tahan, sebaliknya klon TME1 paling rentan. Klon 30555 menunjukkan reaksi yang stabil dan TME1 yang paling tidak stabil. Penelitian lebih lanjut terhadap 18 varietas ubi kayu selama tiga tahun (2003–2006) dengan infeksi alami menunjukkan bahwa kultivar TMS 91934, TMS 4(2)1425, TMS 30211, TMS 30001 dan 98/0510 tahan infeksi jamur antraknose. Hal tersebut

didasarkan pada kriteria jumlah kanker sedikit, skor penyakit rendah, berat umbi dan batang yang tinggi (Obilo *et al.* 2009a; Obilo dan Ikotun 2009; Obilo *et al.* 2009b). Penelitian lebih lanjut oleh Wokocha dan Nneke (2011) menunjukkan bahwa TMS 98/30572 tahan terhadap infeksi *Colletotrichum gloeosporioides*. Pada varietas ini diameter luka 5,00 mm, defoliasi rendah (5,65%), sehingga varietas ini telah direkomendasikan untuk disebarakan ke petani, terutama di Akwa Ibom yang terinfeksi berat oleh penyakit antraknose.

Selain secara alami, evaluasi ketahanan ubi kayu terhadap penyakit antraknose juga dapat dilakukan secara *in vitro* dengan inokulasi buatan di laboratorium. Amusa (1998) menggunakan metabolit biakan jamur *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* yang bersifat toksik pada daun ubi kayu dan memberi gejala yang mirip dengan gejala antraknose. Fokunang *et al.* (2002) melakukan evaluasi secara *in-vitro* dengan menumbuhkan jamur *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* pada media *Potato dextrose agar* (PDA) yang telah ditambah ekstrak jaringan korteks batang ubi kayu yang diuji. Dengan mengamati pertumbuhan miselia jamur, perkecambahan spora, dan produksi spora dapat diketahui tingkat ketahanan dan kerentanan tiap varietas. Selanjutnya Kunkeaw *et al.* (2010), menggunakan daun ubi kayu yang telah dipotong dari tanaman, dimasukkan dalam cawan Petri dan diinokulasi dengan potongan biakan jamur antraknose pada media PDA (diameter 0,8 cm) di bagian tulang daun bagian tengah, dan diinkubasikan selama empat hari. Luas bercak dianalisis dengan Anova dan dijadikan tolak ukur ketahanan. Metode-metode skrining *invitro* tersebut mempunyai keuntungan lebih cepat, dan terhindar dari kontaminasi jamur lain. Cara ini digunakan sebagai cara cepat dan pra-skrining ketahanan ubi kayu terhadap penyakit antraknose.

Fokunang *et al.* (2001a) melaporkan bahwa hasil inokulasi *in vitro* 53 klon stek ubi kayu dengan biakan jamur antraknose, menunjukkan pada 7 hari inkubasi pada suhu 25 °C, adanya perbedaan produksi acervuli dan sensitivitas antar kultivar. Klon 88/01084, 91/00595, 91/00475, 91/00344, 91/00684, 91/00313, 91/00422 dan 91/00344 sangat tahan, dengan luka nekrotik kurang dari 7 mm (sementara yang rentan mencapai >20 mm). Hasil skining *in-vitro*, rumah kaca dan lapangan terdapat kesesuaian yang baik. Di Nigeria, klon U/41044 merupakan klon paling tahan, sebaliknya TME-1 adalah yang paling rentan terhadap infeksi penyakit antraknose (Ngeve *et al.* 2005).

2) Menanam bibit yang sehat

Di lapang, bibit yang telah terinfeksi jamur akan menjadi sumber inokulum untuk penyebaran dan perkembangan penyakit. Oleh karena itu bibit yang akan ditanam perlu dipastikan betul-betul bebas infeksi jamur. Penyimpanan bibit yang terinfeksi hingga 10–16 bulan tidak dapat membebaskan dari infeksi jamur (Fokunang *et al.* 2004).

3) Sanitasi lahan

Membersihkan lahan dari sisa-sisa tanaman sakit dengan cara dibakar atau ditimbun pada kedalaman 30 cm selama 150 hari secara nyata dapat mengurangi infeksi jamur *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* terutama di lahan yang menggunakan bibit bebas infeksi jamur untuk pertanaman musim tersebut (Fokunang *et al.* 2001b; 2004).

4) Rotasi tanam

Rotasi tanam dengan tanaman lain yang bukan merupakan inang jamur *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* atau mengosongkan lahan (bero) selama satu musim tanam, dapat mengurangi inokulum di dalam tanah, karena patogen tidak dapat bertahan di dalam tanah lebih dari satu musim.

5) Mengatur waktu tanam

Di lahan kering ubi kayu umumnya ditanam pada awal musim hujan. Setelah beberapa kali turun hujan, tanaman sudah hidup dan mulai tumbuh. Namun pada saat yang sama kelembaban udara yang tinggi juga memacu perkembangan penyakit antraknose. Oleh karena itu dengan memanipulasi waktu tanam pada akhir musim hujan, diharapkan dapat menghindarkan atau mengurangi tanaman dari serangan penyakit antraknose. Di sisi lain, pada saat musim hujan berikutnya tanaman sudah dewasa, sudah terbentuk pektin, lignin dan selulosa pada dinding selnya yang mengakibatkan lebih tahan terhadap penetrasi patogen.

6) Pestisida kimia/nabati

Penyemprotan dengan fungisida tembaga efektif mengendalikan penyakit antraknose (Lozano *et al.* 1981). Namun sejauh ini pengendalian dengan menggunakan fungisida untuk mengendalikan penyakit antraknose belum banyak dilakukan, terutama karena kondisi sosial ekonomi petani ubi kayu yang masih lemah. Oleh karena itu penelitian pemanfaatan fungisida nabati

untuk mengendalikan penyakit antraknose juga telah dilakukan. Fokunang et al. (1999) melaporkan bahwa *pre-treatment* bahan tanaman dengan ekstrak tanaman mimba (*Azadirachta indica*) dapat mencegah infeksi jamur *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* (Fokunang et al. 1999). Ngoh Doh et al. (2014) melaporkan bahwa di laboratorium, ekstrak *Thevetia peruviana* dapat menghambat pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides* 11–90–93%. Ekstrak aceton biji *T. peruviana* dapat menghambat perkecambahan spora jamur hingga mendekati 100%. Penelitian di laboratorium menggunakan daun terinfeksi juga membuktikan bahwa bahan nabati tersebut mampu menekan keparahan gejala bercak antraknose. Penggunaan pestisida nabati di samping akan lebih aman bagi lingkungan, karena mudah terurai, juga bahan baku tersedia setempat sehingga mudah diterapkan oleh petani.

7) Pengendalian biologis

Menurut Prayogo dan Hardaningsih (2002), berdasarkan hasil penelitian di laboratorium dan rumah kaca, jamur *Gliocladium roseum* dengan konsentrasi 10^5 spora/ml dapat menghambat pertumbuhan koloni pada umur 3, 4, dan 5 hari sebesar 37,03%, 61,06%, dan 66,15%. Di rumah kaca *G. roseum* dapat menghambat perkembangan penyakit antraknosa 48,32% hingga 55,83%.

6. Dry Root Rot (Busuk Kering Umbi)

Penyakit busuk kering pada ubi kayu disebabkan oleh infeksi jamur yang berbeda-beda dan dengan gejala yang berbeda pula, yang dominan adalah: penyakit busuk putih disebabkan oleh jamur akar putih, *Fomes lignosus*, dan penyakit busuk hitam (*black rot*) disebabkan oleh *Rosellinia* spp. Selain itu terdapat beberapa jamur yang menyebabkan busuk kering antara lain: jamur *Armillaria* spp, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp. Dan *Helicobasidium compacnum*.

a. Gejala penyakit

Jamur akar putih: Gejala penyakit akar putih yang khas adalah adanya benang miselia berwarna putih seperti kapas pada sebagian atau keseluruhan permukaan akar/ubi dan pangkal batang. Ubi dan pangkal batang juga umumnya mempunyai rhizomorf putih, kekuningan atau bahkan warna gelap pada atau di bawah permukaan kulitnya. Apabila intensitas serangan tidak berat, seringkali jaringan ubi tidak rusak dan ubi masih dapat dimanfaatkan untuk pangan atau industri. Tetapi apabila serangannya berat, permukaan kulit ubi pecah dan berkembang

menjadi busuk kering yang makin berkembang ke dalam hingga akhirnya seluruh ubi rusak. Pada tanah yang kering, ubi menjadi seperti mumi dan menghasilkan bau kayu busuk yang khas. Pada tanah yang basah, jaringan ubi yang telah terinfeksi tersebut ditumbuhi berbagai macam mikroorganisme lain yang mengakibatkan ubi jadi lembek. Jamur akar putih seringkali hanya menyerang ubi yang besar saja, sehingga ubi kecil lainnya tetap sehat (Booth 1977).

Tanaman yang terinfeksi jamur akar putih tidak menampilkan gejala yang jelas, tetapi pada serangan yang berat tanaman menjadi layu. Pada lahan dengan inokulum jamur yang sangat tinggi, jamur menginfeksi akar tanaman muda sehingga rusak/mati dan tanaman layu mendadak, daun rontok dan akhirnya tanaman mati.

Busuk hitam: gejala khas penyakit ini adalah warna hitam dan kanker pada ubi dan pangkal batang. Pada awalnya rhizomorf jamur yang berwarna putih dan kemudian menjadi hitam menutupi permukaan ubi. Bagian dalam dari ubi yang terinfeksi mengalami perubahan warna dan tekstur elastis, dan mengeluarkan cairan apabila diperas. Pada perkembangan lebih lanjut miselia jamur yang hitam mempenetrasi masuk dan tumbuh di dalam jaringan ubi. Pada serangan yang berat seluruh akar/ubi jadi terinfeksi. Gejala luar tampak dengan adanya daun menguning dan rontok. Sejauh ini tidak ada laporan bahwa jamur menyerang tanaman yang muda (Booth 1977).

Gejala penyakit busuk kering oleh *Sclerotium rolfsii*, hampir mirip dengan penyakit akar putih yaitu ubi diselimuti miselia jamur berwarna putih. Tetapi miselia jamur masuk melalui luka yang terjadi pada saat pemeliharaan, luka oleh serangga atau luka busuk oleh mikroorganisme lain.

b. Patogen penyebab

Penyakit busuk kering putih disebabkan oleh jamur akar putih, *Rigidoporus (Fomes) lignosus*, anggota *Basidiomycetes* yang merupakan penyakit utama pada tanaman karet. Penyakit busuk hitam (*black rot*), disebabkan oleh jamur *Rosellinia* spp. dan penyakit busuk kering lain yang disebabkan jamur *A. mellea*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp. dan *Helicobasidium compacnum* (Booth 1977; Hillock dan Wydra 2002; Oliveira *et al.* 2013).

c. Daerah penyebaran

Penyakit akar putih, *R. lignosus* merupakan penyakit penting tanaman ubi kayu di negara-negara produsen ubi kayu di Afrika, Asia, dan Amerika Selatan

(Brazilia dan Mexico). Penyakit busuk hitam, *Rosselinia* spp. dilaporkan banyak tersebar di beberapa negara di Amerika Selatan, Congo, Jamaica, dan Madagaskar terutama pada tanaman ubi kayu yang ditanam pada lahan bekas perkebunan tanaman keras (Booth 1977). Jamur *Armillaria mellea* merupakan jamur tanah yang dapat hidup pada banyak pohon dan herba berkayu dan tersebar luas di daerah beriklim sub-tropika dan tropika.

d. Arti penting

Penyakit akar putih yang disebabkan oleh *Fomes lignosus* merupakan salah satu penyakit penting pada perkebunan karet (Basuki 1984). Sejauh ini kehilangan hasil pada tanaman ubi kayu belum diketahui, namun apabila ubi kayu ditanam di lahan perkebunan yang endemik penyakit akar putih kemungkinan besar akan menimbulkan kerusakan yang besar.

e. Bioekologi

Jamur *R. lignosus* umumnya dikenal sebagai jamur saprofit lemah dan tidak mampu menyebar lewat tanah. Jadi infeksi akar/ubi terjadi karena adanya kontak dengan koloni jamur yang sudah ada di tanah, dan bukan oleh penyebaran rhizomorf jamur melalui tanah. Oleh karena itu penyakit umumnya terjadi di tempat-tempat yang sebelumnya terdapat akar tanaman inang yang terinfeksi jamur tersebut.

Sebagaimana *F. lignosus*, *Armellareia* spp. dan *Roselliana* spp. juga merupakan saprofit. Pada kondisi alam, jamur ini seringkali hidup pada sistem perakaran sebagian besar tanaman tanpa menimbulkan gangguan. Tapi pada saat tanaman mengalami stress, kerentanan meningkat, jamur kemudian dapat mengakibatkan akar menjadi busuk. Kerusakan akar mengakibatkan tanaman tidak mampu mengasimilasi air dan hara. Jamur *A. mellea* peka terhadap kekeringan. Jamur dapat hidup secara tidak tetap dalam tanah pada akar, dan segera berkembang cepat pada kondisi hangat dan lembab.

f. Komponen pengendalian

Akar putih. Pengendalian jamur akar putih (*R. lignosus*) difokuskan upaya untuk mengeliminasi atau meminimalkan inokulum dalam tanah. Apabila ubi kayu akan diusahakan pada bekas lahan perkebunan, sisa-sisa akar tanaman harus disingkirkan dan dibakar. Apabila setelah ditanami ubi kayu terdapat tanaman yang terinfeksi, maka daerah tersebut perlu ditandai, sisa-sisa akar/ubi tanaman

sakit dihilangkan/dibakar dan sebaiknya pada musim tanam berikutnya tempat tersebut untuk sementara waktu tidak ditanami ubi kayu.

Pada perkebunan karet seringkali dibuat rorak/lubang untuk membatasi penyebaran jamur dari tanaman sakit ke tanaman sehat di dekatnya. Namun mengingat jarak tanam ubi kayu yang pendek, cara ini tidak dapat diterapkan. Demikian juga cara pemotongan akar dan menyiram pangkal batang dengan fungisida tidak dapat diterapkan karena ubi kayu umurnya lebih pendek dan nilai ekonominya lebih rendah dibanding tanaman karet.

Menanam bibit ubi kayu yang sehat, tidak terinfeksi jamur juga merupakan cara yang efektif untuk mengendalikan penyakit busuk kering ubi kayu.

Busuk hitam. Pengendalian penyakit busuk hitam, *Rosellinia* spp. dilakukan dengan menghilangkan dan membakar semua bagian tanaman ubi kayu yang terinfeksi jamur. Apabila diketahui penyakit semakin menyebar, dilakukan rotasi tanam dengan tanaman yang tidak rentan atau tanaman semusim tidak berkayu berumur pendek dengan sistem perakaran yang tidak kuat.

Apabila diketahui jamur telah menginfeksi tanaman tanaman inang lain, perlu ditanami tanaman serealia atau penutup tanah sebelum ditanami ubi kayu untuk mengurangi inokulum di dalam tanah. Dalam mengusahakan tanaman ubi kayu, perlu menggunakan bibit yang sehat, bebas dari infeksi jamur penyebab busuk kering.

Fusarium. Dari hasil inokulasi dengan suspensi makro konidia 20ul pada umbi 360 asesi ubi kayu di EMBRAPA dan 7 varietas komersial, dan diamati daerah yang ditumbuhi jamur dapat dikelompokkan menjadi lima yaitu tahan, agak tahan, agak rentan, rentan, dan sangat rentan. Luas luka pada umbi berkisar antara 18,28 mm–1.096,07 mm. Genotipe BGM 1518 bersifat tahan, sementara genotipe BGM 556 dikategorikan sangat rentan (Oliveira 2013).

7. Stem/Root Rot (Busuk Batang/Umbi)

a. Gejala penyakit

Penyakit busuk akar/umbi mempunyai gejala umum yang sama yaitu terjadi kelayuan, daun gugur dan akhirnya tanaman mati. Apabila tanaman terinfeksi dicabut, pada tanaman yang terinfeksi umur muda perakarannya dan pangkal batang membusuk. Pada tanaman yang telah dewasa sebagian atau seluruh

umbinya menjadi busuk (Msikita *et al.* 2000). Seringkali pada tanah, pangkal batang dan umbi tanaman terinfeksi terlihat adanya miselia jamur, *sclerotium* atau badan buah jamur yang lain (Gambar 11).

b. Patogen penyebab

Jamur *Botryodiplodia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Macrophomina* merupakan jamur-jamur yang hidup di dalam tanah (*soil inhabitant*) selalu berasosiasi dengan penyakit busuk akar/umbi tersebut. Jamur-jamur tersebut menginfeksi terutama pada bagian tanaman di dalam atau dekat permukaan tanah meliputi pangkal batang, akar dan umbi.

Di Indonesia, pada beberapa sentra produksi ubi kayu di Lampung dan di Jawa ditemukan penyakit layu dan busuk batang/umbi yang oleh petani dinamakan penyakit leles yang berarti layu kemudian mati. Oleh Rahayu *et al.* (2011) dilaporkan bahwa dari umbi dan perakaran tanaman ubi kayu Mukibat yang busuk di KP Genteng, Banyuwangi dapat diisolasi jamur *Fusarium* sp., *Cladosporium* dan *Aspergillus* spp. Namun berdasarkan hasil uji patogenisitas terbukti bahwa jamur *Fusarium* sp. sebagai salah satu penyebab penyakit busuk pangkal batang, akar dan umbi ubi kayu tersebut. Selanjutnya Hardaningsih *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa dari bagian pangkal batang, perakaran dan umbi ubi kayu busuk yang berasal dari Lampung berhasil diisolasi jamur *Botryodiplodia* sp., *Fusarium* sp. *Colletotrichum* sp. dan *Sclerotium rolfsii*.

Di luar negeri penyakit busuk pada pangkal batang, perakaran dan umbi ubi kayu secara umum dikenal dengan nama *cassava root rot*. Seperti halnya di Indonesia penyakit busuk umbi tersebut selalu berasosiasi dengan beberapa jamur dari genus *Botryodiplodia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Aspergillus*, *Macrophomina* (Tabel 2).

Menurut Aigbe dan Remison (2010) di antara jamur tersebut, *Botryodiplodia theobromae* dan *Fusarium solani* sebagai penyebab utama penyakit busuk akar/umbi. Di Ghana terdapat penyakit busuk akar/umbi yang disebabkan oleh jamur *Basidiomycetes* yaitu *Polyporus sulphureus* (Moses *et al.* 2007). Berbeda dengan penyakit busuk umbi yang disebabkan oleh jamur *Ascomycetes* dan *Deuteromycetes*, jamur tersebut dicirikan dengan adanya badan buah yang besar, berwarna kuning cerah. Gejala serangannya berupa layu, defoliasi daun dan akhirnya tanaman mati.



Gambar 11. Gejala tanaman layu, daun menguning dan rontok akibat serangan Penyakit busuk akar/umbi (insert: gejala busuk pada akar dan umbi (atas), dan pangkal batang (bawah))

c. Daerah penyebaran

Penyakit busuk akar dan umbi tersebut juga merupakan penyakit penting di negara-negara penghasil ubi kayu di Afrika seperti Nigeria, Cameroon, Benin, Ghana)(Ekundoyo dan Daniel 1973; Msikita *et al.* 1996; Asiama *et al.* 1998; Msikita *et al.* 1998; Messiga *et al.* 2004), di Asia antara lain Indonesia, RRC dan Malaysia (Rahayu *et al.* 2011; Hardaningsih *et al.* 2012; Guo *et al.* 2012; Singh 1980) dan Amerika latin (Kuba)(Montiel dan Isla 2000).

d. Arti penting

Kerugian tanaman ubi kayu akibat infeksi penyakit busuk akar/umbi dapat berupa kehilangan hasil umbi akibat busuk, penurunan kualitas hasil/ produk yang berasal dari umbi maupun penurunan jumlah dan kualitas bahan tanam (stek) (Tabel 3). Penyakit busuk akar dapat secara nyata mengakibatkan kerugian hasil, tetapi besarnya kerugian hasil tersebut tergantung dari tingkat kerentanan kultivar ubi kayu tersebut (Onyeka *et al.* 2005c). Di Indonesia data kehilangan hasil ubi kayu akibat penyakit busuk akar/umbi tidak terdokumentasi dengan baik. Namun di lapang, pada varietas ubi kayu yang rentan (varietas UJ-3),

Tabel 2. Identitas penyebab penyakit busuk akar/umbi di Indonesia dan luar negeri

No	Negara	Penyebab	Pustaka
1	Indonesia	<i>Botryodiplodia</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>Sclerotium rolfsii</i>	Hardaningsih <i>et al.</i> 2012
	Indonesia	<i>Fusarium</i> spp, <i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp.	Rahayu <i>et al.</i> 2011
2	RRC	<i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i>	Guo <i>et al.</i> 2012
3	Malaysia	<i>Pythium</i> sp., <i>Rigidoporus</i> sp., <i>Sclerotium rolfsii</i>	Singh 1980
4	Afrika	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> , <i>Botryodiplodia theobromae</i>	Ekundoyo and Daniel 1973; Onyeka <i>et al.</i> 2005a
5	Cameroon	<i>Botryodiplodia theobromae</i>	Otim-Nape 1984
6	Nigeria	<i>Fusarium moniliforme</i>	Msikita <i>et al.</i> 1996
7	Ghana	<i>Fusarium</i> sp., <i>Cunninghamella</i> sp., <i>Mortierella exigu</i> , <i>Glioclachum fimbriatum</i>	Asiama <i>et al.</i> 1998
8	Benin dan Nigeria	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Msikita <i>et al.</i> 1998
9	Cameroon	<i>B. theobromae</i> , <i>Fusarium</i> sp., <i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Armillaria</i> sp., <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Aspergillus</i> sp.	Messiga <i>et al.</i> 2004
10	Benin	<i>Natrassia mangifera</i> , <i>M.phaseolina</i> , <i>Fusarium</i> spp., <i>B. theobromae</i>	Msikita <i>et al.</i> 2005
11	Afrika Barat	<i>Fusarium</i> spp, <i>B.theobromae</i> , <i>Armillaria</i> sp.	Bandyopadhjay <i>et al.</i> 2006
12	Nigeria	<i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Macrophomina</i> sp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>A.flavus</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Trichoderma</i> sp.	Aigbe and Remison 2010c; Sylvester <i>et al.</i> 2010
13	Kuba	<i>Phytophthora</i> sp.	Montiel and Isla 2000
14	Uganda	<i>Fusarium</i> sp., <i>Botryodiplodia theobromae</i>	Bua and Okello 2011

persentase tanaman yang terserang penyakit leles dapat mencapai 70–100% dan semua umbi yang dihasilkan menjadi busuk (Saleh *et al.* 2014).

Serangan jamur *Fusarium* sp. pada stek ubi kayu berpengaruh pada ketidakseragaman pertumbuhan tanaman, sehingga menyebabkan penurunan hasil umbi. Menurut Granada (1990), di North Coast-Colombia, penyakit busuk akar yang disebabkan oleh asosiasi dua patogen *Diplodia manihotis* dan *Fusarium oxysporium* menyebabkan kematian stek sangat tinggi mencapai 80–90%. Sedangkan di Interandean Valleys, Columbia suatu daerah dataran tinggi berada 1000–1200 m dpl, dengan temperatur 18–24 °C, penyakit busuk akar/umbi yang disebabkan jamur-jamur tanah termasuk *Fusarium oxysporium* menyebabkan kematian stek ubi kayu 20–80%.

Di Afrika Barat penyakit busuk akar/umbi yang disebabkan oleh *Fusarium* spp. dan *B. theobromae* dapat mengakibatkan kerugian hasil hingga 80% (Onyeka *et al.* 2005c). Di Republik Demokrasi Kongo, busuk akar/umbi merupakan kendala utama produksi ubi kayu. Kehilangan hasil berkisar antara 20–100% (Mwangi *et al.* 2004).

Menurut Alvares *et al.* 2005, di Columbia busuk akar/umbi yang disebabkan jamur *Phytophthora* spp. tersebar luas dan mengakibatkan kerugian hasil hingga 20%. Sedangkan di Kuba, penyakit busuk akar/umbi akibat infeksi jamur *Phytophthora* sp pada klon ubi kayu yang rentan (klon Sernorita) dapat mengakibatkan kerusakan umbi 15–90% tergantung musim (Montiel dan Isla 2000), sementara di RRC jamur *Phytophthora* sp. dapat mengakibatkan 30% tanaman layu dan mati (Guo *et al.* 2012).

Selain secara nyata mengakibatkan pengurangan hasil, penyakit busuk akar/umbi juga berpengaruh terhadap kualitas hasil. Menurut Aigbe dan Remison (2010a,b) penyakit busuk umbi secara nyata menurunkan partisi bahan kering ke umbi terutama pada varietas yang rentan. Pada klon TM-I1 yang rentan (kejadian umbi busuk 52,6% dan keparahan 21,3%) mempunyai partisi bahan kering 364 g ke umbi dibanding pada varietas TMS 4(2) dan TMS 30572 yang tahan (kejadian umbi busuk masing-masing 0% dan 6,4%), mempunyai partisi bahan kering sebesar 804,1 g dan 667,0 g.

Selain penurunan kadar pati, serangan pada umbi juga mengakibatkan warna, tekstur dan bau gari yang dihasilkan tidak disenangi oleh konsumen (Aigbe dan Remison 2009).

Tabel 3. Kerugian hasil penyakit busuk akar/umbi pada ubi kayu

No.	Negara	Penyebab	Kerugian hasil Umbi (%)	Pustaka
1.	Columbia	<i>Fusarium</i> sp <i>Diplodia manihotis</i>	80–90	Granada 1990
2.	Afrika Barat	<i>Fusarium sp</i> dan <i>Botryodiplodia theobromae</i>	80	Onyeka <i>et al.</i> 2005a
3.	Columbia	<i>Phytophthora</i> sp.	20	Alvares <i>et al.</i> 2005
4.	Kuba	<i>Phytophthora</i> sp.	15–90	Montiel dan Isla 2000
5	RRC	<i>Phytophthora</i> sp.	30	Guo <i>et al.</i> 2012

e. Bioekologi

Penyakit busuk akar/umbi pada ubi kayu disebabkan oleh atau berasosiasi dengan berbagai jamur tanah. Sementara tanaman ubi kayu merupakan tanaman yang dibudidayakan pada berbagai agroekosistem (lahan kering, lahan sawah, lahan gambut) dengan beragam jenis tanah (Ultisol, Enseptisol, Alfisol, Andosol). Di Indonesia, penyakit busuk akar/umbi banyak terjadi terutama pada daerah beriklim basah atau pada musim hujan, terutama pada tanah berdrainase tidak bagus sehingga terjadi genangan air. Serangan jamur *Phytophthora* spp. dan *Pythium* spp. banyak terjadi pada tanah lempung berat, drainasenya tidak bagus (Lozano 1977).

Di Togo, penyakit busuk akar/umbi pada ubi kayu lebih banyak ditemukan di zona hutan dibandingkan di zona padang rumput beriklim basah (Banito *et al.* 2010). Diduga hal tersebut terkait dengan ekologi hutan yang lebih lembab dan kaya bahan organik lebih mendukung perkembangan penyakit. Menurut (Ekundoyo dan Daniel 1973), perkembangan penyakit busuk akar/umbi sangat didukung oleh adanya kelembaban yang tinggi.

Di lapang, tanah dan sisa-sisa tanaman sakit di tanah adalah sumber penularan utama bagi penyakit oleh jamur-jamur tanah. Infeksi oleh jamur ke dalam tanaman terjadi melalui luka-luka akibat pemakaian alat-alat pertanian, luka

oleh serangan hama, dan luka alamiah yang terbentuk pada proses pertumbuhan akar (Ekundayo dan Daniel 1973).

Jamur-jamur tanah pada umumnya termasuk parasit lemah dan mampu hidup secara saprofit fakultatif pada saat tidak ada tanaman inang. Selain itu juga umumnya mempunyai kisaran tanaman inang yang luas. Selain tanaman ubi kayu, jamur penyebab penyakit busuk akar/umbi juga mampu menyerang tanaman sereal, kacang-kacangan, kopi, dan tanaman bunga matahari dan lainnya. Beberapa jamur, baik saprofit maupun parasit lemah, dapat menyerang ubi yang dipanen melalui luka yang terjadi pada saat panen (Lozano 1977).

Kadar bahan organik yang tinggi (2,3%) dan kadar Nitrogen tanah 0,24% meningkatkan serangan dan tingkat keparahan penyakit busuk umbi (Aigbe dan Remison 2010).

f. Komponen pengendalian

Cara pengendalian penyakit yang terbaik adalah dengan budidaya tanaman sehat, meliputi penggunaan varietas/klon ubi kayu yang tahan atau toleran penyakit, pemilihan lokasi dan pengelolaan tanah dan tanaman yang baik.

1) Varietas/klon ubi kayu tahan

Pemilihan klon tahan penyakit adalah cara pengendalian yang praktis, murah dan mudah diadopsi oleh petani. Di Indonesia, beberapa klon ubi kayu telah dievaluasi responsnya terhadap penyakit busuk akar/umbi *Fusarium*. Evaluasi ketahanan klon-klon ubi kayu terhadap penyakit *Fusarium* hanya dilakukan terhadap beberapa klon, dari hasil penelitian di rumah kaca diketahui bahwa klon Darul Hidayah yang merupakan klon unggul berpotensi hasil tinggi, rentan terhadap penyakit layu *Fusarium* (Noerwiyati dan Rahayu 2004).

Hasil evaluasi ketahanan varietas-varietas unggul ubi kayu terhadap penyakit leles di Pekalongan, Lampung Timur menunjukkan adanya keragaman persentase tanaman yang layu dan mati. Varietas UJ-5, Malang-4, Adira-4, dan Litbang UK-2 termasuk sangat tahan, sementara varietas Malang-6 bersifat peka dan UJ-3 sangat peka (Saleh *et al.* 2014).

Di Nigeria, evaluasi terhadap 40 varietas unggul ubi kayu ternyata belum ditemukan varietas unggul yang betul-betul tahan (imun) terhadap penyakit busuk akar/umbi (Okechukwu *et al.* 2009). Penelitian yang detail di Nigeria dan Cameroon menunjukkan bahwa 30% umbi yang busuk diinfeksi oleh 13 jenis *Fusarium* spp. yang mempunyai agresivitas yang berbeda-beda di masing-

masing lokasi. Oleh karena itu suatu varietas/klon ubi kayu yang tahan di satu lokasi tidak pasti tahan pada lokasi yang lain (Bandyopadhyay *et al.* 2006). Oleh karena itu penanaman varietas disesuaikan dengan strain jamur yang dominan di suatu wilayah.

Evaluasi ketahanan terhadap *B. theobromae* di laboratorium pada umbi utuh mempunyai korelasi yang baik dengan hasil evaluasi di lapang. Oleh karena itu inokulasi pada umbi yang utuh dapat digunakan untuk penilaian ketahanan varietas/klon ubi kayu terhadap penyakit busuk umbi (Onyeka *et al.* 2005b). Namun mengingat metode ini memerlukan tenaga, ruang, waktu dan jumlah umbi yang besar, maka seringkali digunakan inokulasi pada irisan umbi, baru klon yang terpilih diuji ketahanannya dengan metode inokulasi pada umbi utuh. Onyeka *et al.* (2005c) melaporkan bahwa dari 290 landrace dan 306 klon harapan di *Institute of Tropical Agriculture* (IITA) yang dievaluasi dengan menggunakan metode irisan umbi diketahui bahwa 50 varietas unggul serta 53 landrace dan 53 kultivar unggul tahan terhadap infeksi jamur *Botryodiplodia theobromae*.

Beberapa varietas/klon ubi kayu dilaporkan agak tahan terhadap infeksi *B. theobromae* antara lain IYT(OP)1979; Pyt (OP) 1980, 3055(OP) 1979 dan 30572(OP) 1980 (Otim-Nate 1984). Klon 30572 dan klon 91/02324 termasuk tahan terhadap infeksi jamur *B. theobromae* (Onyeka *et al.* 2005a).

2) Pemilihan lokasi

Mengusahakan tanaman ubi kayu pada lahan yang tidak/belum pernah terinfeksi oleh penyakit busuk akar/umbi adalah cara yang paling sederhana untuk menghindarkan tanaman ubi kayu dari infeksi penyakit busuk akar/umbi. Namun seringkali cara ini karena berbagai alasan sukar diterapkan di lapangan.

Tidak menanam ubi kayu pada lahan yang diketahui sering banjir atau terendam air juga dapat mengurangi kemungkinan terserang penyakit busuk akar/umbi (Homenauth dan Sauza 2012). Pada tanah yang sering terendam air, aerasi tanah menjadi jelek sehingga pertumbuhan dan perkembangan akar kurang sehat dan mudah terserang penyakit.

Rotasi tanaman merupakan cara untuk mengendalikan penyakit busuk akar/umbi pada ubi kayu (Mwangi *et al.* 2004). Sistem budidaya tersebut bertujuan untuk menghindari pengulangan tanam ubi kayu di lahan yang sama secara berurutan. Cara ini berguna untuk memutus siklus hidup patogen terutama yang endemik muncul pada suatu lokasi. Menurut Lozano (1977), penyakit

busuk akar oleh *Phytophthora* spp. dapat dikurangi dengan jalan memberokan lahan selama enam bulan. Namun di Indonesia, memberokan tanah dalam kurun waktu 2–3 tahun sulit dilakukan mengingat kepemilikan lahan terbatas dan petani harus menanam untuk mendapatkan penghasilan dari lahan tersebut. Rotasi tanam dengan tanaman padi gogo/jagung selama 2–3 tahun diharapkan dapat mengurangi sumber inokulum di dalam tanah.

3) Pengelolaan tanah

Sisa-sisa tanaman sakit merupakan sumber utama patogen bagi tanaman berikutnya. Oleh karena itu sanitasi lahan dengan cara mengumpulkan sisa-sisa tanaman dan membakar setelah panen dapat mengurangi sumber inokulum jamur di lapang. Di lapangan sering dijumpai petani menumpuk batang ubi kayu yang habis dipanen di tengah/ di tepi lahan dengan alasan keterbatasan biaya untuk mengangkut keluar dari lahan. Namun apabila di antara tanaman tersebut terinfeksi jamur penyebab busuk akar/umbi, maka dapat dipastikan akan menjadi sumber inokulum bagi pertanaman yang akan ditanam pada musim berikutnya.

Mengusahakan drainase yang baik terutama pada daerah dengan curah hujan yang tinggi dapat mengurangi resiko serangan penyakit busuk akar/umbi, termasuk serangan jamur *Pythium* spp. dan *Phytophthora* spp. (Lozano 1977; Homenauth dan De-Sauza 2011). Meskipun ubi kayu termasuk tanaman yang toleran pada lahan sub-optimal (kurang subur) subur, namun pada lahan demikian pertumbuhan tanaman tidak optimal dan umumnya lemah. Oleh karena itu peningkatan kesuburan lahan menggunakan pupuk an-organik atau pupuk organik diperlukan agar pertumbuhan tanaman tegar dan mempunyai daya tahan terhadap infeksi patogen. Namun perlu diperhatikan agar tidak memberikan pupuk organik dan N secara berlebihan karena justru tanaman menjadi lebih rentan terhadap infeksi patogen. Menurut Aigbe dan Remisson (2010) dengan kandungan bahan organik dan N masing-masing 2,3% dan 0,24% mengakibatkan intensitas serangan penyakit busuk akar/umbi 53%, jauh lebih tinggi dibanding pada tanah dengan kandungan bahan organik 0,6% dan 0,1% N. Pemupukan seimbang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan ketersediaan hara dalam tanah merupakan salah satu cara pengendalian penyakit busuk akar/umbi.

4) Pengelolaan tanaman

Menanam bahan tanam (stek) yang sehat, bebas infeksi patogen merupakan langkah strategis untuk mengendalikan penyakit busuk akar/umbi. Apabila

dikhawatirkan terdapat penyakit pada bahan tanam tersebut disarankan untuk memperlakukan stek tersebut dengan air hangat. Menurut Alvarez *et al.* (2005) perendaman stek ubi kayu dengan air hangat (49 °C selama 10 menit) efektif untuk mengendalikan jamur *Phytophthora* atau *Diplodia* spp. Hal yang perlu diperhatikan adalah agar suhu air dalam drum rata dan stabil pada kisaran suhu yang ditentukan.

Pengendalian kimiawi juga dapat diterapkan apabila kesulitan mendapatkan bahan tanam yang betul-betul sehat, misalnya dengan cara mencelup stek ubi kayu dalam larutan fungisida Benomyl selama 10–15 menit untuk mencegah serangan jamur-jamur tanah. Inokulan biologi (*Azospirillum*, mikorisa, jamur antagonis *Trichoderma*, bakteri *Pseudomonas fluorescens*) secara bersama-sama nyata menurunkan intensitas serangan penyakit umbi busuk oleh *Phytophthora* sp. (Hridya *et al.* 2012). Namun cara pengendalian biologis ini sejauh ini masih terbatas pada penelitian di rumah kaca dan belum diterapkan secara luas di lapangan.

Menurut Onyeka (2002) intensitas serangan penyakit busuk akar/umbi akan meningkat apabila tanaman dibiarkan di lapang hingga umur 15 bulan dibanding apabila dipanen pada saat umbi telah cukup masak. Menurut Messiga *et al.* (2004) kehilangan hasil menjadi lebih kecil apabila tanaman ubi kayu dipanen pada umur 12 bulan. Menurut Poubon *et al.* (2005) penyakit busuk akar/umbi banyak menyerang pada tanaman dewasa dan memanen tepat waktu merupakan cara untuk mengendalikan penyakit tersebut.

Usaha untuk mengendalikan penyakit busuk akar/umbi dengan menggunakan fungisida tidak banyak dilakukan. Hal tersebut diduga karena umbi ubi kayu merupakan produk bahan pangan yang seringkali dimanfaatkan sebagai pangan secara langsung sehingga dikhawatirkan akan mengganggu kesehatan. Fungisida sistemik Benomyl efektif menekan busuk akar/umbi pada ubi kayu (Ekundoyo dan Daniel 1973).

Di beberapa negara, pemanfaatan jamur antagonis dan fungisida nabati untuk mengendalikan jamur busuk umbi pada ubi kayu telah diteliti. Ubalua dan Oti (2007) melaporkan bahwa jamur antagonis *Trichoderma viridae* sangat efektif untuk menekan jamur-jamur pada permukaan umbi ubi kayu antara lain *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium solani*, *Aspergillus flavus*, dan *Rhizopus oryzae*. Ubalua dan Oti (2008) juga melaporkan bahwa ekstrak etanol dari bawang putih (*Allium sativum*) dan *Landolphia oweriencis* mempunyai

spektrum yang luas untuk menghambat pertumbuhan jamur *C. theobromae*, *A. flavus*, *F. solani*, *R. oryzae* dan *Mucor* sp. yang diisolasi dari umbi ubi kayu busuk. Kombinasi ekstrak bawang putih dan *Garcinia cola* dapat menghambat pertumbuhan patogen hingga penyimpanan selama 16 hari dan hanya 2% busuk. Ekstrak tanaman tersebut lebih direkomendasikan sebagai pelindung (*protectant*) daripada sebagai bahan untuk eradikasi (*eradicant*). Menurut Okiqbo *et al.* (2009a), larutan 10% Ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) secara nyata menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Botryodiplodia theobromae*, *Macrophomina phaseolina*, *Penicillium* dan *Aspergillus niger* yang diisolasi dari umbi busuk.

Penyakit Bakteri

Dibanding jamur, bakteri mempunyai kedudukan yang lebih rendah dan termasuk dalam divisi Protophyta yaitu golongan tumbuhan primitif. Tubuh terdiri atas satu sel, yang mempunyai dinding sel, struktur inti sel, dan sitoplasma. Beberapa anggota bakteri dilengkapi dengan flagella sebagai alat bergerak. Perkembangbiakan bakteri umumnya terjadi secara aseksual yaitu dengan pembelahan sel (*binary fission*). Bentuk bakteri penyebab penyakit tanaman umumnya berupa batang (*bacilliform*). Di lapangan, penyebaran bakteri banyak dibantu oleh aliran air, percikan air hujan, bahan tanaman yang terinfeksi, dan kontaminasi alat-alat pertanian.

Hingga saat ini paling tidak dilaporkan terdapat empat penyakit bakteri pada tanaman ubi kayu yaitu hawar bakteri (*bacterial blight*), bercak daun menyudud (*angular leaf-spot*), layu bakteri (*bacterial wilt*) atau sering disebut layu mendadak (*sudden wilt*), dan busuk batang/akar (*stem rot/root rot*) (Tabel 4). Di antara empat penyakit tersebut, yang paling penting dan menimbulkan banyak kerugian pada tanaman ubi kayu di berbagai negara di Afrika, Amerika Selatan, dan Asia adalah hawar bakteri oleh *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*.

Selain empat bakteri tersebut CIAT melaporkan adanya penyakit puru batang bakteri (*Bacterial stem gall*) yang disebabkan oleh *Agrobacterium tumefaciens* (Smith dan Townsend) yang mempunyai gejala khas yaitu tumbuhnya gall pada batang ubi kayu yang cukup besar (Hillock dan Wydra 2002). Namun dalam perkembangannya penyakit bakteri tersebut tidak pernah dilaporkan keberadaannya di negara penghasil ubi kayu lain, bahkan penelitian *A. tumefaciens* lebih difokuskan pemanfaatan plasmid bakteri tersebut dalam bidang biomolekuler sebagai media transformasi genetik pada tanaman dan jamur (Escobar dan Dandekar 2003; Mulyaningsih 2009).

Di Indonesia, tiga di antaranya yaitu hawar bakteri, bercak daun menyudud dan bakteri layu sudah diketahui menyerang tanaman ubi kayu (Semangun 1991; Semangun 1992), dan yang banyak menimbulkan kerugian adalah penyakit hawar bakteri, *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* dan layu bakteri *Pseudomonas solanacearum*.

Tabel 4. Penyakit bakteri pada ubi kayu

No.	Penyakit	Bakteri penyebab	Distribusi/ penyebaran
1.	Hawar bakteri ubi kayu (<i>Cassava bacterial blight</i>)	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Manihotis</i> (Berthet and Bondar) Dye	Amerika Latin, Afrika, Asia
2.	Bercak daun menyudut (<i>Angular leaf-spot</i>)	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Cassava</i> (Whehe and Dowson) Maraite and Weyns	Amerika Latin, Afrika, Asia
3.	Layu Bakteri (<i>bacterial wilt</i>) Atau Layu mendadak (<i>sudden wilt</i>)	<i>Ralstonia solanacearum</i> <i>Erwinia herbicola</i> (Lohnis) Dye	Asia
4.	Busuk batang/ubi (<i>stem/root rot</i>)	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i> (Jones) Bergey et al.	Amerika Latin

1. Cassava Bacterial Blight (Hawar Bakteri Ubi Kayu)

Penyakit hawar bakteri ubi kayu merupakan penyakit bakteri yang sangat penting dan banyak menimbulkan kerugian pada pertanaman ubi kayu. Bakteri ini telah diketahui sejak awal abad ke XX di Amerika Selatan, dan menyebar ke Afrika sekitar tahun 1970-an. Penyakit hawar bakteri banyak menimbulkan kerugian pada tanaman ubi kayu di Afrika dan Amerika Selatan, bahkan pada musim penghujan dapat menggagalkan panen sama sekali (Lozano 1975).

Di Indonesia, adanya penyakit bakteri busuk daun dan mati pucuk pada ubi kayu telah dilaporkan oleh Reitsma dan van Hoof (1948 *cit.* Semangun 1991), namun identifikasi patogen penyebabnya adalah bakteri *Xanthomonas manihotis* (Arthaud Berthet dan Bondar) Starr. baru dilaporkan oleh Tominaga pada tahun 1978 (Tominaga *et al.* 1978). Penyakit tersebut menyerang tanaman ubi kayu di Sulawesi Selatan, Jawa Barat dan Sumatera.

a. Gejala penyakit

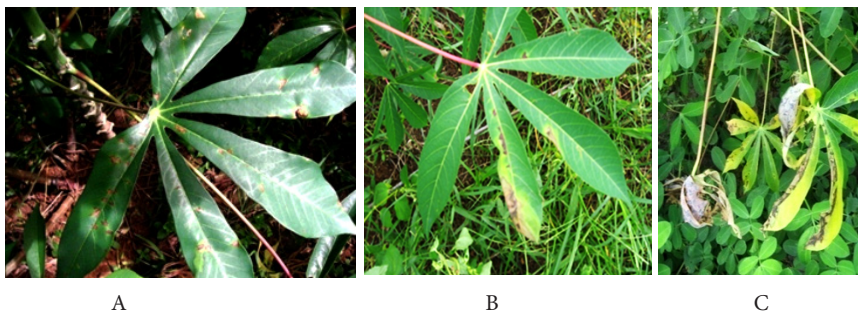
Serangan bakteri terjadi pada daun dan batang. Gejala awal berupa lesio berwarna abu-abu mirip bekas tersiram air panas. Lesio dibatasi oleh tulang-tulang daun sehingga terbentuk lesio menyudut, terlihat lebih jelas pada sisi bawah daun (Gambar 12). Terdapat empat tingkatan gejala hawar bakteri yaitu 1). Lesio

dengan bentuk menyudut, 2). Lesio meluas menjadi bercak nekrotik (kematian jaringan pada lokasi infeksi), 3). Perlendiran massa bakteri yang terjadi pada tangkai, helai daun, serta batang, dan 4). Mati pucuk. Kerusakan akibat infeksi bakteri ini dapat diamati pada jaringan muda dan dinding bagian luar dari pembuluh kayu. Infeksi hawar bakteri yang menyebabkan penyakit mati pucuk, mengakibatkan penurunan kuantitas dan kualitas bahan tanam (stek). Gejala pada bibit yang berasal dari tanaman sakit adalah terjadinya layu pada tunas yang tumbuh dan diikuti dengan kematian pucuk tanaman. Akar jarang terinfeksi oleh bakteri *X. campestris* pv.*manihotis*, meskipun pada varietas yang rentan terjadi pembusukan pada jaringan pengangkutan (Lozano 1986).

b. Patogen penyebab

Bakteri penyebab hawar daun, pertama kali dinamakan *Bacillus manihotis*, kemudian menjadi *Phytopomonas manihotis*, dan *Xanthomonas campestris* pv.*manihotis* oleh Vauterin *et al.* (1995), diusulkan diklasifikasi ulang menjadi *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* dengan sinonim *X.campestris* pv.*manihotis*. Bakteri *Xanthomonas* merupakan bakteri gram negatif, berbentuk batang, berukuran lebar 0,4–1,0 μm , panjang 1,2–3,0 μm dengan satu flagella pada ujungnya, tidak membentuk spora atau kapsul. Bakteri bersifat aerob, cepat berkembang, pada media yang mengandung karbohidrat tidak membentuk pigmen, warna koloni krem keputihan yang merupakan tipe khas xanthomonad.

Menurut Grousson *et al.* (1990 cit. Boher dan Verdier 1994), isolat-isolat *X. campestris* pv.*manihotis* dari Afrika menunjukkan adanya patogenisitas



Gambar 12. Gejala penyakit hawar bakteri (Cassava bacterial blight=CBB),
A. bercak daun menyudut, B.bercak membesar saling bersatu,
C. serangan yang lebih berat daun menguning dan akhirnya rontok.

yang stabil dan variabilitas yang terbatas dalam sifat karakter fisiologi dan biokimianya. Verdier *et al.* (1993) berdasarkan analisis DNA menyimpulkan bahwa isolat-isolat Afrika mempunyai satu kelompok (ribotype) dengan profil yang mirip. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Mamba-Mbayi *et al.* (2014) yang meneliti strain *X. campestris* pv. *manihotis* di Kongo menyimpulkan adanya variasi dalam ukuran bakteri, kecepatan pertumbuhan koloni, virulensi dan agresivitas, namun tidak terlihat adanya hubungan asal geografis strain bakteri dengan sifat agresivitasnya. Kondisi tersebut berbeda dengan isolat asal Amerika Selatan, dimana *X. campestris* pv. *manihotis* telah sejak 1900-an menginfeksi tanaman ubi kayu. Di Venezuela Verdier *et al.* (1998), meneliti 91 isolat *X. campestris* pv. *manihotis*, dengan menggunakan lima varietas pembeda, mengelompokkan menjadi 10 pathotipe. Di Kolumbia, 26 isolat yang dikoleksi dari beberapa lokasi yang berbeda dapat dikelompokkan menjadi beberapa pathotipe setelah diinokulasikan varietas pembeda (*differential host*) (Restrepo *et al.* 2000).

Variasi di antara isolat *X. campestris* pv. *manihotis* dalam karakter biokimia dan fisiologi, serologi serta genom telah diidentifikasi melalui analisis menggunakan teknik *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) atau *amplified fragment length polymorphism* (AFLP) (Verdier *et al.* 1993; 1998). Menurut Trujillo *et al.* (2014) pemanfaatan marker molekular sangat bermanfaat untuk meneliti strain bakteri apabila jumlah isolat yang diteliti cukup banyak. Adanya struktur *X. campestris* pv. *manihotis* asal Afrika yang seragam tersebut menunjukkan bahwa bakteri tersebut masuk ke Afrika belum lama. Strain Afrika belum terdiversifikasi secara nyata pada level kromosoma (Verdier *et al.* 1992; 1993). Oleh karena itu introduksi bahan tanam dari Amerika harus lebih hati-hati untuk mencegah strain bakteri baru masuk bersamaan bahan tanam tersebut.

c. Daerah Penyebaran

Xanthomonas campestris pv. *manihotis* diduga berasal dari Amerika Latin karena penyakit hawar bakteri tersebut telah diketahui keberadaannya di sana sejak awal 1900-an. Pada tahun 1970 an bakteri tersebut diketahui telah menyebar di negara-negara penghasil ubi kayu di Afrika dan Asia (Wydra dan Msikita 1998). Di Indonesia penyakit hawar bakteri dilaporkan menyerang tanaman ubi kayu di Jawa Barat, Sumatera, Sulawesi Selatan, Kalimantan Selatan (Reitsma and van Hoof 1948 *cit.* Semangun 1991; Tominaga *et al.* 1978; Saleh *et al.* 2011).

d. Arti penting

Penyakit hawar bakteri merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman ubi kayu. Di Afrika secara keseluruhan, kehilangan hasil diperkirakan lebih dari 7,5 juta ton umbi setiap tahun akibat infeksi hawar bakteri (CIAT 1996). Data kehilangan hasil ubi kayu akibat infeksi hawar bakteri di negara-negara penghasil ubi kayu sangat beragam, mulai ringan hingga sangat merugikan. Di Zaire, pada saat terjadi epidemi penyakit hawar bakteri pada tahun 1975, kehilangan hasil umbi mencapai 75%. Di Afrika, infeksi hawar bakteri pada varietas ubi kayu yang rentan dan kondisi lingkungan mendukung perkembangan penyakit, kehilangan hasil dapat mencapai 100%. Ledakan epidemi penyakit hawar bakteri telah menghancurkan pertanaman ubi kayu di Nigeria dan Uganda, sehingga menyebabkan kehilangan hasil 75 dan 90–100% (Ohunyon dan Ogio-Okirika 1979; Otim-nape 1980).

Di Amerika Latin, menurut Lozano (1986), apabila menggunakan stek dari batang tanaman yang terinfeksi hawar bakteri pada petak yang sehat, kehilangan hasil dapat mencapai 30%. Apabila kondisi lingkungan sangat mendukung perkembangan penyakit dan tidak dilakukan upaya pengendalian, kehilangan hasil selama tiga siklus penanaman dapat mencapai 80,5%. Di Brazil, kehilangan hasil ubi kayu akibat penyakit hawar bakteri pada perkebunan besar mencapai 50%. Sementara Negara Amerika latin lainnya bervariasi antara 5–40% (Lozano 1986). Di Asia, data kehilangan hasil belum dapat diperkirakan, karena patogen ini baru masuk sekitar tahun 1960-an. Di Indonesia penyakit hawar bakteri dan mati pucuk menurunkan hasil umbi rata-rata 4,5% pada setiap kenaikan intensitas serangan penyakit 10% (Nunung dan Suhendar, 1992).

Selain penurunan berat umbi, infeksi penyakit hawar bakteri juga menurunkan kualitas umbi yang dihasilkan. Menurut Umemura dan Kawano (1983), bahan kering umbi dari ubi kayu yang rentan sangat berkurang dibanding pada varietas tahan. Kerusakan daun dan mati pucuk oleh penyakit hawar bakteri menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas daun, dan sangat merugikan bagi petani yang memungut daun ubi kayu sebagai sayuran (Umemura dan Kawano 1983). Penyakit hawar bakteri juga menurunkan kualitas dan kuantitas stek. Menurut Kerstin *et al.* (2007), terdapat interaksi genotipe x lingkungan yang tinggi dalam

perkembangan setiap tipe gejala. Gejala hawar dan layu berkorelasi positif, sementara antara gejala hawar dan layu berkorelasi negatif dengan hasil umbi.

Secara umum pada awalnya hawar bakteri merupakan penyakit yang penting dan merugikan, namun dengan berkembangnya penelitian dan gencarnya diseminasi dan penyuluhan hasil penelitian, penyakit tersebut dipertimbangkan sebagai penyakit yang tidak begitu merugikan.

e. Bioekologi

Penyakit berkembang terutama pada kondisi cuaca basah, dan tanaman muda lebih rentan daripada tanaman tua. Penyebaran bakteri dari satu daerah ke daerah lainnya atau dari satu musim ke musim tanam berikutnya terjadi melalui penggunaan bibit yang diambil dari tanaman sakit, sementara penyebaran antar tanaman dibantu oleh percikan air hujan (Lozano 1975). Di lapangan, bakteri juga secara tidak sengaja tersebar melalui tanah pada saat pengolahan lahan, atau kontaminasi alat pada saat pemangkasan. Penyebaran bakteri lewat tanah atau melalui air irigasi diduga memegang peran yang kurang penting, tetapi kontaminasi alat mungkin banyak berperan untuk penyebaran bakteri. Menurut Joseph dan Elango (1991), penyebaran hawar bakteri oleh air pengairan terdeteksi hingga 300 m dari tanaman sakit. Pada kondisi kering, bakteri dapat bertahan pada sisa-sisa daun/tanaman selama lima bulan (Fanou *et al.* 1998).

Di lapang penyakit menyebar dan menular ke tanaman sehat dengan perantara air, tanah, dan kontaminasi bakteri pada stek ataupun alat potong stek. Bakteri masuk ke dalam tanaman melewati lubang stomata dan luka-luka yang ada pada daun dan batang (Lozano 1975). Serangga hama seperti belalang yang terkontaminasi bakteri juga membantu penyebaran penyakit hawar bakteri ke areal lebih luas. Setelah melakukan penetrasi, bakteri kemudian akan masuk dan membentuk koloni di ruang antar sel jaringan mesofil daun. Disini bakteri berkembang cepat dengan pembelahan sel menghasilkan sejumlah besar fibrillar exopolysaccharidematrix. Perbanyakan bakteri dan ekspansi matrix dan terjadinya lisis lamella tengah sel-sel daun mengakibatkan bercak basah menyudut pada permukaan daun. Bakteri setelah merusak jaringan mesofil dan kemudian masuk ke jaringan pembuluh dan tersebar luas secara sistemik ke seluruh tanaman. Gerakan ke batang dan tangkai daun terutama melalui jaringan xylem dan kemungkinan juga lewat floem. Pada batang yang tua, jaringannya telah banyak mengandung lignin, bakteri terbatas pada jaringan pengangkutan. Adanya penyumbatan jaringan pembuluh oleh bakteri dan matrixnya dan atau gel yang

dihasilkan tanaman atau oleh struktur khusus seperti tylose menghambat aliran sap mengakibatkan gejala layu pada daun dan pucuk tanaman. Gejala umumnya dapat diamati lebih kurang 11–13 hari setelah terjadi infeksi. Gejala hawar diduga diakibatkan oleh toksin yang dikeluarkan oleh bakteri (Perreux *et al.* 1982).

Selain di dalam jaringan tanaman, bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* juga ditemukan pada permukaan daun dalam bentuk fase epifitik. Pada musim penghujan, populasi bakteri dalam jumlah yang tinggi didapatkan pada daun yang tidak menunjukkan gejala dan menjadi sumber inokulum penularan. Pada musim kemarau populasi bakteri turun hingga pada level yang tidak terdeteksi, namun tetap hidup dalam bentuk fase epifitik selama musim kemarau tersebut dan pada musim hujan berikutnya, populasinya meningkat kembali. Selain pada daun tanaman ubi kayu, bakteri *X. campestris* pv *manihotis* juga ditemukan secara ephifit pada beberapa gulma yang umum tumbuh di pertanaman ubi kayu antara lain: *Solanum nigrum americanum*, *Sida dictyocarpa*, *Emilia sagittata*, *Hyptis dubius*, *Amaranthus dubius* dan *Coryza canadiensis* (Elango dan Lozano 1981).

Pada permukaan tanaman yang terinfeksi bakteri yang berada di permukaan tanah, seringkali mengeluarkan exudat yang berisi campuran lateks dan bakteri. Bakteri ini kemudian akan dengan mudah tersebar dengan bantuan air hujan dan menginfeksi daun yang baru. Pada batang tua yang banyak mengandung lignin, bakteri terbatas di jaringan pembuluh dan bertahan hingga periode cukup lama. Diperkirakan dinding sekunder yang mengandung lignin dan lamella tengah berlaku sebagai penghalang gerakan bakteri. Sistem enzimatis bakteri tidak mampu mengatasi penghalang tersebut (Lozano dan Sequira 1974). Menurut Kpemoua *et al.* (1996), kemampuan pembentukan lignin dan suberisasi yang berkaitan dengan deposit kalose merupakan mekanisme yang efektif untuk ketahanan tanaman terhadap infeksi bakteri *X. campestris* pv. *manihotis*.

X. campestris pv.*manihotis* secara konsisten dideteksi pada bunga yang tidak menunjukkan gejala, buah masak yang masih hijau, biji, dan jaringan biji (kulit biji, endosperm, kotiledon dan embrio). Bakteri juga dideteksi dalam polen yang dikumpulkan dari tanaman yang terinfeksi bakteri tersebut (CIAT 1980). Biji yang terinfeksi bakteri tidak menunjukkan perbedaan dengan biji sehat. Persentase penularan lewat biji antara 0–40% (Elango dan Lozano 1980). Peran biji terinfeksi perannya penting dalam penyebaran bakteri hawar melalui pertukaran plasmanutfah ubi kayu dalam bentuk biji. Untuk menghindari hal tersebut menurut peraturan FAO/IBPGR (Frison dan Feliu 1991), biji yang

akan dipertukarkan harus diperlakukan dulu dengan mencelup biji dalam air dan memanaskannya pada suhu maksimum sehingga suhu air mencapai 73 °C, dan segera membuang air tersebut. Apabila tidak ada microwave, pengeringan dilakukan secara kering pada suhu 60 °C selama dua minggu. Perlakuan dengan fungisida Thiram akan mencegah reinfeksi bakteri pada biji tersebut.

Di dalam biji bakteri dapat bertahan dalam waktu yang cukup lama. Menurut Persley (2008), bakteri masih dapat dideteksi keberadaannya pada 20 dari 50 biji yang telah disimpan selama 2–18 bulan pada suhu 5 °C. Sterilisasi permukaan biji dengan udara panas selama 24 jam pada suhu 65 °C tidak mampu mengeliminasi bakteri dari biji yang terinfeksi. Perendaman biji dalam air 60 °C selama 20 menit, diikuti dengan pengeringan pada suhu 30 °C semalam atau pada suhu 50 °C selama 4 jam mengurangi jumlah bakteri lebih rendah dari batas minimal untuk dapat terdeteksi, tanpa mengurangi daya kecambah biji (Persley 1979).

Selain ubi kayu (*Manihot esculenta*), *X. campestris* pv. *manihotis* juga dapat menginfeksi kerabat liarnya antara lain: *Manihot apii*, *M. glaziovii* dan *M. palmate* dan *Euphorbia pulcherrima* serta *Pedilanthus tithymaloides* (Dedal *et al.* 1980; Hillock dan Wydra 2002).

Perkembangan epidemi penyakit hawar bakteri sangat ditentukan oleh lama, jumlah dan distribusi curah hujan. Oleh karena itu perubahan iklim selama musim pertumbuhan yang berbeda menyebabkan pola perkembangan epidemi dan keparahan penyakit hawar bakteri yang berbeda (CIAT 1980).

f. Komponen pengendalian

1) Varietas tahan

Menanam varietas ubi kayu yang tahan atau toleran merupakan cara pengendalian yang paling efektif untuk mengendalikan penyakit hawar bakteri. Cara ini juga umumnya kompatibel dengan cara pengendalian yang lain, dan mudah diterima dan diterapkan oleh petani. Di Indonesia penelitian untuk mendapatkan varietas/ klon ubi kayu yang tahan terhadap hawar bakteri (*bacterial blight*) telah dilakukan di Balai Penelitian Tanaman (Balittan) Bogor. Dari 69 klon yang diinokulasi secara buatan dengan menusuk dan mengoleskan isolat bakteri pada bekas tusukan tersebut, diketahui Adira II-OP-8c, Adira II-OP-21, Adira II-OP-30, Adira II-OP-31, W1435-OP-89, CM 1006-4, CM 1392-1 dan I-53 tahan terhadap infeksi bakteri tersebut (Nunung *et al.* 1985). Di Afrika Barat, berdasarkan reaksinya

terhadap 47 strain hawar bakteri hawar yang diperoleh dari beberapa daerah, diketahui bahwa klon CVTM4, Main27, TMS 30572 dan TMS 92/0429 bersifat tahan, dan Toma 159, TMS 91/02316 agak tahan (Banito 2003).

Kombinasi penggunaan varietas tahan dan penggunaan bibit tanam yang sehat nampaknya merupakan cara pengendalian yang menjanjikan untuk mengendalikan penyakit hawar bakteri ubi kayu. Menurut Umemura dan Kawano (1983), sifat ketahanan bersifat kuantitatif dan dikontrol oleh gen aditif dan tidak berkorelasi negatif dengan kemampuan berproduksi. Ubi kayu yang tahan infeksi hawar bakteri sangat efektif untuk meminimalkan kerusakan oleh bakteri tersebut.

Penggunaan induk varietas tahan dalam hibridisasi dikombinasikan dengan seleksi fenotipik di lapang di bawah kondisi tekanan penyakit yang tinggi akan efektif memperbaiki ketahanan ubi kayu. Beberapa varietas yang berasal dari persilangan inter-spesifik antara *Manihot esculenta* dengan *M. glaziovii* menunjukkan ketahanan yang cukup baik terhadap penyakit hawar bakteri (Hahn 1978).

Untuk mendapatkan klon ubi kayu yang tahan infeksi hawar bakteri dapat dilakukan dengan pengamatan gejala di lapang dengan kondisi intensitas serangan penyakit yang tinggi selama beberapa periode tanam. Cara ini sangat efektif, karena inokulum yang berada di dalam batang tetap ada dan menjadi sumber inokulum dari waktu tanam satu ke waktu tanam berikutnya. Kelemahannya, cara ini memerlukan waktu yang lama. Beberapa cara skrining baru yang efektif telah dikembangkan dan memerlukan waktu yang lebih singkat antara lain dengan menusuk tunas muda pada pertanaman berumur satu-dua bulan dengan suspensi bakteri (Pacumbaba 1987). Dengan cara ini, gejala pada varietas yang rentan akan muncul 24–48 jam setelah diinokulasi. Cara yang lebih cepat lagi adalah dengan delicate manipulation pada kultur in-vitro. Cara ini diterapkan pada individual yang telah dimodifikasi genetiknya secara in-vitro. Namun cara ini tidak dapat secara jelas membedakan karena tidak membedakan reaksi tipe ketahanan intermediate yang dapat diamati di lapang.

Menurut Ogunjobi *et al.* (2007), diduga terdapat spesifisitas strain diantara kultivar ubi kayu, karena responsnya terhadap strain hawar bakteri berbeda dari satu kultivar dengan kultivar lainnya. Soyode dan Oyetunji (2009) membuktikan bahwa identifikasi klon ubi kayu berdasar karakter morfologinya dapat membantu untuk mendapatkan klon yang tahan terhadap hawar bakteri. Diketahui bahwa

tingkat pigmentasi dan percabangan berkaitan dengan ketahanan terhadap infeksi hawar bakteri. Kejadian penyakit hawar bakteri berkorelasi nyata dengan ketebalan pith dan pembuluh kayu. Terdapat korelasi negatif antara keparahan hawar bakteri dengan tingkat perkecambahan bibit pada umur 3,6, dan 9 bulan setelah tanam.

2) Menanam bibit sehat

Untuk mencegah penyebaran dan mengendalikan penyakit hawar, bibit dan biji tanaman ubi kayu harus diambil dari tanaman yang bebas infeksi bakteri. Menurut Banito (2003), populasi bakteri *X. campestris* pv.*manihotis* di batang bagian atas lebih banyak dibanding batang tengah dan paling rendah di batang bagian bawah. Bakteri tidak dideteksi dari tanaman yang tidak menunjukkan gejala terinfeksi hawar bakteri. Oleh karena itu disarankan stek disiapkan dari varietas tahan yang tidak menunjukkan gejala terinfeksi (Banito 2003). Pendapat ini agak berbeda dengan Moses *et al.* (2007), yang menyarankan untuk tidak menggunakan bahan tanam dari pertanaman yang diduga terserang hawar bakteri, meskipun gejala serangan tidak nampak pada pertanaman tersebut.

Pada saat ini telah dikembangkan metode serologi yang cukup sederhana, cepat namun akurat (spesifik) untuk mendeteksi adanya bakteri *X. campestris* pv.*manihotis* di dalam atau biji ubi kayu antara lain PCR, nested PCR dan Dot-blot hybridization.

Sejauh ini perlakuan seperti mengekpos pada udara panas air panas, microwave dan ultra violet untuk menginaktifkan bakteri dalam bibit memberi hasil negatif. Oleh karena itu apabila tunas tanaman muda menunjukkan gejala terinfeksi yang diduga berasal dari stek, sebaiknya segera dicabut dan dibakar (Wall 2000).

3) Sanitasi lahan

Sanitasi lahan dengan cara mencabut dan membakar tanaman yang sakit (roguing) dapat menghambat atau mencegah penyebaran penyakit di lapangan. Sisa-sisa tanaman sakit dapat juga dipendam dalam tanah, dan membiarkan tanah bero minimal selama tiga tahun sebelum ditanami ubi kayu kembali atau dirotasi dengan tanaman sereal atau kacang-kacangan selama tiga musim, baru kembali ditanami ubi kayu. Juga disarankan untuk membajak lebih dalam, dan membebaskan lahan tersebut dari gulma selama enam bulan (Wall 2000).

4) Pengelolaan tanaman

Pemangkasan; Pemangkasan sebagian besar bagian tanaman di permukaan yang terinfeksi dilaporkan dapat menghambat penyebaran penyakit di lapang (Lozano dan Sequiera 1974). Tetapi keberhasilan cara pengendalian ini tergantung pada kerentanan kultivar dan jarak antara infeksi awal dengan pemangkasan. Cara ini banyak berhasil dilakukan untuk varietas yang tahan atau agak tahan yang terinfeksi ringan. Pada varietas yang rentan yang terinfeksi berat, tunas yang muncul setelah pemangkasan akan cepat terinfeksi kembali, sehingga pemangkasan dilakukan intensif yang berkonsekuensi penurunan kualitas dan hasil umbi. Pemangkasan meskipun dapat memperlambat penyebaran penyakit, namun tidak akan pernah dapat mengendalikan secara sempurna. Alat yang digunakan untuk memangkas sebaiknya secara regular disterilisasi dengan cara mencelupkan dalam larutan 10% disinfektan (Wall 2000).

Menghilangkan daun yang terinfeksi; Menurut Fanou dan Wydra (2014) menghilangkan daun yang telah menunjukkan terinfeksi hawar bakteri sebanyak empat kali dengan interval waktu tiga minggu secara nyata mengurangi tingkat keparahan penyakit hingga 71% dan tidak berpengaruh terhadap penurunan hasil. Menghilangkan daun terinfeksi akan sangat efektif dilakukan pada keadaan kejadian penyakit (*disease incidence*) yang rendah, dan terutama direkomendasikan pada varietas ubi kayu yang bersifat agak tahan atau tahan terhadap infeksi penyakit hawar bakteri.

Pengaturan waktu dan jarak tanam; Secara umum di lahan kering ubi kayu ditanam pada awal musim hujan. Setelah beberapa kali hujan, pertumbuhan tanaman menjadi baik. Namun kondisi yang sama juga mendorong perkembangan penyakit. Menurut Lozano (1986), di daerah subtropika, menanam pada akhir musim hujan, pertanaman dapat tumbuh cukup baik dan sehat. Pertumbuhan tanaman pada musim kering yang dingin terus berlanjut meski lebih lambat. Pada musim kering, tanaman telah mengakumulasi pektin dan selulose, sehingga lebih tahan terhadap infeksi hawar bakteri. Pada kondisi demikian, intensitas penyakit sedang dan potensi inokulum turun ke tingkat minimal. Pada awal musim hujan dan suhu hangat, pertumbuhan tanaman dan potensi inokulum meningkat, tetapi inokulum tersebut tidak efektif karena tanaman telah berumur dewasa dan siap dipanen dalam beberapa bulan ke depan.

Jarak tanam ubi kayu berpengaruh terhadap kejadian penyakit hawar bakteri ubi kayu. Insiden hawar bakteri jauh lebih kecil pada jarak tanam yang lebih lebar

(0,75 m x 0,75 m) dibanding 0,50 x 0,50 m atau 0,5 m x 0,75 m. Namun tingkat keparahan paling rendah pada jarak 1,0 x 1,0 m (Otim-Nape dan Ingoot 1985).

Tanam tumpangsari/Rotasi tanaman; Rotasi tanaman ubi kayu dengan tanaman lain yang bukan inang bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* merupakan cara yang banyak dilakukan oleh petani. Di Togo, penanaman ubi kayu secara tumpangsari dengan tanaman jagung atau talas secara nyata dapat mengurangi intensitas serangan hawar bakteri dibanding penanaman secara monokultur (Banito 2003).

Menurut CIAT (1980), pengendalian dengan cara rotasi tanam akan berhasil dengan baik apabila juga dilakukan pengendalian gulma, karena bakteri dapat hidup secara epifit pada beberapa gulma.

5) Pengendalian gulma.

Dianjurkan dilakukan penyiangan gulma, karena beberapa gulma seperti *Eupatorium odoratum*, *Mariscus sumatrensis* dan *Phyllathus amarus* dapat merupakan inang bakteri *X. campestris* pv. *manihotis*. Mengusahakan agar lahan bebas dari infestasi gulma akan membantu pengendalian penyakit hawar bakteri (ADAP 2000).

6) Perbaikan nutrisi

Pemupukan N yang terlalu banyak seringkali mengakibatkan tanaman lebih rentan terhadap infeksi bakteri. Menurut Nunung *et al.* (1987), pemupukan 90 kg N+30 kg P_2O_5 +50 kg K_2O /ha mengakibatkan intensitas serangan penyakit hawar bakteri meningkat. Sebaliknya, pemberian pupuk potasium dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi bakteri *X. campestris* pv. *manihotis* (Adeniji dan Obigbesan 1976). Tetapi menurut Banito (2003) pemberian pupuk Potasium dan pemberian mulsa tidak secara nyata mengurangi intensitas serangan hawar bakteri maupun meningkatkan hasil.

7) Pengendalian biologi

Di Indonesia, pemanfaatan bakteri endofit pada ubi kayu untuk mengendalikan penyakit hawar bakteri telah diteliti oleh Purnawati dan Nirwanto (2009). Dari 20 bakteri endofit yang terdiri atas 11 bakteri *Bacillus* sp., dan 9 *Pseudomonas* sp., 8 bakteri endofit pada pengujian di laboratorium, mampu menghambat pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*, penyebab penyakit hawar bakteri pada ubi kayu. Penelitian selanjutnya di rumah kaca menunjukkan bahwa

bakteri endofit tersebut dapat menekan intensitas serangan 0,2–0,5% (Purnawati dan Nirwanto 2009; Purnawati dan Nirwanto 2013).

Di Kolumbia, penyemprotan daun ubi kayu dengan *Pseudomonas fluorescens* dan *P. putida* secara nyata mengurangi jumlah bercak menyudut tiap daun (Hernandes *et al.* 1986). Dengan aplikasi empat kali per bulan selama pertumbuhan tanaman, hasil umbi akan meningkat 2,7 kali. Meskipun telah menunjukkan hasil yang positif, hingga saat ini pengendalian secara biologis masih dilakukan dalam skala penelitian, dan belum diterapkan secara luas. Oleh karena itu ke depan, pengendalian dengan cara demikian perlu diteliti lebih lanjut.

2. Angular Leaf-Spot (Bercak Daun Menyudut)

a. Gejala penyakit

Gejala khas infeksi bakteri ini adalah berupa bercak daun menyudut yang mirip dengan gejala infeksi *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. Namun yang membedakan adalah perkembangan bercak lebih lambat dibanding bercak daun yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*, dan tidak terjadi hawar daun (Gambar 13). Pada kondisi kelembaban tinggi sering keluar eksudat berwarna kuning cerah dari daun yang terinfeksi (Maraite dan Perreaux 1979). Pada serangan yang berat, mengakibatkan nekrosis dan daun rontok. Penyakit ini banyak ditemukan pada daerah dengan lahan yang kurang optimal.

b. Patogen penyebab

Penyakit bercak daun menyudut disebabkan oleh patovar lain dari bakteri *Xanthomonas campestris*, yaitu patovar *cassavae* Wiehe & Dowson. Yang membedakan adalah warna koloni patovar *cassavae* berwarna kuning yang merupakan ciri khas *Pseudomonas*, sementara patovar *manihotis* berwarna putih. Kedua patovar ini sangat mirip satu dengan lainnya dalam hal reaksi fisiologi dan kimianya. Bahkan menurut Ogunjobi *et al.* (2008) reaksi fisiologis tidak dapat membedakan strain *X. campestris*, strain kuning dengan strain putih.

c. Daerah penyebaran

Hingga saat ini penyakit bakteri bercak daun menyudut hanya dilaporkan di Afrika Timur (Onyango dan Mukunya 1982) dan Afrika bagian Selatan, dengan satu pengecualian yang tidak terkonfirmasi di Nigeria. Namun selanjutnya Appah (1999) melaporkan bahwa di Port Harcourt, Nigeria *Xanthomonas campestris*



Gambar 13. Gejala bercak daun menyudut (angular leaf-spot)

pv.cassavae dan *X. campestris pv. manihotis* diisolasi dari bercak daun dan eksudat gum yang sama.

d. Arti penting

Secara umum penyakit bakteri bercak daun menyudut tidak banyak menimbulkan kerusakan dan kerugian pada tanaman ubi kayu.

e. Bioekologi

Berbeda dengan *X. campestris pv manihotis* yang dapat menginfeksi jaringan pengangkutan sehingga infeksi bersifat sistemik, infeksi *X. campestris pv.cassavae* hanya sampai pada jaringan korteks saja sehingga infeksi tidak bersifat sistemik. Menurut Mostade dan Butare (1979 *cit.* Hillock dan Wydra 2002), penyakit ini umumnya banyak menyerang tanaman ubi kayu pada wilayah dengan tanah yang kurang subur dan terutama terjadi angin keras yang banyak menimbulkan luka pada daun tanaman ubi kayu.

f. Komponen pengendalian

Informasi tentang cara pengendalian penyakit bakteri bercak menyudut tidak banyak diketahui. Cara-cara pengendalian yang diterapkan pada penyakit bakteri lain pada tanaman ubi kayu dapat diterapkan termasuk sanitasi, eradikasi tanaman, rotasi tanaman ubi kayu dengan tanaman lain, dan pengelolaan tanaman yang baik. Menurut Butare dan Banyangabose (1982), pemupukan yang seimbang dapat menghambat perkembangan penyakit di lapang.

3. *Bacterial Wilt/Sudden Wilt* (Layu Bakteri/Layu Mendadak)

Di Indonesia dan beberapa negara lain di Asia, penyakit layu bakteri pada ubi kayu dilaporkan disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum* (Nishiyama *et al.* 1980; Machmud 1986), namun di Amerika Selatan oleh bakteri *Erwinia herbicola*.

a. Gejala penyakit

Gejala infeksi *Pseudomonas solanacearum* antara lain tanaman menjadi layu dan mati mendadak (*sudden death*), daun layu, kering namun untuk sementara masih melekat pada batang, perubahan warna jaringan pembuluh batang dan akar serta busuk basah pada umbi. Selain tanaman layu, penyakit ditandai dengan adanya pembusukan umbi dimulai dari ujung. Seringkali pembusukan tidak terjadi pada semua umbi dan tanaman masih bertahan hidup.

b. Patogen penyebab

Di Indonesia, adanya penyakit dengan gejala busuk umbi/akar pada ubi kayu oleh bakteri di daerah Kediri telah dilaporkan oleh De Kruiff (1910 *cit.* Semangun 1991), namun pada saat itu tidak diteliti agensi penyebabnya. Selanjutnya pada tahun 1920-an baru dilaporkan bahwa bakteri *Pseudomonas solanacearum* adalah patogen penyebab penyakit layu pada tanaman ubi karet (*Manihot glaziovii*) dan ubi kayu (*Manihot esculenta*) (Palm 1921 dan Schwart 1926 *cit.* Semangun 1991). Meskipun identifikasi bakteri penyebabnya belum dilakukan secara tuntas, namun penyakit layu tersebut telah banyak menimbulkan kerugian pada ubi kayu (Koens *cit.* Semangun 1991). Setelah itu penelitian penyakit ubi kayu terhenti dan baru pada tahun 1980, penyakit dengan gejala yang sama yaitu layu, daun rontok dan busuk umbi pada tanaman ubi kayu ditemukan di daerah Lampung dan diidentifikasi sebagai *Pseudomonas solanacearum* (sinonim *Ralstonia solanacearum*)(Nishiyama *et al.* 1980; Machmud 1986).

R. solanacearum merupakan bakteri gram negatif, bentuk batang, dengan ukuran panjang 0.5–1,5 μm , flagella tunggal pada salah satu ujung. Reaksi positif dengan pengecatan poly-B-hydroxybutyrate dengan Sudan B atau Nile biru membedakan *R. solanacearum* dengan spesies dari *Erwinia*. Di Indonesia, berdasarkan hasil reaksi fisiologis dan biokimia bakteri, telah diidentifikasi lima ras bakteri dan lebih dari empat biovar. Tetapi sebagian besar isolat bakteri *R. solanacearum* termasuk dalam ras-1, biovar-3 (Machmud 1992).

c. Daerah penyebaran

Pada dasarnya *R. solanacearum* mempunyai tersebar luas di daerah tropika, sub-tropika dan tempat-tempat dengan suhu hangat di dunia, namun sejauh ini penyakit ubi kayu dengan gejala layu, busuk batang dan umbi hanya dilaporkan di Indonesia, India, dan Brasilia (Nishiyama *et al.* 1980; Machmud 1986; Lozano dan Booth 1976).

d. Arti penting

Sejauh ini informasi data kerugian hasil ubi kayu akibat infeksi *R. solanacearum* belum terdokumentasi dengan baik. Di Indonesia, penyakit layu dan busuk batang/umbi yang disebabkan oleh bakteri *R. solanacearum* pada tahun 1980-an, pernah menghancurkan pertanaman ubi kayu di daerah Lampung (Nishiyama *et al.* 1980).

e. Bioekologi

R. solanacearum merupakan patogen terbawa tanah (soil borne) dan dapat bertahan dalam tanah dalam waktu yang sangat lama. Faktor tanah yang mempengaruhi terdapatnya dan persistensi bakteri dalam tanah antara lain kelembaban tanah dan mikroorganisme antagonis dalam tanah. Jenis tanah akan mempengaruhi kelembaban tanah dan populasi mikroorganisme tanah, yang selanjutnya mempengaruhi kehidupan bakteri *R. solanacearum* dalam tanah. Bakteri akan berkembang dalam tanah dengan suhu di atas 24 °C, tapi rentan pada kondisi tanah alkalin, suhu dan kelembaban tanah rendah, kelembaban tanah rendah dan kesuburan tanah yang rendah (Hayward 1991).

R. solanacearum merupakan bakteri patogen tanaman yang dapat mengakibatkan penyakit layu pada lebih dari 200 tanaman, termasuk ke dalamnya jenis-jenis gulma yang hidup di lahan tegal maupun lahan sawah dari famili *Amaranthaceae*, *Asteraceae*, *Apocyanaceae*, *Compositae*, *Boraginaceae*, *Capparidaceae*, *Commelinaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lamiaceae*, *Leguminasae*, *Loganiaceae*, *Solanaceae* dan *Verbenaceae* antara lain *Amaranthus spinosus*, *Synedrella nodiflora*, *Vinca rosea*, *Ageratum conozoydes*, *Bidens pilosa*, *Crassicephalum crepidoides*, *Elentheranthera ruderalis*, *Eupatorium odoratum*, *Sphylates paniculata*, *Heliotropium indicum*, *Cleome viscosa*, *Cammelina benghalensis*, *C. diffusa*, *Euphorbia prunifolia*, *E. hirta*, *Phyllanthus sp.*, *Croton hirtus*, *Basilium polytacion*, *Pogostemon auriculaia*, *Sesbania rostrata*, *Spigelia anthelmia*, *Physalis angulate* *Lantana camara* (Nakagawa 1978; Machmud 1992). Seringkali infeksi

bakteri pada gulma tersebut tidak diikuti dengan gejala sakit layu. Di Indonesia *R. solanacearum* merupakan penyebab penyakit layu pada kacang tanah yang sangat merugikan (Machmud 1992).

Infeksi *R. solanacearum* bersifat sistemik sehingga terdistribusi ke seluruh jaringan tanaman. Oleh karena itu selain melalui tanah yang terinfeksi, penularan bakteri juga terjadi melalui penggunaan bahan tanam yang terinfeksi bakteri. Di Taiwan telah dibuktikan bahwa bahan tanam (bibit) yang terinfeksi merupakan sumber inokulum bakteri *R. solanacearum* penyebab penyakit layu pada tanaman ubi jalar (Jeng chen *et al.* 2014). Di lapang, penyebaran *R. solanacearum* sangat dibantu oleh air pengairan (yang mengalir), ceceran tanah terinfestasi, dan bibit tanaman terinfeksi. Beberapa faktor yang mendukung perkembangan penyakit bakteri adalah: terdapatnya sisa-sisa tanaman sakit di dalam tanah, terdapat luka pada akar akibat alat-alat pertanian yang digunakan ataupun oleh serangga, suhu dan kelembaban tanah yang cukup tinggi, pH tanah agak masam dan adanya infestasi jamur antagonis.

f. Komponen pengendalian

Penelitian pengendalian penyakit layu pada ubi kayu belum banyak dilakukan. Yang sudah dilakukan baru penelitian untuk mendapatkan varietas/klon ubi kayu yang tahan terhadap bakteri *R. solanacearum*. Di Lampung, Nakagawa (1978) melaporkan bahwa ubi kayu kultivar Kuning bersifat rentan, sementara varietas lokal Ketan Merah, Ketan Putih, Genjah Hitam, Baserat, No.802 , No.547, SPP Kretek, dan Singkong putih bereaksi tahan terhadap penyakit layu bakteri tersebut. Di Balai Penelitian Tanaman Pangan (Balittan Bogor), Nunung (1988) melakukan skrining varietas/klon ubi kayu di lapang pada tanaman yang berumur dua bulan. Inokulasi buatan dilakukan dengan penusukan tunas muda dan pengolesan dengan suspensi bakteri. Hasilnya menunjukkan bahwa 17 klon bereaksi agak tahan, 27 klon agak rentan, 5 klon rentan, dan 1 klon sangat rentan.

Komponen pengendalian yang lain yang ditujukan untuk pengendalian penyakit hawar bakteri antara lain: menanam bibit sehat, eradikasi tanaman sakit, sanitasi lingkungan termasuk gulma yang menjadi tanaman inang bakteri layu, rotasi tanam dengan tanaman yang bukan inang alternatif bakteri layu dapat dilakukan untuk mengendalikan penyakit layu bakteri.

4. Stem/Root Soft Rot (Busuk Lunak Batang/Umbi)

a. Gejala

Gejala layu oleh *Erwinia carotovora* sub sp *carotovora* berupa busuk batang dan cabang, luka hitam dan kanker, nekrosis pada akar, dan layu tunas muda, cabang serta mati pucuk (Lozano dan Belloti 1978). Pada serangan lebih lanjut mengakibatkan busuk lunak pada umbi. Di Republik Demokrasi Kongo, dan Republik Afrika Tengah infeksi bakteri mengakibatkan busuk basah pada umbi yang telah dipanen.

b. Patogen penyebab

Penyakit busuk batang/umbi pada tanaman ubi kayu disebabkan oleh bakteri *Erwinia carotovora* sub sp. *carotovora* (Lozano dan Belloti 1978). Nama *carotovora* diberikan karena bakteri ini diketahui pertama kali menyerang tanaman wortel. *E. carotovora* pv *carotovora* merupakan bakteri gram negatif, berbatang batang dengan ukuran 2,4 x 1,2 μm , motil, mempunyai 4–8 flagela. Dalam biakan berumur 48 jam, sel bakteri tersebut berupa sel tunggal atau rantai 2–3 sel, tidak membentuk kapsul dan spora.

c. Daerah sebaran

Penyakit ubi kayu yang disebabkan oleh bakteri *Erwinia carotovora* sub sp. *carotovora* terdapat terutama di daerah tropika dan daerah-daerah yang beriklim hangat. Sejauh ini bakteri busuk lunak pada ubi kayu dilaporkan di Amerika latin dan Afrika Tengah (Daniel *et al.* 1981). Di Amerika latin bakteri busuk batang dilaporkan terdapat di Venezuela (Guevara *et al.* 1992).

d. Arti penting

E. carotovora mempunyai kisaran inang yang luas dan banyak menimbulkan kerusakan yang nyata pada beberapa tanaman, baik sewaktu di lapangan maupun setelah dalam penyimpanan. Pada tanaman kentang, serangan bakteri ini dapat mengakibatkan kerusakan berat pada pertanaman di lapang dan apabila ruang penyimpanan kurang baik, umbi yang disimpan dapat 100% rusak. Selain tanaman sayuran, bakteri ini juga diketahui menyerang tanaman pangan seperti jagung, dan ubi kayu. Menurut Cock (1978), infeksi bakteri mengakibatkan kehilangan hasil umbi dan bahan /materi tanam. Namun data kehilangan hasil pada ubi kayu tidak dilaporkan.

e. Bioekologi

Di lapangan, terdapat beberapa jalan tanaman menjadi terinfeksi oleh bakteri busuk lunak antara lain melalui biji yang terinfeksi atau bakteri masuk melalui luka oleh serangga atau lubang alami (stomata atau lenti sel). Busuk batang/tunas oleh *E. carotovora* umumnya berasosiasi dengan serangan lalat buah *Anastrepha* spp. Larva lalat tersebut akan menggerek batang atau tunas tanaman ubi kayu dan memfasilitasi masuknya bakteri ke dalam jaringan tanaman. *E. carotovora* diketahui dapat hidup di dalam perut serangga selama beberapa jam.

Apabila tanaman telah terinfeksi dan kondisi lingkungan mendukung, bakteri dengan memanfaatkan cairan sel yang terluka segera memperbanyak diri dan mengeluarkan enzim pektolitik yang akan mendegradasi dinding sel. Akibat tekanan turgor sel, sel menjadi pecah dan isi sel menjadi bahan makanan bagi bakteri untuk perkembangan biak lebih lanjut.

Di lapangan, penyakit busuk lunak ini banyak berkembang pada kondisi lembab dan hangat dengan suhu optimum 20–30 °C, tetapi dalam ruang penyimpanan, bakteri dapat berkembang pada suhu di atas 3 °C.

f. Komponen pengendalian

1) Menanam bibit yang sehat (bebas infeksi bakteri)

Lozano dan Belloti (1978) dan Guevara *et al.* (1992) menganjurkan untuk mengendalikan *E. carotovora* sub sp. *carotovora* dengan menanam bahan tanam/bibit yang sehat dari varietas yang tahan terhadap lalat bibit, serta penyemprotan insektisida.

2) Rotasi tanam

Secara umum rotasi tanam kurang efektif karena bakteri mempunyai kisaran tanaman inang yang sangat luas dan mampu bertahan dalam tanah dalam waktu yang sangat lama.

3) Pengendalian biologi

Menurut Hernandez *et al.* (1986), inokulasi planlet ubi kayu berumur satu bulan dengan suspensi bakteri berpendar yaitu *Pseudomonas putida* dan *P. fluorescent* pada saat tanam, diikuti 15 dan 30 hari berikutnya dapat menekan serangan penyakit bakteri busuk batang/umbi dan meningkatkan berat akar hingga 95% dibanding kontrol pada dua bulan setelah tanam.

Penyakit-Penyakit Virus dan Mikoplasma

Virus merupakan mikroorganisme yang sangat kecil (sub-mikroorganisme, berukuran nanometer=nm) dan sangat sederhana, hanya tersusun atas asam nukleotida berupa *asam ribo nukleotida (ribonucleic acid=RNA)* atau *asam deoxyribonukleotida (Deoxyribo nucleic acid = DNA)* dan selubung protein. Beberapa virus, selain protein juga mempunyai selubung lipid. Karena strukturnya yang sangat sederhana tersebut virus tidak mempunyai sistem metabolisme. Perbanyakan virus terjadi melalui replikasi asam nukleatnya dengan menggantungkan sepenuhnya pada enzim dan basa-basa nukleotida tanaman inangnya. Bentuk virus tanaman beragam mulai bulat (*spherical*), batang (*bacilliform*), batang lentur (*flexuous*), benang (*filamentous*), dan virus kembar (*Gemini*). Di lapangan, penyebaran virus tanaman dapat terjadi melalui sambungan (*grafting*), inokulasi secara mekanis, dan melalui serangga penular (*vector*).

Hingga kini paling tidak terdapat 10 jenis virus yang menginfeksi tanaman ubi kayu di Asia, Amerika Selatan/Tengah dan Afrika (Tabel 5). Namun di antara virus-virus tersebut yang sangat penting dan menimbulkan kerugian yang sangat besar adalah: *African cassava mosaic virus (ACMV)* termasuk strain-strainnya, dan *Cassava brown streak virus (CBSV)*.

Di Indonesia penelitian penyakit virus pada tanaman ubi kayu sangat terbatas. Sejauh ini hanya ada laporan tentang adanya penyakit dengan gejala mosaik, yang dapat ditularkan melalui penyambungan (Suseno dan Andani 1975; Saleh 1986). Namun identitas virus penyebab penyakit tersebut belum diketahui dengan baik. Demikian juga terdapat laporan oleh Booth (*cit. Lopez* 1977) bahwa penyakit ubi kayu dengan gejala mosaik ditemukan di tempat yang terisolir Sumatera Selatan. Namun identitas penyebab penyakit tersebut juga tidak diketahui dengan pasti. Muller (1931 *cit. Calvert dan Thresh* 2002) melaporkan adanya penyakit mosaik pada ubi kayu di Indonesia, namun kebenarannya tidak dapat dipastikan bahkan gejala tersebut ada dugaan akibat defisiensi hara. Hal ini dapat dimaklumi karena untuk melakukan penelitian penyakit virus diperlukan peralatan yang lebih canggih. Sebagai contoh untuk melihat partikel (zarah) virus yang berukuran sangat kecil, memerlukan bantuan mikroskop elektron dengan perbesaran hingga 20.000 kali. Sementara komoditas ubi kayu sejauh ini bukan merupakan komoditas prioritas sehingga dari aspek penelitiannya pun belum mendapat prioritas utama. Oleh karena itu dalam

Tabel 5. Penyakit virus tanaman ubi kayu

Regional	Virus	Genus	Famili
Asia	<i>Cassava common mosaic virus</i> (CCMV)	Potexvirus	
	<i>Indian Cassava mosaic virus</i> (ICMV)	Begomovirus	Geminiviridae
	<i>Cassava green mottle virus</i> (CGMV)	Nepovirus	Comoviridae
Amerika Selatan/ Tengah	<i>Cassava common mosaic virus</i> (CCMV)	Potexvirus	
	<i>Cassava virus-X</i>	Potexvirus	
	<i>Cassava vein mosaic virus</i> (CVMV)		Caulimoviridae
	<i>Cassava Columbian symptomless virus</i>	Potexvirus	
	<i>Cassava American latent virus</i>	Nepovirus	Comoviridae
	<i>Cassava frogskin virus</i>		
Afrika	<i>African cassava mosaic virus</i> (ACMV)	Begomovirus	Geminiviridae
	<i>East African cassava mosaic virus</i> (EACMV)	Begomovirus	
	<i>South African Cassava mosaic virus</i> (SACMV)	Begomovirus	
	<i>Cassava Brown streak virus</i> (CBSV)	Ipomovirus	Potyviridae
	<i>Cassava Ivorian Bacilliform virus</i> (CIBV)		
	<i>Cassava Ivorian Bacilliform virus</i> (CIBV)		

Sumber : Calvert and Thresh 2002.

buku ini dirangkum hasil-hasil penelitian penyakit virus di negara penghasil ubi kayu utama terutama dari Amerika Latin dan Afrika dengan harapan sebagai informasi awal pada saat nantinya ubi kayu akan dikembangkan dan sebagai komoditas unggulan di Indonesia.

1. Cassava Common Mosaic Virus (CCMV)

Penyakit virus mosaik biasa ubi kayu (*Cassava common mosaic virus*) pertama kali dilaporkan oleh Silberschmids pada tahun 1938 di Brazilia dan dilaporkan telah menyebar di beberapa negara penghasil ubi kayu di Amerika Selatan, bahkan Afrika dan Asia (Perera dan Dassanayake 2002). CCMV juga dilaporkan di beberapa wilayah di negara Brazil dan Kolombia akibat stek yang didatangkan dari Peru. Menurut Booth (*cit.* Lopez 1977) penyakit ubi kayu dengan gejala yang sama juga dilaporkan di beberapa tempat di Sumatera Selatan, namun identitas virus penyebab penyakit tersebut tidak diketahui. Bahkan diduga gejala tersebut akibat gangguan keharaan.

a. Gejala penyakit

Daun tanaman ubi kayu yang terinfeksi CCMV menunjukkan gejala khas mosaik, daun mengalami perubahan bentuk (*malformation*) ataupun tidak, yang mirip dengan gejala infeksi *African cassava mosaic virus* (ACMV) (Costa dan Kitajima 1972a). Pada beberapa varietas ubi kayu, gejala dapat berupa mosaik kuning atau tulang daun tampak lebih jelas (*vein banding*). Sementara pada beberapa varietas ubi kayu lainnya, infeksi CCMV menimbulkan gejala yang sangat lemah. Selain ubi kayu, CCMV dapat menginfeksi paling tidak lima famili tanaman berkeping dua antara lain: *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Euphorbiae*, *Malvaceae* dan *Solanaceae*. Pada tanaman *Chenopodium album*, *C. amaranticolor*, *C. murale* dan *C. quinoa* infeksi virus akan menghasilkan gejala bercak klorotik atau nekrotik kecil, tetapi tidak menghasilkan gejala yang bersifat sistemik. Pada tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*), infeksi CCMV akan menghasilkan gejala luka lokal yang besar, tidak teratur bentuknya dan gejala sistemik berupa tulang daun yang jelas (*vein clearing*). Pada tanaman jarak (*Ricinus communis*) menunjukkan gejala belang sistemik pada awal infeksi, tetapi gejala tersebut menghilang pada saat tanaman tua.

b. Patogen penyebab :

Penyakit mosaik biasa ubi kayu disebabkan oleh *Cassava common mosaic virus* (CCMV). Zarah virus berbentuk batang lentur, diameter 15 nm dan panjang 500 nm. Dengan pengecatan negatif tidak menunjukkan adanya detail internal. Panjang zarah CCMV secara konsisten 17 nm lebih pendek dibandingkan zarah Potato virus X (PVX) (Kitajima *et al.* 1965). Genom CCMV serupa dengan genom virus anggota potex virus, terdiri atas satu ssRNA dengan 6376 nukleotida dan

selubung protein berupa molekul tunggal dengan 21 kDA (Nolt *et al.* 1991; Calvert *et al.* 1996). Meskipun demikian antara kedua virus tersebut tidak ada hubungan serologi (Kitajima *et al.* 1965). Tetapi menurut Marys dan Mayoral (2008), CCMV strain Venezuela bereaksi positif dengan antiserum Potato virus-X, tetapi tidak bereaksi dengan anggota Potex viruses lainnya.

Stabilitas virus dalam larutan ekstrak daun ubi kayu atau *Euphorbia prunifolia* akan rusak dan kehilangan infektivitasnya pada pemanasan (*thermal inactivation point*) 65–70 °C selama 10 menit, titik pengenceran akhir (*dilution end point*): 10^{-5} – 10^{-6} , dan kehilangan infektivitasnya setelah disimpan selama 128 hari pada suhu kamar (Brunt *et al.* 1996).

c. Daerah penyebaran:

Hingga sekarang CCMV hanya diketahui terdapat di Brazilia, Colombia, Mexico, Venezuela, Taiwan dan USA (Kitayima *et al.* 1965; Costa dan Kitajima 1972b; Chen *et al.* 1981; Perera dan Dassanayake 2002; Marys dan Mayoral 2008). Namun menurut Nolt *et al.* (1992), bahwa berdasarkan hasil survei di tiga sentra produksi ubi kayu di Columbia menunjukkan bahwa dari 870 sampel tanaman yang dikumpulkan dari 86 perkebunan ubi kayu, tidak ada satupun yang pada uji serologi terdeteksi terinfeksi CCMV, tetapi *cassava X virus* (CaXV) dideteksi sebanyak 51% dari 150 sampel yang diambil dari Columbia tengah. Diduga CCMV strain Columbia tersebut sama dengan CCMV strain Venezuela yang bereaksi positif dengan Potato virus-X.

d. Arti penting:

Menurut Lozano (1972), secara umum CCMV kurang penting, meskipun kehilangan hasil pada individu tanaman yang terinfeksi dapat mencapai 10–60%. Di Amerika selatan, pada kondisi sejuk, gejala serangan CCMV menjadi lebih parah, tanaman seringkali menjadi kerdil dan kehilangan hasil dapat mencapai 60% (Costa dan Kitajima 1972b).

e. Bioekologi:

CCMV dapat dengan mudah ditularkan secara mekanik dengan menggosokkan sap daun tanaman sakit ke daun tanaman sehat. Vektor CCMV belum diketahui dengan pasti. Percobaan penularan menggunakan kutu daun *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, kutu kebul *Bemisia tabaci*, *B. tuberculata*, *Aleurothricus aepim*, *Trialeurodes variabilis*, thrip *Scirtothrips manihot*, dan tungau *Mononychus*

bondari, serta *Tetranychus urticae* memberi hasil negatif (Lopez 1977). Virus juga tidak ditularkan melalui biji ubi kayu (Costa dan Kitajima 1972a). Di lapangan penyebaran CCMV sebagian besar terjadi akibat penggunaan bahan tanam (bibit) dari tanaman yang terinfeksi CCMV. Upaya untuk mendapatkan bibit yang bebas infeksi virus telah dilakukan melalui kultur jaringan, tetapi upaya tersebut ternyata tidak sepenuhnya dapat menghindarkan infeksi virus seperti yang dilaporkan oleh Silva *et al.* (2011) bahwa dari bahan hasil kultur jaringan, dengan *Immunocapture-Reverse transcriptase-PCR* (IC-RT-PCR) masih terdeteksi adanya virus CCMV.

Stek/bibit tanaman ubi kayu merupakan bahan yang baik untuk mempertahankan virus, sementara pada tanaman *Euphorbia prunia* meski terinfeksi dan mengandung virus, tidak menunjukkan gejala. Konsentrasi virus dalam jaringan tanaman *E. prunia* sangat tinggi, sehingga banyak digunakan untuk bahan pemurnian virus.

Elliott dan Zettler (1987) melaporkan di Yacatan, Mexico terdapat infeksi alami CCMV pada tanaman Chaya (*Cnidoscolus econitifolia*), sejenis tanaman sayuran daun. Terdapatnya CCMV pada tanaman Chaya sebelumnya juga telah dilaporkan oleh Zettler dan Elliott (1986) di Florida, Amerika. Inokulasi secara mekanis dengan CCMV strain chaya (CCMV-ch) menghasilkan gejala mosaik sistemik pada chaya, ubi kayu, *Ricinus communis*, *Euphorbia* sp., *Jatropha* dan *Nicotiana benthamiana*, dan gejala luka lokal pada *Cassia occidentalis*, *Chenopodium amaranticolor*, *C. quinoa*, *Datura stramonium* dan *Gomphera globosa*. CCMV-ch secara serologi berhubungan, tapi agak berbeda dengan CMMV isolat ubi kayu yang berasal dari Brazilia, Columbia dan Taiwan.

f. Komponen pengendalian:

Mengingat bahwa CCMV tidak menyebar dengan cepat di lapangan, dan belum diketahui vektornya, dan hanya menular melalui penggunaan bibit, maka CCMV mudah dapat dikendalikan dengan menggunakan bahan perbanyak (bibit) yang sehat diikuti tindakan monitoring dan roguing dengan mencabut bibit tanaman yang terinfeksi. Untuk menghindari kontaminasi dan penyebaran melalui infeksi secara mekanis, peralatan yang digunakan untuk pemotongan bibit hendaknya secara reguler dicelup dalam larutan disinfektan (Calvert dan Thresh 2002).

2. Cassava Green Mottle Virus (CGMV)

a. Gejala penyakit

Gejala tanaman ubi kayu yang terinfeksi Virus belang hijau ubi kayu adalah pada daun yang muncul menunjukkan gejala belang sistemik dengan nekrosis, namun pada daun-daun berikutnya tidak menunjukkan gejala meskipun mengandung virus. Gejala yang paling jelas pada tanaman ubi kayu terdapat pada daun yang paling muda yang mengeriting, tepi daun mengalami distorsi dan menunjukkan pola belang hijau dan kuning. Umumnya tanaman seperti sembuh kembali, namun agak kerdil atau seperti tanaman sehat. Tanaman yang terinfeksi tidak menghasilkan ubi, atau kecil dan berkayu bila dimasak (Jackson dan Liloqula 1991). Selain tanaman ubi kayu, CGMV dapat ditularkan secara mekanik melalui ekstrak tanaman sakit ke 30 spesies dari 12 famili (*Amaranthaceae*, *Apocynaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Convolvulaceae*, *Cucurbitaceae*, *Euphorbiaceae*, *Leguminosae-Papilionoideae*, *Solanaceae*, *Tetragoniaceae*, *Umbelliferae*). Sebagian besar menunjukkan gejala klorotik/nekrotik lokal dan belang sistemik atau nekrosis (Lennon *et al.* 1987). Infeksi CGMV pada tanaman *C. quinoa* menghasilkan gejala berupa luka nekrotik, dan nekrosis sistemik. Pada tanaman *N. clevelandi* gejala infeksi virus berupa bercak nekrotik dan bercak sistemik. Pada tanaman *Phaseolus vulgaris*, dan *Cucumis sativus*, infeksi CGMV berupa belang sistemik. Pada tanaman jarak, *Ricinus communis* gejala berupa luka nekrotik dan mosaik, dan pada tanaman *Ipomoea batatas*, tanaman yang terinfeksi virus tidak menunjukkan gejala sistemik.

b. Patogen penyebab

Menurut Lennon *et al.* (1987), CGMV pertama kali dilaporkan pada tahun 1985 di Choiseul, kepulauan Solomon pada tanaman ubi kayu yang menunjukkan gejala belang hijau (green mottle). Zarah virus berbentuk isometrik dengan diameter 26 nm, protein mol wt.c 53.000 dan dua endapan ssRNA, masing-masing berukuran $2,9 \times 10^6$ dan $2,3 \times 10^6$. CGMV mempunyai banyak persamaan dengan nepovirus, namun pada uji serologi ternyata tidak bereaksi dengan 18 anggota kelompok nepovirus. Titik pengenceran terakhir (*dilution end point*=(DEP): 10^{-5} – 10^{-6} ; titik suhu inaktivasi (*thermal inactivation point*=TIP): 60–65 °C, dan ketahanan dalam penyimpanan (*Longevity*): 12 hari pada suhu 20 °C (Lennon *et al.* 1987). Zarah virus ditemukan di semua bagian tanaman, di sitoplasma. Selain zarah virus, di

dalam sel tanaman yang terinfeksi terdapat badan inklusi yang berbentuk tidak beraturan. Perubahan sel yang lain adalah virus umumnya terdapat di dalam tubulus. CGMV termasuk kelompok Nepovirus, famili Comoviridae.

c. Daerah penyebaran

Sejauh ini dilaporkan bahwa CGMV tersebar luas di Australasia dan kepulauan Solomon

d. Arti penting

Informasi tentang arti penting penyakit CGMV sangat terbatas. Hasil penelitian di kepulauan Solomon menunjukkan bahwa berat batang dan berat ubi tanaman yang berasal dari stek terinfeksi CGMV jauh lebih rendah dibanding tanaman dari stek sehat, pengurangan hasil lebih dari 70% (Jackson dan Liloqula 1991).

e. Bioekologi

CGMV mempunyai kisaran tanaman inang yang cukup luas. Selain ubi kayu, CGMV dapat menginfeksi 30 spesies dari 12 famili. CGMV ditularkan melalui biji *Nicotiana clevelandii* dengan persentase penularan sekitar 30% (Lennon *et al.* 1987). Meskipun demikian peran penularan virus melalui biji *N. clevelandii* tersebut belum diketahui dengan baik. Tanaman ini digunakan untuk memelihara dan memperbanyak virus. CGMV dapat ditularkan secara mekanik dengan menggosokkan sap tanaman sakit ke daun tanaman sehat. Hingga saat ini belum diketahui vektor yang membantu penyebaran virus di lapang, meskipun ada dugaan ditularkan nematoda mengingat CGMV termasuk kelompok Nepovirus. Di lapang, penyebaran CGMV terutama melalui stek yang diambil dari batang tanaman sakit.

f. Komponen pengendalian

Di kepulauan Solomon, penyakit ini dikendalikan dengan cara menanam bibit yang sehat dan mencabut tanaman ubi kayu yang terinfeksi segera setelah tampak gejala. Untuk mencegah penyebaran CGMV keluar dan atau penyebaran antar pulau di kepulauan Solomon, diberlakukan peraturan karantina secara ketat.

3. Cassava Vein Mosaic Virus (CVMV)

Gejala infeksi Virus mosaik vena ubi kayu berupa mosaik tulang daun (vein mosaic) pertama kali dilaporkan di Sao Paulo di Brazil, namun baru dideskripsikan oleh Kitajima dan Costa pada tahun 1966.

a. Gejala penyakit

Cassava vein mosaic virus atau dikenal juga dengan nama *Cassava veinal mottle* virus telah dikenal sejak tahun 1940-an. Penyakit ini dikenal dengan adanya gejala mosaik pada tulang daun yang tidak biasa terlihat pada daun yang sangat muda. Daerah klorotik dibatasi oleh tulang daun. Helaian daun yang menunjukkan gejala umumnya menggulung ke bawah. Gejala CVMV pada daun tampak tunas muda, setelah batang tanaman yang terinfeksi virus bertunas. Empat hingga enam daun pertama memperlihatkan adanya klorosis tulang daun, yang tampak sebagai pola chevron, atau bergabung membentuk bercak melingkar (Gambar 14). Perubahan daun dan epinasti merupakan hal yang sering terjadi pada gejala parah. Setelah itu tanaman tampak seperti sehat dan menghasilkan daun-daun yang tidak menunjukkan gejala (*symptomless*). Keadaan demikian kemudian diikuti oleh tumbuhnya daun-daun dengan gejala infeksi virus.

Ekspresi gejala dipengaruhi oleh kondisi iklim. Gejala akan lebih berkembang pada daerah yang beriklim kering dibandingkan di daerah beriklim basah. Kecuali pada periode segera setelah bertunas, infeksi CVMD rasanya tidak berpengaruh pada vigor tanaman. Daun yang terinfeksi akan mengalami penuaan (*senescen*) dan rontok lebih awal sehingga mengurangi luas daun. Pada saat tanaman tua, umumnya sulit mengamati gejala mosaik pada daun. Pada sel tanaman yang terinfeksi terdapat badan inklusi yang mengandung virus (namun tidak sepadat badan inklusi Caulimovirus lain).

b. Patogen penyebab

Penyakit mosaik tulang daun ubi kayu (*Cassava vein mosaic disease*) disebabkan oleh *Cassava vein mosaic virus* (CVMV). Pengamatan dengan mikroskop electron diketahui zarah CVMV berbentuk isometrik dengan diameter kurang lebih 50 nm. Zarah virus terakumulasi dalam badan inklusi (*inclusion bodies*) dalam sitoplasma sel tanaman yang terinfeksi.

Genom CVMV berupa molekul sirkular tunggal dsDNA yang mengandung 8159 nukleotida. Pada awalnya berdasarkan bahwa genomnya adalah dsDNA dan struktur zarah virus, dicatat sebagai anggota sementara dari kelompok *Caulimovirus*. Namun menurut Calvert *et al.* (1995), berdasar urutan (*sequence*) dan organisasi genom CVMV berbeda dari genom Caulimovirus ataupun Badnavirus, dua genus virus dsDNA yang telah diketahui. Oleh karena itu kemungkinan akan diklasifikasikan sebagai genus yang unik dari pararetrovirus. Berdasarkan hasil

penelitian terhadap virus-virus dsDNA lainnya, oleh International *Committee on Taxonomy of viruses* (ICTV), diputuskan sebagai genus baru dan CVMV sebagai tipe spesiesnya. Juga ditentukan nama *Caulimoviridae* sebagai nama famili bagi semua virus dsDNA pada tanaman, termasuk genus *Caulimovirus*, *Badnavirus*, dan tiga nama genus virus baru lainnya.

Berdasarkan perbandingan menggunakan reverse transcriptase, CVMV dikelompokkan antara *Caulimovirus* dan *Badnavirus*. Disimpulkan bahwa CVMV berbeda dengan anggota pararetrovirus lainnya yang telah dideskripsikan lebih dulu. Hasil penelitian de Kochko *et al.* (1999) menyimpulkan bahwa berdasarkan *sequence* genom yang komplementer terhadap Met tRNA dipastikan bahwa CVMV adalah pararetrovirus dan berkorelasi erat dengan anggota genus *Caulimovirus*. Namun terdapat perbedaan dalam organisasi genomnya, jumlah dan ukuran ORFs, sehingga diduga CVMV sebagai genus baru dari famili *Caulimoviridae*. Dalam famili *Caulimoviridae* paling tidak terdapat tiga genera, dan salah satunya CVMV sebagai tipe dari genus baru.

c. Daerah penyebaran

CVMD sangat umum ditemukan di daerah semi-arid northeastern Brazil, meskipun ada laporan adanya CVMD dari daerah lainnya. Penyakit ini banyak ditemukan di Brazil, terutama di daerah Ceara, Pernambuco, Alagoas, Plaui dan Bahia (Calvert *et al.* 1995).

d. Arti penting

Informasi kehilangan hasil ubi kayu akibat infeksi CVMV belum banyak diketahui. Santos *et al.* (1995 *cit.* Calvert dan Thresh 2002) melaporkan bahwa hasil ubi tanaman yang terinfeksi CVMV sedikit lebih rendah dibanding tanaman sehat. Meskipun demikian, di Brazilia keberadaan CVMV sudah menyebar luas. Hasil deteksi pada plasmanutfah ubi kayu di kebun EMBRAPA Semi-arid di Petrolina Brazil menunjukkan bahwa *Cassava vein mosaic virus* (CVMV) paling banyak menyerang (24,5%=92/375), diikuti oleh *Cassava common mosaic virus* (CCMV) (0,73%=2/375) dan Infeksi ganda CCMV+CVMV (1/375=0,26%). Diduga penyebaran CVMV akibat penularan secara mekanis.

e. Bioekologi

CVMV ditularkan secara inokulasi mekanik, grafting, tidak ditularkan melalui biji atau tepungsari (Brunt *et al.* 1996b). Vektor CVMV di alam belum diketahui.



Gambar 14. Gejala CVMV berupa vein clearing dan belang hijau (*green mottle*).
(Sumber: www.quazoo.com)

Penelitian menggunakan kutu daun *Myzus persicae* dan jenis kutu daun lain memberi hasil negatif (Costa dan Kitajima 1972b). Virus dapat dengan mudah ditularkan melalui penyambungan (*grafting*). Di lapangan, karena ubi kayu diperbanyak secara vegetatif dengan stek batang, maka diduga penyebaran melalui stek batang yang terinfeksi virus memegang peranan yang penting. Selain tanaman ubi kayu, tanaman inang lain dari CVMV belum diketahui dan belum ada survei keberadaan CVMV pada kerabat liar tanaman ubi kayu.

f. Komponen pengendalian

Meskipun dari pola penyebaran penyakit di lapang diduga kuat terdapat vektor yang menularkan CVMV, namun sejauh ini vektor dan efektivitas dalam menularkan CVMV belum diketahui dengan pasti. Oleh karena itu efektivitas penggunaan bibit sehat yang bebas infeksi dalam menekan perkembangan penyakit di lapang juga belum dapat diketahui. Monitoring dan roguing dengan mencabut bibit tanaman yang terinfeksi CVMV merupakan cara yang cukup efektif untuk mengendalikan penyakit.

4. Cassava Ivorian Bacilliform Virus (CIBV)

Penyakit ini dideskripsikan oleh Aiton *et al.* (1988 *cit.* Fargette dan Harrison 1998) pada tanaman ubi kayu yang terinfeksi secara alami di Cote d'Ivoire, namun baru dideskripsi dan dikarakterisasi pada sekitar tahun 1991.

a. Gejala penyakit

Gejalanya tanaman yang terinfeksi Virus basil Ivorian ubi kayu berupa infeksi sistemik, tetapi pada beberapa jenis lainnya bersifat tanpa gejala (*symptomless*). Inang alami adalah ubi kayu. Namun virus dapat ditularkan secara buatan ke 12 spesies tanaman dari lima famili. Pada tanaman *Chenopodium amaranticolor*, daun yang diinokulasi tidak menunjukkan gejala. Pada daun pucuk terjadi sedikit distorsi bentuk daun dan stunting. Pada daun yang diinokulasi terjadi luka nekrotik 2–3 hari setelah diinokulasi, dan nekrosis sistemik pada daun pucuk, terjadi lima hari setelah diinokulasi. Pada *C. quinoa*, pada daun yang diinokulasi terjadi klorotik lembut, kadang-kadang beberapa menjadi nekrosis. Tunas yang terinfeksi nekrosis sistemik muncul 5–7 hari, menyebar dan mengakibatkan tanaman mati. Pada tanaman *Tetragonia expansa*, terjadi gejala luka nekrotik dan infeksi sistemik. Tanaman *C. quinoa* banyak dimanfaatkan untuk mempertahankan isolat dan bahan perbanyakan virus untuk pemurnian, sedangkan *C. murale* sangat bagus untuk tanaman penguji.

b. Patogen penyebab

Virus berbentuk basil (batang) dengan diameter 18 nm dengan panjang beragam 42, 49, dan 76 nm. Pada pengamatan mikroskop elektron dengan pengecatan Uranyl acetat, virus CIBV mempunyai bentuk, diameter dan mungkin struktur yang mirip dengan *Alfalfa mosaic virus* (AMV). Namun yang membedakan dengan AMV, CIBV mempunyai tiga ukuran panjang zarah virus, dan tiga spesies RNA masing-masing dengan berat 0,9, 1,0, dan 1,3 Mr ($\times 10^{-6}$), sementara AMV masing-masing empat. Kisaran tanaman inang CIBV juga lebih terbatas dibanding AMV, dan konsentrasi virus 10-100 kali lebih rendah dibanding AMV. Virus tidak mempunyai hubungan serologi dengan beberapa virus bentuk basil lain, hanya *Alfalfa mosaic virus* yang bereaksi lemah dan tidak konsisten. Oleh karena itu virus CIBV sementara diklasifikasikan sebagai anggota ke dua dari kelompok *Alfalfa mosaic virus* (Fargette *et al.* 1991).

Baru-baru ini Scott *et al.* (2014) melaporkan bahwa berdasarkan analisis genom CIBV, diketahui organisasi genom CIBV serupa dengan *Pelargonium zonate spot virus* (PZSV), tipe anggota dari genus Anulavirus, tetapi sangat erat

dengan anggota Anulavirus yang baru dideskripsikan yaitu *Amazon lily mild mottle virus* (ALiMMV).

Stabilitas virus dalam larutan ekstrak daun dalam 0,1 mM buffer Borak, pH 8,5, adalah mempunyai titik pengenceran terakhir (*dilution end point*): 10^{-2} – 10^{-3} , titik suhu inaktivasi (*thermal inactivation point*) antara 50–55 °C,

c. Daerah penyebaran

CIBV pertama kali dideskripsikan pada tanaman ubi kayu di Touresso, Cote d'Ivoire, tetapi CIBV juga dilaporkan terdapat di beberapa lokasi di sebelah barat laut Cote d'Ivoire.

d. Arti penting

Sejauh ini *Cassava Ivorian Bacilliform virus* (CIBV) hanya diketahui di Cote d'Ivoire dan dianggap bukan merupakan penyakit penting dan merugikan pada tanaman ubi kayu.

e. Bioekologi

Virus dapat ditularkan secara mekanik dengan menggosokkan ekstrak daun sakit ke tanaman sehat. Virus tidak dapat ditularkan oleh *Myzus persicae*, setelah melalui periode makan perolehan (*acquisition feeding periode*) selama <2 jam (Fargette dan Harrison 1998). Virus secara efisien ditularkan melalui bahan tanam (bibit) berupa stek batang yang diambil dari batang tanaman sakit.

Tanaman inang secara alami sejauh ini diketahui hanya ubi kayu, namun di laboratorium dapat secara mekanis ditularkan dan menginfeksi beberapa anggota famili *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Euphorbiaceae*, *Leguminosae*, *Solanaceae*, dan *Tetragoniaceae* antara lain *Chenopodium amaranticolor*, *C. murale*, *C. quinoa*, *Gomphrena globosa*, *Nicotiana benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. rustica*, *N. tabacum*, *Petunia hybrid*, *Phaseolus vulgaris*, *Senecio cruentus*, dan *Tetragonia tetragonioides* (ICTV dB Management 2006).

f. Komponen pengendalian

Di lapang, penyebaran CIBV terutama melalui bahan tanam (stek) yang berasal dari batang tanaman sakit. Oleh karena itu salah satu cara pengendalian CIBV adalah dengan menanam bibit yang betul-betul bebas infeksi CIBV (diuji dengan DAS-ELISA) (Fargette *et al.* 1991). Berhubung sejauh ini CIBV hanya diketahui di Cote d'Ivoire, maka untuk mencegah tersebarnya virus tersebut keluar dari Cote d'Ivoire diperlukan penerapan undang-undang karantina secara ketat.

5. *African Cassava Mosaic Virus (ACMV)*

Gejala penyakit virus yang sekarang dikenal dengan penyakit mosaik ubi kayu (*Cassava mosaic*) sebetulnya sudah sejak seabad yang lalu diketahui di daerah yang sekarang menjadi Tanzania. Penyakit tersebut kemudian pada abad 20 diidentifikasi di negara-negara lain di gurun Sahara Afrika, terutama di Ghana, Nigeria, Kamerun, Madagaskar dan beberapa negara di Afrika Barat dan Timur.

Pada dekade terakhir telah ada proyek yang mempelajari etiologi, epidemiologi, dan pengendalian penyakit mosaik ubi kayu di Nigeria, Kenya, Pantai Gading dan yang terakhir di Uganda. Proyek di Uganda merupakan tindak lanjut adanya epidemik penyakit mosaik ubi kayu pada tahun 1980-an, yang hingga sekarang menyerang ubi kayu di Kenya, Tanzania, Rwanda dan beberapa negara lainnya (Otim-Nape *et al.* 2000).

a. Gejala penyakit

Infeksi *Cassava mosaic virus* (CMV) menghasilkan gejala yang jelas pada daun, sehingga dapat dikenali dengan mudah. Gejala bervariasi baik tipe maupun keparahannya dan dibedakan dua tipe yaitu mosaik hijau (*green mosaic*) dan mosaik kuning (*yellow mosaic*). Mosaik hijau mempunyai bagian-bagian jaringan yang kontras berwarna hijau normal dan hijau muda. Gejala ini nampak hanya pada tanaman bila dilakukan pengamatan secara seksama dan biasanya tidak berasosiasi dengan pengurangan ukuran daun, jumlah daun, ukuran tanaman ataupun hasil. Daun yang terserang mosaik kuning, sangat jelas diamati karena adanya kontras antara jaringan berwarna hijau normal dan kuning. Selain itu juga terjadi distorsi bentuk daun, dan pecahnya jaringan (Gambar 15). Klorosis yang berat seringkali berasosiasi dengan tulang daun melengkung, rontoknya daun secara prematur, dan adanya penurunan pertumbuhan dan hasil yang jelas.

Terdapat perbedaan yang jelas di antara varietas ubi kayu dalam hal kenampakan dan tingkat keparahan gejala akibat infeksi ACMV. Varietas tahan mempunyai gejala yang lebih ringan dibanding varietas rentan, terutama pada stadia akhir pertumbuhan tanaman. Pada varietas tahan seringkali menjadi tanpa gejala (*symptomless*), sementara pada varietas yang peka gejala tetap terlihat. Ekspresi gejala juga dipengaruhi oleh lingkungan, daun yang terbentuk pada musim panas cenderung lebih ringan dibanding daun yang dibentuk pada periode



A



B

Gambar 15. Gejala mosaik dan perubahan bentuk daun malformasi akibat infeksi *African cassava mosaic virus* (ACMV). A. Pada daun muda (Sumber: flickr.com), B. Pada daun tua (Sumber: www.zoonews.com.br)

lainnya. Strain yang virulen juga menghasilkan gejala serangan dan kerugian hasil yang lebih berat dibanding yang kurang virulen.

Gejala mosaik seringkali sulit diamati apabila tanaman juga terserang oleh hama ataupun mengalami defisiensi hara. Serangan hama tungau hijau (*Mononychellus tanajoa*) dan defisiensi hara Zn seringkali mengacaukan pengamatan gejala akibat infeksi virus mosaik.

b. Patogen penyebab

Untuk beberapa tahun penyakit mosaik ubi kayu dianggap disebabkan oleh virus karena penyakit tersebut dapat ditularkan melalui penyambungan (*grafting*) dan vektor *Bemisia tabaci*, meskipun pada saat itu virus penyebabnya belum dapat dideteksi secara visual. Situasi berubah pada tahun 1970-an, ketika virus terbukti dapat ditularkan melalui inokulasi mekanik dari tanaman ubi kayu yang terinfeksi mosaik ke tanaman *Nicotiana clevelandii*. Namun status virus belum jelas karena zarah virus belum dapat diisolasi dari semua tanaman yang terinfeksi penyakit mosaik tersebut. Oleh karena itu pada awalnya virus tersebut disebut sebagai virus laten ubi kayu (*Cassava latent virus*) dan nama ini kadang-kadang masih digunakan di dalam beberapa literatur. Tetapi nama tersebut menjadi kurang tepat ketika tanaman uji lain yaitu *Nicotiana benthamiana* digunakan untuk mengisolasi dan membedakan isolat virus yang semua menunjukkan gejala khas penyakit mosaik ketika diinokulasikan kembali ke tanaman ubi kayu (Bock dan Woods 1983). Menurut Stanley dan Gay (1983), ACMV berbentuk gemini dengan

ukuran 30 x 20 nm, selubung protein mempunyai berat molekul lk 30.000. Zarah virus mempunyai untaian tunggal DNA (Mt lk 0.92×10^6) dan genom terdiri atas dua molekul melingkar dengan ukuran yang serupa. Dalam jaringan daun, virus terakumulasi di dalam inti sel parenchym floem dan cortex, dan sel-sel epidermis. ACMV dideskripsikan sebagai genus Begomovirus, famili Geminiviridae. Hingga saat ini paling tidak terdapat 4–5 strain ACMV. *African cassava mosaic virus* (ACMV) dan *East African cassava mosaic virus* (EACMV), keduanya tidak ditemukan di luar Afrika. *Indian cassava mosaic virus* (ICMV) sejauh ini hanya terbatas ditemukan di India dan Sri Lanka. *South African Cassava mosaic virus* (SACMV) telah dibedakan di Afrika Selatan (Berrie *et al.* 1998). Di Uganda dan Camerun telah diidentifikasi hibrid recombinan yang mempunyai genom campuran ACMV dan EACMV (Deng *et al.* 1997; Zhou *et al.* 1997).

Infeksi ganda hibrid recombinan dan ACMV atau EACMV dan ACMV mengakibatkan kerusakan yang lebih berat dibanding infeksi tunggal oleh masing-masing virus (Harrison *et al.* 1997; Fondong *et al.* 2000). Analisis lebih mendetail menggunakan PCR dengan beberapa primer pembeda, *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman terinfeksi oleh ACMV dan beberapa terinfeksi ganda. Analisis filogenetik dan RFLP menunjukkan adanya strain “baru” dari ACMV (Mabasa 2007).

Filogenetik analisis *B. tabaci* menggunakan sequen *gencytochrom mitochondria oxidase* menunjukkan sister clade ‘baru’ yang berhubungan erat dengan clade Afrika Selatan yang telah diidentifikasi sebelumnya dan adanya biotipe Q. Analisis molekuler sampel daun ubi kayu yang diperoleh dari berbagai daerah produksi ubi kayu di Republik Demokrasi Congo dengan PCR menggunakan empat primer spesifik yaitu M1F/M1R, M2F/M2R, Begomo 146/Begomo 672, dan EAC4F/EAC4R, hanya *African cassava mosaic virus* (ACMV) dan *East African cassava mosaic virus* (EACMV-UG) yang terdeteksi. Keseluruhan, hanya 67% contoh ubi kayu terinfeksi dengan ACMV, 10% dengan EACMV-UG. Tidak ada virus yang terdeteksi dari 13 contoh daun yang bergejala. Jadi, meskipun EACMV-UG terdapat di daerah yang diteliti, ACMV tetap merupakan penyakit mosaik yang paling banyak di Kongo (Manyi *et al.* 2014). Hingga sekarang terdapat tujuh *Cassava mosaic begomovirus* (CMB, famili Geminiviridae, genus Begomovirus) termasuk *African cassava mosaic virus* (ACMV), *East African cassava mosaic virus* (EACMV), EACMV-like strain, *East African cassava mosaic Camerun*

virus (EACMCV), *East African cassava mosaic Zanzibar virus* (EACMZV), *South African cassava mosaic virus* (SACMV), dan *Indian cassava mosaic virus* (ICMV).

Di Togo, hasil analisis molekuler menggunakan PCR dari DNA virus yang diekstraksi dari contoh tanaman sakit dengan primer spesifik diketahui bahwa penyakit mosaik ubi kayu tidak hanya disebabkan oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV) saja, tetapi terdapat dua Begomo virus lain yaitu *East African cassava mosaic virus* (EACMV) dan *Indian cassava mosaic virus* (ICMV). Namun ratio ketiganya adalah 73,59%, 44,62% dan 4,01%, masing-masing untuk ACMV, EACMV dan ICMV. Selain infeksi tunggal juga terdapat 1,75% infeksi ganda ACMV+ICMV dan 1,29% infeksi ACMV=ICMV+EACMV (Adjata *et al.* 2008)

c. Daerah penyebaran

Penyakit mosaik ubi kayu terdapat di semua negara penghasil ubi kayu di Afrika, termasuk di negara di pulau-pulau sekitarnya antara lain: Capeverde, Zanzibar, Madagascar, dan Mauritius. Selain di Afrika, strain virus yang sama juga telah dilaporkan menyerang pertanaman ubi kayu di India dan Srilanka dan dinamakan *Indian Cassava mosaic virus* (ICMV) (Mathew dan Muniyappa 1993; Salim dan Bandumala 2001). Keberadaan virus mosaik ubi kayu di Sri Lanka sebetulnya sudah dicatat pada awal tahun 1980, namun identitas penyebabnya baru dilaporkan oleh Perera dan Dassanayake (2002). Virus dapat ditularkan melalui sap pada kecambah ubi kayu (tapi tidak pada stek batang yang berakar). Virus juga dapat ditularkan dengan chip budding dari stek ubi kayu. TIP 45–50 °C, DEP 10^{-2} – 10^{-3} , aging 4–6 hari pada suhu kamar.

Were *et al.* (2004) melaporkan bahwa dari 185 sampel daun dan 62 batang yang dikumpulkan dari daerah produksi ubi kayu di Kenya, semua sampel dari Kenya bagian barat positif terinfeksi ACMV, EACMV dan EACMV-UG, baik secara tunggal maupun terinfeksi ganda. Selain itu juga ditemukan filamentous virus dengan panjang 200, 500, 600, dan 750 nm yang diduga kelompok Potyviridae karena juga ditemukan badan inklusi berbentuk cakram. Inokulasi virus tersebut ke tanaman *N. benthamiana* menghasilkan gejala parah, bahkan 50% tanaman mati.

d. Arti penting

Respons varietas ubi kayu terhadap infeksi ACMV berbeda. Pada beberapa varietas yang rentan, infeksi ACMV mengakibatkan tanaman menjadi kerdil, dan menghasilkan sangat sedikit atau bahkan tidak menghasilkan daun, stek batang

atau umbi, sementara beberapa varietas lainnya relatif tidak banyak terpengaruh dan kerusakannya ringan. Tanaman yang tumbuh dari bahan tanam (bibit) yang terinfeksi virus, akan terserang lebih parah dibanding varietas yang sama yang terinfeksi pada awal pertumbuhan oleh vektor kutu kebul. Tanaman yang terinfeksi pada akhir pertumbuhannya umumnya tidak mengakibatkan kerusakan atau sangat ringan (Fargette *et al.* 1988). Apabila pertanaman baru memperlihatkan gejala infeksi setelah berumur empat bulan atau lebih, pengurangan hasil akibat infeksi virus tidak nyata.

Tingkat keparahan tanaman juga dipengaruhi oleh strain virus yang menyerang. Beberapa strain atau kombinasi strain mengakibatkan gejala lebih parah dan mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan hasil yang lebih besar dibanding strain lemah. Selain mengurangi hasil umbi, infeksi ACMV juga berpengaruh terhadap kualitas umbi. Terdapat korelasi negatif antara hasil dan kandungan pati dengan kejadian penyakit mosaik. Apabila tanaman terinfeksi pada umur tiga bulan pertama akan mengakibatkan hasil umbi dan pati yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang terinfeksi pada akhir pertumbuhan. Menurut Elegba *et al.* (2013) kejadian dan keparahan gejala ACMV umumnya mencapai maksimum pada umur tiga bulan, dan merupakan stadia kritis pada pertumbuhan vegetatif dan pertumbuhan ubi kayu. Pengurangan ukuran daun akibat infeksi ACMV akan mempengaruhi partisi bahan kering dari daun ke umbi, yang mengakibatkan penurunan hasil (Mariscal *et al.* 2002).

Di banyak negara di Afrika, penyakit mosaik oleh ACMV merupakan penyakit virus yang paling penting pada tanaman ubi kayu (Geddes 1990), meskipun di beberapa daerah diketahui kurang penting dibandingkan penyakit hawar bakteri. Fargette *et al.* (1988) memperkirakan kerugian tahunan akibat penyakit mosaik di Pantai Gading sekitar 500.000 ton umbi, dibanding produksi aktual pada saat itu yang mencapai 800.000 ton. Dengan perhitungan yang sama, kerugian hasil di Afrika diperkirakan mencapai 30 juta ton, dibanding produksi aktual pada saat itu yang mencapai 58 juta ton (FAO 1985). Namun menurut Thresh *et al.* (1997), asumsi tersebut kurang tepat, karena kejadian penyakit mosaik di beberapa negara penghasil ubi kayu di Afrika sekarang lebih rendah. Lebih dari itu, varietas yang ditanam secara luas kurang terserang berat dibanding varietas yang di Pantai Gading. Diperkirakan kerugian total di Afrika sekitar 12–23 juta ton. Perkiraan tersebut didasarkan atas asumsi kejadian penyakit mosaik sekitar 50–60% dan mengakibatkan kehilangan hasil tanaman yang terinfeksi sekitar

30–40%. Menurut Thresh *et al.* (1997), kehilangan hasil total akibat infeksi ACMV di Afrika diperkirakan 12–23 juta ton, merupakan 15–24% dari produksi total ubi kayu. Selanjutnya Legg (1999), memperkirakan pada tahun 1998 saja kerugian akibat epidemik penyakit mosaik di Kenya barat melebihi US\$100 juta. Hasil yang sama disampaikan oleh Otim-Nape *et al.* (2000) yang memperkirakan kerugian hasil ubi kayu di Uganda pada saat terjadi pandemik, setiap tahun sekitar 60.000 ha tanaman yang diharapkan menghasilkan 600.000 ton umbi, tidak menghasilkan sama sekali, sehingga kerugian mencapai US\$60 juta (harga US\$100/ton). Legg dan Thresh (2009), menyimpulkan bahwa penyakit mosaik ubi kayu oleh ACMV merupakan satu penyakit virus yang paling merusak di dunia.

Pengurangan ukuran daun akibat infeksi ACMV akan berpengaruh pada partisi bahan kering dari daun ke umbi, sehingga mengakibatkan kehilangan hasil. Mariscal *et al.* (2002) menyimpulkan pengurangan luas daun akan mengakibatkan pengurangan pembentukan umbi. Pada varietas Dagarti, infeksi ACMV tidak menunjukkan gejala selama penelitian, dan tidak terjadi pengurangan luas daun. Varietas tersebut bersifat sangat toleran terhadap infeksi ACMV. Selain mengurangi hasil umbi, infeksi CAMV juga berpengaruh terhadap kualitas umbi. Menurut Alves (2002) dan Elegba *et al.* (2013), terdapat korelasi negatif antara infeksi ACMV dan hasil pati pada varietas ubi kayu Uganda. Kejadian penyakit dan keparahan gejala mosaik umumnya maksimum pada tiga bulan pertama, dan juga merupakan fase kritis dari pertumbuhan vegetatif dan akan mengakibatkan hasil pati yang rendah.

e. Bioekologi

Virus mosaik ubi kayu dapat ditularkan secara mekanis dengan menggosokkan sap tanaman sakit dalam larutan buffer fosfat, buffer borat atau air yang tidak mengandung ion (*deionized water*) dengan efisiensi penularan 12,5–23,1% (Bock dan Guthrie 1978). Selain itu, virus juga dapat ditularkan melalui penyambungan (*grafting*), tetapi tidak melalui kontak antar tanaman dan tidak ditularkan melalui biji (Mathew dan Muniyappa 1993). Menurut Elegba *et al.* (2013), tanaman yang diinokulasi menunjukkan gejala mosaik mulai dua bulan setelah diinokulasi, namun pada bulan ke lima tanaman seringkali menunjukkan penyembuhan (*recovery*). Meskipun demikian apabila dideteksi menggunakan PCR pada tanaman umur 12 bulan, menunjukkan tanaman tersebut terinfeksi virus ACMV. Menurut Gibson dan Otim-Nape (1997), penyembuhan dari

tanaman yang terinfeksi ACMV didorong oleh periode panas dan berkurang selama periode dingin pada tahun tersebut.

Laporan pertama tentang penularan oleh serangga dewasa *Bemisia mosaicivecta* di Congo, yang kemudian diralat menjadi *B. mosaicivectura*. Spesies tersebut juga dikenal sebagai *B. gossypiperda* var. *mosaicivectura*. Spesies yang sama atau sangat erat kekerabatannya dikenal sebagai *Bemisia nigeriensis* Corbett telah berhasil digunakan untuk penularan penyakit mosaik ubi kayu di Nigeria dan di Tanzania dimana pemindahan kutu kebul dilakukan pada daun muda dan tunas, tidak pada daun tua. Percobaan penularan dilakukan di Nigeria, Pantai Gading dan Kenya menggunakan spesies yang sama dengan yang digunakan sebelumnya, tapi dikenal dengan nama *Bemisia tabaci*.

Menurut Dubern (1994), vektor *B. tabaci* adalah yang bertanggung jawab penyebaran sekunder penyakit mosaik di lapang, meskipun jenis lain yaitu *B. afer* juga dapat menularkan virus mosaik. ACMV ditularkan oleh *B. tabaci* secara persisten. Serangga memerlukan waktu 3 jam untuk mengisap virus, dan periode laten paling cepat 8 jam, serta periode inokulasi 10 menit untuk menularkan virus. Perlakuan puasa pada serangga sebelum periode akuisisi pada tanaman sakit akan meningkatkan efektivitas penularan. Kutu kebul akan infeksi selama 7–9 hari. ACMV tidak akan hilang pada saat ganti kulit, tidak ditularkan ke generasi berikutnya melalui telur. Meskipun ACMV dapat ditularkan oleh *B. tabaci*, namun ternyata hasil survei di tiga daerah sentra produksi ubi kayu di Afrika Selatan menunjukkan bahwa infeksi ACMV sebagian besar (27,1%) akibat infeksi melalui bahan tanam yang terinfeksi virus, dan hanya 10% akibat infeksi oleh vektor *B. tabaci*.

Selain pada tanaman ubi kayu, ACMV juga secara alami dapat menginfeksi tanaman lain. Fauquet dan Fargette (1990) melaporkan bahwa ACMV dapat menginfeksi tujuh spesies Manihot, dan kerabat dekat *Euphorbia* seperti *Jatropha multifida*, *Hewittia sublobata*, dan *Laportea aestuans*. Tanaman tersebut inang alami ACMV, namun virus tidak dapat ditularkan dari tanaman tersebut ke tanaman ubi kayu. Selanjutnya Ramkat *et al.* (2011) juga melaporkan untuk pertama kali deteksi Begomovirus: ACMV dan EACMV pada *Jatropha* dari Kenya. Terdapat kemungkinan CMV pada *Jatropha* akan tersebar lebih luas, karena CMV juga dideteksi pada sampel *Jatropha* dari Ethiopia.

f. Komponen pengendalian

Pengendalian ACMV dapat dilakukan melalui dua cara yaitu: Menanam varietas yang tahan/toleran terhadap infeksi virus, dan sanitasi lingkungan termasuk mengambil dan menanam bahan tanam (bibit) dari tanaman yang sehat dan selanjutnya membuang tanaman yang terinfeksi (Thresh *et al.* 1998).

1) Varietas tahan/toleran

Di Afrika, varietas yang ditanam petani sangat banyak dan bervariasi, termasuk keragamannya terhadap infeksi ACMV. Sebagian besar varietas lokal yang ditanam secara luas rentan terhadap infeksi ACMV. Oleh karena itu petani melalui pengalamannya untuk mengendalikan penyakit mosaik telah meninggalkan varietas yang diketahui sangat rentan terhadap infeksi ACMV, dan menanam varietas yang toleran sehingga meskipun terinfeksi virus mosaik, tetap menghasilkan umbi. Menurut Thresh dan Cooter (2005) menanam varietas yang tahan terhadap infeksi virus mosaik merupakan langkah yang paling strategis untuk mengendalikan penyakit virus mosaik. Penelitian lebih lanjut oleh Mallowa *et al.* (2011) menyatakan bahwa pada varietas yang tahan, tingkat serangan ACMV lebih rendah dan gejalanya lemah dibanding pada varietas rentan yang dapat mencapai >90%, dengan gejala yang berat. Pada kondisi demikian, hasil ubi varietas ubi kayu yang tahan jauh lebih tinggi dibanding varietas yang rentan.

Di Afrika, program pemuliaan ketahanan terhadap ACMV telah dimulai sekitar tahun 1930/1940an dengan menyilangkan tanaman ubi kayu dengan *Manihot glaziovii* dan spesies *Manihot* lainnya. Hibrid antar spesies tersebut kemudian disilang balikkan dengan tanaman ubi kayu. Di Madagaskar dan Afrika Timur telah dihasilkan dan dikembangkan varietas yang sangat tahan terhadap ACMV. Bibit varietas tahan tersebut juga telah dikirim ke Nigeria untuk dilakukan seleksi dan selanjutnya disebarluaskan ke petani.

Di Sri Lanka, evaluasi ketahanan terhadap virus mosaik ubi kayu dengan penyambungan wedge. Klon WA/KK/10 dan 555/KK/2 sangat tahan, sedangkan lainnya yaitu Hordi 28, Hordi 6, Cari 555, MU 51, Kirikawadi, BW1, BW2, Wariyapola dan Wagolla bersifat rentan (Prasangika *et al.* 2008). Bi *et al.* (2010) telah mengevaluasi ketahanan 20 kultivar ubi kayu asal China, Thailand dan IITA terhadap infeksi CAMV dengan agro-inoculation (menyuntikkan campuran *Agrobacterium tumifaciens* strain LBA4404 yang mengandung ACMV-NOg, DNA-A dan DNA-B). Teknik agro-inoculation mempunyai beberapa

kelebihan dibanding evaluasi di lapang antara lain: kondisi lingkungan, baik untuk pertumbuhan tanaman ubi kayu maupun proses inokulasi dapat terkontrol pada kondisi rumah kaca, di lapang selain dipengaruhi faktor lingkungan juga ditentukan oleh keberadaan dan aktivitas serangga vektor kutu kebul. Dari 18 varietas yang dievaluasi, tidak ada yang betul-betul tahan, semua terinfeksi dengan intensitas gejala yang bervariasi (kategori *Moderate Resistant*, *Moderate Susceptible* dan *Highly susceptible*). Hasil ini menunjukkan bahwa semua varietas tidak ada yang tahan, diduga hal tersebut terkait dengan plasmanutfah berasal dari Amerika latin yang tidak mempunyai gen ketahanan terhadap ACMV. Disarankan untuk mengintroduksi plasmanutfah dari Afrika yang mempunyai gen tahan ACMV seperti CMD2 untuk pemuliaan ketahanan terhadap penyakit mosaik ubi kayu.

Ketahanan terhadap infeksi ACMV berasosiasi dengan tingkat penekanan akumulasi DNA virus. Tetapi menurut Ogbe *et al.*(2003), keparahan gejala tidak selalu berkorelasi dengan konsentrasi virus. Monde *et al.*(2013) melaporkan bahwa infeksi ACMV mempunyai dampak yang beragam terhadap pertumbuhan vegetatif. Tinggi tanaman dan luas daun secara umum lebih kecil dibanding tanaman sehat. Pengaruh infeksi CAMV terhadap produksi umumnya lebih besar pada varietas lokal dan tidak nyata pada varietas yang tahan. Varietas Mvuazi (TMS 95/0526), Mahungu (TMS 92/297), 96/1089A, dan Disanka (TMS 1 95/0211) mempunyai kekebalan lapang. Varietas Mvuama (TMS 83/138), Lueki (TMS 91/377) dan Zizila (MV 99/0038) dan varietas lokal Timolo, Yauma, Ngonga dan Bangi tahan terhadap CMD, sementara varietas Ponjo, Lofiongi dan Mboloko bersifat rentan terhadap infeksi ACMV.

Suatu varietas yang bersifat tahan, tidak berarti immun terhadap ACMV. Varietas tahan akan menghasilkan gejala yang lebih ringan dibanding yang rentan. Gejala seringkali terbatas pada tunas /cabang tertentu, dan menghilang pada saat tanaman tua. Pada tanaman yang tahan, sifat infeksi virus tidak sistemik sempurna dibanding varietas rentan. Oleh karena itu dari tanaman yang terinfeksi masih dapat dihasilkan bahan tanam yang bebas infeksi virus.

Konsentrasi virus dalam jaringan tanaman tahan lebih rendah dibanding pada tanaman rentan. Oleh karena itu secara umum tanaman yang tahan akan lebih sedikit rusak dan kehilangan hasil lebih rendah dibanding yang rentan.

2) Menggunakan bahan tanam (bibit) sehat

Di lapangan, penyebaran penyakit mosaik terutama diakibatkan penggunaan bibit tanaman yang telah terinfeksi virus. Oleh karena itu menanam bibit ubi kayu yang sehat merupakan cara yang efektif untuk mengendalikan ACMV (Prasangka *et al.* 2008). Stek yang berasal dari cabang tanaman umumnya lebih aman dibandingkan dari batang utama. Dianjurkan tidak menggunakan bagian pangkal batang sebagai bahan tanam (stek).

Menurut Fargette *et al.* (1987), kehilangan hasil pada tanaman ubi kayu yang berasal dari stek yang terinfeksi (55–77%), lebih besar dibanding apabila tanaman terinfeksi kemudian oleh *Bemisia tabaci* (35–60%), meskipun infeksi terjadi pada awal. Infeksi yang terjadi oleh vektor pada umur 150 hari atau lebih setelah tanam, tidak banyak berpengaruh terhadap hasil.

Penelitian oleh Otim-Nape *et al.* (1997), menunjukkan bahwa hasil umbi petak pertanaman yang 100% dari stek tanaman terinfeksi ACMV nyata lebih rendah dibanding pertanaman yang 0% dan 50% terinfeksi. Hasil tiga varietas ubi kayu pada petak pertanaman dengan 0% dan 50% terinfeksi, tidak berbeda nyata pada panen 10 dan 15 bulan. Hasil batang, daun dan umbi segar dan jumlah umbi dipengaruhi oleh status kesehatan dari tanaman yang dipanen, dan tanaman di sekitarnya. Tanaman tidak terinfeksi (sehat) yang dikelilingi tanaman terinfeksi menghasilkan umbi, batang dan berat daun yang lebih besar dibanding yang dikelilingi oleh tanaman yang tidak terinfeksi. Secara keseluruhan kompensasi kehilangan hasil berkisar antara 26–42%.

Tanaman yang berasal dari bibit terinfeksi akan menghasilkan pertanaman dengan gejala yang lebih berat. Apabila terpaksa karena persediaan terbatas, tanaman dengan gejala ringan dapat digunakan hanya untuk produksi, dan batang tanaman tidak dapat digunakan untuk pertanaman berikutnya. Sebaiknya menggunakan bibit yang sehat untuk setiap kali menanam ubi kayu (Soko *et al.* 2007). Pemanfaatan bibit sehat akan lebih efektif apabila dilakukan pada varietas yang tahan atau agak tahan, dan intensitas serangan di lapang agak rendah (Malowa *et al.* 2011).

Perlakuan Thermoterapi stek batang ubi kayu dengan udara panas cukup efektif mengeliminir ACMV, meskipun tidak dapat sepenuhnya membebaskan dari infeksi virus. Nampaknya pada suhu tinggi multiplikasi virus dalam jaringan tanaman ditekan atau dihambat (Kaiser dan Louie 1982). Menurut Kaiser *et al.* (1982), ACMV dapat dieradikasi sebanyak 33–44% dari potongan pucuk

tanaman (1,0–1,5 cm) yang ditumbuhkan pada suhu panas (37 °C) selama 87–105 hari. Dengan perlakuan ini, jumlah potongan pucuk yang tetap hidup pada 35–105 hari sekitar 22–73%. Demikian juga mengekpos tanaman utuh pada suhu panas 37 °C selama 42–96 hari dapat menekan gejala, namun hanya 1 dari 129 tanaman yang betul-betul terbebas penyakit. Perendaman stek batang sebanyak dua kali pada air panas dengan suhu 50 °C atau 55 °C belum dapat membebaskan dari infeksi ACMV.

Menurut Cacai *et al.*(2013), tidak ada interaksi antara asesi dan kondisi penanaman (dalam rumah kaca dan thermoterapi) dalam tampak atau tidaknya gejala virus. Stek yang dipelihara dalam rumah kaca menunjukkan gejala virus secara visual, sementara tanaman hasil thermoterapi yang dilakukan dengan cara menanam tanaman dalam pot dan diletakkan/ditumbuhkan selama empat minggu pada suhu 36 °C selama 8 jam gelap dan 40 °C selama 16 jam terang tidak menunjukkan gejala sama sekali. Tidak terdapat interaksi antara asesi dan kondisi penanaman dalam pembentukan ruas. Pada kondisi thermoterapi, asesi mempunyai rata-rata ruas lebih baik dibanding rata-rata yang rendah yang diperoleh dalam rumah kaca. Thermoterapi meningkatkan produksi eksplant untuk in-vitro culture dibandingkan penanaman langsung di rumah kaca. Hal ini sejalan dengan pengaruh stimulus dari thermoterapi terhadap pertumbuhan batang ubi kayu.

3) Sanitasi

Menurut Thresh *et al.* (1998),sanitasi meliputi semua cara-cara yang ditujukan untuk memperbaiki status kesehatan bahan tanam (stek) ubi kayu dan untuk menurunkan ketersediaan sumber infeksi dimana penyebaran lebih lanjut dapat terjadi melalui aktivitas vektor kutu kebul, *B. tabaci*. Sanitasi tanaman meliputi: kebersihan lahan termasuk menghilangkan semua tanaman yang terinfeksi di dalam dan di luar area yang akan digunakan untuk penanaman ubi kayu; penggunaan stek tanaman yang bebas infeksi ACMV, pencabutan tanaman sakit di dalam pertanian.

Mencabut tanaman sakit dari populasi tanaman sehat di lapang (*roguing*) dapat mengurangi penyebaran virus di lapangan. Untuk mendapatkan hasil optimal, pengamatan dan roguing sebaiknya dilakukan secara regular. Apabila pencabutan dilakukan pada umur muda, dapat dilakukan penggantian dengan stek sehat agar populasi tanaman tidak banyak berkurang. Roguing yang dilakukan secara sering kali, dianggap kurang tepat pada daerah dimana penyebaran di

dalam atau diantara pertanaman oleh vektor *B. tabaci* rendah. Lebih dari itu pada daerah dimana jumlah inokulum tinggi dan penyebaran banyak terjadi, roguing menjadi tidak tepat dan tidak efisien karena mengakibatkan jumlah tanaman berkurang. Sebagai contoh percobaan di Cote d'Ivoire, dimana penyebaran virus di lapang oleh vektor tinggi, populasi tanaman yang terinfeksi pada petak yang dilakukan roguing dan tidak sama-sama tinggi yaitu 77–78%. Percobaan serupa dimana penyebaran yang cepat juga terjadi di lapang, pada akhir pengamatan, persentase tanaman yang terinfeksi pada petak yang diroguing 67%, sementara yang tidak 67% (Fargette *et al.* 1990). Alasan lain untuk menentang roguing adalah bukti di lapang di beberapa negara (Kenya, Uganda, Cote d'Ivoire) bahwa penyebaran ACMV terutama terjadi antar musim pertanaman, bukan penyebaran internal antar tanaman dalam satu musim tanam. Roguing akan efektif bila dilakukan dalam satu kelompok tani atau meliputi seluruh areal pertanaman. Hal ini terjadi di Uganda pada tahun 1950, ketika dimulai penggunaan varietas tahan dan roguing sebagai kebijakan dalam pengendalian dan diawasi ketat oleh pemerintah daerah setempat. Namun cara ini tidak dapat diterapkan lama karena petani enggan melaksanakan. Oleh karena itu selanjutnya roguing hanya dilakukan sekali atau dua kali pada awal pertumbuhan tanaman pada saat telah muncul tunas dan gejala dapat diamati dengan baik.

4) Pengendalian vektor dengan insektisida

Seringkali petani mencoba menggunakan insektisida untuk membatasi penyebaran penyakit mosaik dengan mengendalikan vektornya, *Bemisia tabaci*. Tetapi penggunaan insektisida pada tanaman ubi kayu dan tanaman tropika lainnya dirasa kurang efektif. Cara ini juga dipandang kurang tepat karena biaya yang dikeluarkan cukup tinggi, dan adanya resiko pada petani maupun lingkungan.

6. Cassava Brown Streak Virus (CBSV)

a. Gejala penyakit

Gejala infeksi virus bergaris coklat ubi kayu sangat bervariasi antar varietas dan antar musim yang berbeda. Gejala infeksi CBSV dapat diamati pada daun, batang, buah, dan umbi. Pada varietas yang peka, gejala dapat diamati pada semua bagian tanaman tersebut, sementara pada varietas yang toleran umumnya gejala hanya dapat diamati pada salah satu organ tanaman umumnya daun. Menurut Nichols (1950), terdapat dua macam gejala pada daun, yaitu klorosis kuning

pada tulang daun sekunder dan tersier dan tipe gejala ke dua yaitu gejala yang lebih umum berupa bercak belang klorotik. Kedua tipe gejala tersebut lebih jelas diamati pada daun bagian bawah. Gejala menguning dapat dibedakan dengan penuaan (*senescen*) oleh adanya adanya bercak-bercak hijau pada daun yang terinfeksi CBSV. Berbeda dengan gejala infeksi virus mosaik oleh *African cassava mosaic virus* (ACMV), infeksi CBSV tidak mengakibatkan terjadinya distorsi dan pengurangan ukuran daun (Gambar 16).

Pada batang yang masih berwarna hijau, gejala CBSV pada varietas ubi kayu yang peka berupa bercak garis nekrotik. Pada varietas yang peka, dalam kondisi udara dingin dan kering kadang terjadi kematian tunas (*shoot die back*), dan bagian ujung tanaman menjadi nekrotik kemudian mengering. Pada keadaan ekstrim, dapat mematikan tanaman, namun gejala pada batang seringkali tidak muncul dibanding gejala pada daun dan umbi.

Gejala yang khas dan penting dari infeksi CBSV adalah berkembangnya sepia kering hingga coklat, bergabus dan adanya luka nekrotik pada jaringan umbi. Umbi tanaman yang terinfeksi CBSV mengalami malformasi dan mempunyai lekukan-lekukan yang jelas (Gambar 16). Gejala pada umbi semakin jelas diamati pada tanaman tua yang melebihi umur masak fisiologis, yaitu pada umur 12 bulan (Hillock *et al.* 2001). Umbi yang menunjukkan gejala CBSV nampaknya juga lebih rentan terhadap patogen akar sekunder, dan umbi menjadi busuk basah. Menurut Rwegasira (2009), kejadian penyakit dan keparahan gejala pada varietas yang berbeda bervariasi antar musim dan tergantung pada karakteristik masing-masing kultivar. Suhu yang rendah (siang hari 26 oC dan malam hari 18 oC) berakibat kritis, yaitu tanaman yang terinfeksi CBSV menjadi mati. Memapar (*exposure*) pada kondisi suhu rendah selama 30 dan 50 hari, mengakibatkan kematian tanaman percobaan sebesar 50 dan 100%.

Terdapat perbedaan yang sangat nyata tingkat keparahan nekrosis umbi pada varietas rentan dan toleran, dan waktu pengambilan sampel (umur 4–12 bulan). Nekrosis di umbi pada varietas rentan terjadi pada umur 4 bulan, dengan tingkat keparahan 2 dan kejadian penyakit 16,67% (Abaca *et al.* 2012).

Diagnosis CBSV sejak lama didasarkan pada gejala daun dan umbi dari tanaman yang terinfeksi. Adanya variasi ekspresi gejala antar varietas dan musim berarti bahwa diagnosis berdasar gejala tidak dapat dipercaya. Menurut Rwegasira dan Rey (2012), hasil penelitian menggunakan RT-PCR menunjukkan bahwa manifestasi gejala, terutama klorosis daun dan bercak nekrosis, bukan indikasi

absolut adanya infeksi CBSV. Hanya 67% contoh daun dengan gejala tersebut yang terinfeksi CBSV, 22% contoh tidak terinfeksi CBSV, meskipun bergejala klorosis dan bercak nekrosis, dan 7% terinfeksi CBSV tapi tidak menunjukkan gejala yang jelas. Bahkan beberapa tanaman yang terinfeksi CBSV, tidak menunjukkan gejala pada daun, ternyata umbinya nekrosis.

b. Patogen penyebab

Menurut Monger *et al.* (2001b), CBSD disebabkan oleh CBSV, anggota sementara dari genus *Ipomovirus*. *Sequence* asam amino CBSV mempunyai identitas yang erat dengan mantel protein *Sweet potato mild mottle virus* (genus *Ipomovirus*). Penelitian strain CBSV telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Di Tanzania, berdasarkan perbedaan sequen coat proteinnya dan variasi gejala yang ditimbulkan



Gambar 16. Gejala infeksi *Cassava Brown streak virus* (CVBSV) A,B. Gejala bercak klorosis pada daun (Sumber:www.plantvillage.com) C, D.Gejala ubi berlekuk-lekuk dan nekrosis pada daging ubi (Sumber: www.rtb.cgiar.org).

dibedakan tiga isolat CBSV. Isolat tersebut berbeda satu dengan lainnya pada urutan hingga 8% pada level nukleotida dan 6% pada level asam aminonya. Tetapi yang lebih penting adalah menunjukkan gejala yang sangat berbeda pada *N. benthamiana*. Isolat tipe A yang diisolasi dari varietas Kibaha tidak menunjukkan gejala pada *N. benthamiana*. Tipe C yang berasal dari varietas Mukukumkuku menghasilkan gejala luka lokal yang jelas pada *N. benthamiana* dan *N. tabacum* SR-1 (Monger *et al.* 2001). Adanya perbedaan reaksi infeksi CBSV pada tanaman inang sekunder (*N. benthamiana*) sebelumnya telah dilaporkan oleh Bock (1994). Pada saat itu diduga kemungkinan berkaitan adanya infeksi lebih dari satu virus terlibat atau isolat virus yang berbeda dari virus yang sama.

Kultivar ubi kayu yang berbeda dilaporkan memberikan gejala infeksi CBSV yang berbeda (Hillock *et al.* 1996). Perbedaan tersebut tidak sepenuhnya akibat kultivar ubi kayu yang berbeda, tetapi juga tergantung pada isolat CBSV yang menginfeksi

Analisis genome RNA secara komplit enam isolat CBSV yang dikumpulkan dari sentra produksi ubi kayu di Afrika Timur (Kenya, Tanzania, Mozambique, Uganda, dan Malawi) menunjukkan struktur genom yang umum, tetapi isolat-isolat tersebut secara jelas terbagi menjadi dua kluster. Kluster I (isolat Kenya, Uganda, Malawi, Tanzania north-west) mempunyai 87–95% urutan nukleotida identik, sementara kluster II (isolat Mozambique dan Tanzania) hanya mempunyai 70% *sequence* nukleotida yang identik (Winter *et al.* 2010). Perbedaan baik sifat biologi dan genom dan *sequence* protein menunjukkan bahwa penyakit CBSD di Afrika Timur disebabkan oleh paling tidak dua spesies virus yang berbeda. Clade I adalah CBSV, sedangkan Clade II diklasifikasikan sebagai CBS Mozambique virus. Kedua spesies virus tersebut termasuk dalam genus *Ipomovirus*, family *Potyviridae*, dan ditularkan oleh *Bemisia tabaci* (Maruthi *et al.* 2005).

Menurut Mohammed *et al.* (2012), berdasarkan sejumlah pengamatan, termasuk keparahan gejala pada daun dan umbi, serta penularan virus lewat grafting maka enam isolat CBSV yang menyerang ubi kayu di Kenya, Mozambique, Tanzania dan Uganda diklasifikasikan menjadi isolat parah atau relatif ringan. Hasil ini dikonfirmasi dengan hasil penularan secara mekanis isolat tersebut pada 13 tanaman inang, dimana strain virulen mengakibatkan kematian pada tanaman *Nicotiana clevelandii* dan *N. benthamiana*, sementara strain yang agak ringan tidak mengakibatkan kematian. Analisis filogenetik *sequence* gen mantel protein lengkap dari isolat-isolat tersebut, ditambah 14 contoh virus dari Kenya

dan Zanzibar, mengelompokkan mereka menjadi dua kluster yang berbeda yang merupakan representasi dua species CBSV.

c. Daerah penyebaran

CBSD pertama kali dilaporkan di Tanzania pada tahun 1930-an (Storey 1936 *cit.* Khizzah *et al.* 2011). Hillocks *et al.* (1999) melaporkan bahwa CBSD sudah endemik di negara-negara penghasil ubi kayu di sepanjang pantai timur Afrika (Kenya, Tanzania, dan Mozambik). Pada tahun 2003, tanaman ubi kayu dengan gejala mirip CBSD telah dilaporkan di Kongo (Mahungu *et al.* 2003). Keberadaan CBSD di Uganda pertama kali dilaporkan pada tahun 1934, yang berasal dari bahan stek yang didatangkan dari Tanzania (Jameson 1964). Tapi kemudian melalui program eradikasi dengan menghancurkan tanaman yang terserang, penyakit tersebut ditekan hingga tahun 2004 dan muncul kembali di Uganda tengah dengan kejadian penyakit pada varietas lokal 16,7–100% (rata-rata 60%), dan pada varietas tahan 0–65% (rata-rata 20%) (Alicai *et al.* 2007). Keberadaan kembali CBSV di Uganda tersebut didasarkan atas hasil analisis contoh daun menggunakan RT-PCR dengan primer gene mantel protein CBSV. *Sequence* analisis menunjukkan bahwa isolat yang diteliti mempunyai 77% hingga 82,9% nukleotida dan 43,9–56,8% asam amino identik dengan CBSV. Ini merupakan bukti munculnya CBSD di Uganda setelah tahun 1930-an diintroduksi melalui bahan tanam dari Tanzania, dan telah dilakukan program eradikasi.

Menurut Khizzah *et al.* (2011), berdasarkan hasil survey di lima distrik menunjukkan bahwa CBSD tersebar luas di Uganda, namun kejadian penyakit di petani masih rendah berkisar 0–8%. Tingkat serangan tersebut boleh jadi lebih tinggi, karena pada kondisi lingkungan tertentu, infeksi virus bersifat laten. Tingkat keparahan gejala pada varietas MH96/296 dan TME 14 masing-masing 4 dan 3 (berdasar skor 1–5). CBSV strain Uganda juga dilaporkan telah menyerang pertanaman ubi kayu di Burundi (Bigirimana *et al.* 2011).

d. Arti penting

Sejak awal penelitian telah diketahui bahwa pengaruh infeksi CBSV yang secara ekonomi nyata merugikan adalah adanya nekrosis pada umbi, namun juga diamati bahwa hubungan antara gejala pada daun dan gejala kerusakan umbi tidak jelas, karena pada beberapa varietas tertentu gejala pada daun jelas, namun tidak ada gejala pada umbi, sementara beberapa varietas lain tidak menunjukkan gejala jelas pada daun, tapi menunjukkan gejala nekrosis pada umbi. Hasil penelitian

di Tanzania menunjukkan bahwa sebagian besar (90%) tanaman dari varietas yang peka yang tumbuh dari bibit yang diambil dari batang sakit menunjukkan gejala pada daun, dan lebih kurang 12,59% menunjukkan gejala pada umbi pada saat panen (Hillock *et al.* 2001). Juga diketahui bahwa pada varietas yang peka dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 70% hasil umbi karena terjadinya kematian tanaman (die-back).

Kerugian ini menjadi berlipat akibat pengaruh nekrosis terhadap kualitas umbi sehingga tidak laku dijual. Menurut McSween (2006 *cit.* Mohammed *et al.* 2012), infeksi sedang CBSV (10–30% kerusakan pada permukaan ubi) akan menurunkan harga umbi secara drastis hingga US \$5/ton, dibanding \$55/ton untuk umbi yang sehat. Pada varietas ubi kayu lokal yang peka, kerusakan umbi umumnya mulai terjadi sejak umur 6 bulan, sehingga mendorong petani untuk memanen lebih muda guna menghindari kerugian yang lebih besar (Hillock *et al.* 2001). Sebaliknya pada varietas Nanchinyaya di Tanzania bagian selatan yang toleran, nekrosis sedang pada umbi terjadi pada umur lebih dari 12 bulan, sehingga praktis tidak menimbulkan kerugian apabila dipanen pada umur panen optimal.

IITA (2005) memperkirakan infeksi CBSD setiap tahun dapat mengakibatkan kerugian pada petani ubi kayu di Afrika hingga US\$100 juta. Namun menurut Alicai *et al.* (2007) kerugian tersebut bahkan lebih besar karena penyakit tersebut terus berkembang ke daerah-daerah lainnya. Pada saat serkarang, CBSD merupakan penyakit virus yang paling penting, menyebabkan ketidak cukupan pangan di Afrika bagian timur.

e. Bioekologi

Sejak awal CBSV diduga ditularkan oleh *B. tabaci*, namun belum dapat dibuktikan, dan penularan yang telah dibuktikan melalui percobaan adalah penyambungan (*grafting*) (Lister 1956). Gejala sangat beragam tergantung varietas dan kondisi lingkungan, sehingga menyulitkan dalam mendiagnosa, terutama apabila tanaman terinfeksi ganda oleh CBSV dan ACMV. Baru pada tahun 2009, setelah melakukan survey di sentra produksi ubi kayu di Kenya untuk menentukan distribusi dan kejadian CBSD dengan populasi *B. tabaci*, hasilnya menunjukkan bahwa populasi *B. tabaci* yang tinggi di Kenya Barat secara nyata berkorelasi positif dengan kejadian CBSD. Hasil tersebut menunjukkan adanya kontribusi kutu kebul yang nyata terhadap penyebaran CBSD. Pendapat tersebut juga didukung oleh hasil penelitian di rumah kaca yang menunjukkan efisiensi penularan virus oleh *B. tabaci* sebesar 27,8% (setelah *acquisistion feeding* periode

selama 48 jam pada tanaman sakit). Ini merupakan bukti bahwa *B. tabaci* merupakan vektor CBSV (Mware *et al.* 2009).

Selain oleh vektor, CBSV pada varietas yang rentan dapat ditularkan melalui alat pemotong dengan efisiensi 22%. Pada varietas Mreteta efisiensi penularan dengan inokulasi secara mekanik sebesar 54%. Grafting antara batang atas yang bebas CBSV dengan batang bawah yang terinfeksi CBSV, dapat menularkan virus dengan efisiensi penularan mencapai 100% (pada varietas Albert). Masa inkubasi hingga munculnya gejala adalah empat minggu setelah diinokulasi (Rwegasira 2009). Menurut Wagaba *et al.* (2013), penyambungan tunas axillary dari tanaman yang terinfeksi dan bergejala CBSD pada tanaman ubi kayu berumur 5–6 minggu menghasilkan 70–100% tanaman yang diinokulasi terinfeksi. Gejala daun dan batang dapat diamati 2–6 minggu setelah penyambungan. Gejala khas tanaman berupa luka nekrotik pada umbi dapat diamati 12–14 minggu setelah penyambungan. Disimpulkan penyambungan tunas merupakan perbaikan dari cara penyambungan top grafting dan side grafting. Cara ini dapat digunakan untuk skrining ketahanan plasmanutfah ubi kayu terhadap CBSV dan penelitian patogenisitas. Keunggulan cara ini antara lain: Tanaman dapat diinokulasi pada umur muda dan relatif seragam, dapat dilakukan pada rumah kaca yang berukuran kecil, dapat dilakukan penyambungan secara tunggal; ataupun ganda, gejala muncul cepat.

Menurut Ogowok *et al.* (2010), beberapa faktor yang berpengaruh pada efisiensi penularan CBSV secara mekanis ke tanaman *Nicotiana bethamiana* dan *N. debneyi* antara lain komposisi anti oksidan dalam larutan buffer fosfat pH 7,0, konsentrasi virus dalam inokulum, umur tanaman, dan suhu. Pada suhu yang lebih tinggi (30 °C) akan mendorong munculnya gejala dibanding suhu rendah (21 °C).

Di Tanzania, selain pada tanaman ubi kayu, CBSV juga dideteksi pada tanaman *Manihot glaziovii*. Tanaman *M. glaziovii* diduga merupakan sumber virus di lapangan selain ubi kayu (Mbanzbizwa *et al.* 2011a).

f. Komponen pengendalian

Menurut Kumakech *et al.* (2013), epidemi CBSD sangat mempengaruhi kehidupan petani di Uganda Utara. Kurangnya pengetahuan tentang penyakit CBSD dan pengendaliannya mempunyai kontribusi besar pada penyebaran yang cepat CBSD di daerah tersebut. Disimpulkan bahwa meningkatkan dan

memperbaiki pengetahuan merupakan komponen penting dalam penerapan pengendalian terpadu. Untuk mengurangi penyebaran dan dampak CBSD, pendekatan multidisiplin sangat diperlukan. Di samping itu dapat dilakukan melalui penggunaan varietas toleran dan mendidik dan melatih petani dan pemangku (stakeholder) lainnya.

1) Varietas tahan/toleran

Penanaman varietas yang tahan atau toleran merupakan cara yang paling efektif untuk mengendalikan CBSD. Usaha untuk mendapatkan varietas yang tahan sudah dilakukan sejak tahun 1930-an, namun belum ada yang mempunyai tingkat ketahanan yang cukup tinggi terhadap infeksi CBSV. Dua varietas ubi kayu asal Brazil yaitu *Aipin Valenca* dan *Maxaceira* agak tahan terhadap CBSV. Di Kenya, mengikuti keberhasilan persilangan inter-spesifik menggunakan *M. glaziovii* untuk menghasilkan varietas ubi kayu yang tahan terhadap *African Cassava mosaic virus* (ACMV), sejak tahun 1950 telah dilakukan persilangan intra-spesifik menggunakan *M. melanobasis* Muell., dan setelah berpuluh tahun menghasilkan varietas yang mempunyai ketahanan yang cukup baik terhadap ACMV dan CBSV antara lain klon 5543/156 dan 4601/27 (Kaleso).

Di Tanzania Selatan dan Mozambique, upaya pengendalian lebih ditujukan pada identifikasi varietas lokal yang toleran, seperti Nanchinyaya (di Tanzania), dan varietas Muendowaloya, Mulaleia, dan Nikwaha (di Mozambique). Introduksi varietas toleran tersebut cukup berhasil mengendalikan CBSV di kedua negara tersebut. Di Uganda, varietas ubi kayu yang toleran terhadap CBSD antara lain: Nase-3 dan MH96/2961; yang rentan: TME 204, TME 14.

2) Bibit yang sehat

Menggunakan bahan tanam (bibit) yang sehat, bebas infeksi CBSV merupakan cara strategis mengendalikan CBSV. Namun cara sanitasi tanaman tersebut mempunyai dua kelemahan yaitu: memerlukan pendidikan dan pelatihan petugas dan petani dalam jumlah yang besar, dan kesulitan bagi petugas ataupun petani dalam mengidentifikasi tanaman bebas CBSV yang akan digunakan sebagai bahan tanam. Ketidaktahuan petani dan petugas lapang yang terlibat dalam perbanyakan dan pendistribusian bibit ubi kayu tentang CBSD mendorong penyebaran dan

perkembangan penyakit di lapang. Beberapa petani menganggap rusaknya umbi ubi kayu berkaitan dengan hujan deras dan banjir.

Mengingat bahwa penggunaan bibit sakit merupakan cara penyebaran CBSD yang dominan, serta deteksi tanaman terinfeksi hanya berdasar pengamatan gejala kurang dapat dipercaya, maka pengamatan gejala harus dikombinasikan dengan cara indeksi virus (RT-PCR) (Ntawuruhunga dan Legg 2007). Menurut Wasswa *et al.* (2010), teknik in-vitro dapat secara nyata membantu eliminasi CBSV, jadi dapat membantu pengelolaan CBSD melalui diseminasi dan konservasi varietas ubi kayu yang populer, namun bersifat rentan terhadap CBSV. Eliminasi paling tinggi yaitu 40% dengan 49 plantlet tetap hidup dapat diperoleh pada pemanasan 36 °C selama 8 jam gelap dan 40 °C selama 16 jam dengan penyinaran.

3) Karantina

Untuk mencegah penyebaran CBSD lewat bahan tanam, maka penyebaran bahan tanam berupa stek batang dibatasi melalui karantina. Pertukaran plasmanutraf hanya dilakukan melalui bahan kultur jaringan yang telah dideteksi bebas infeksi CBSV.

Penerapan peraturan karantina secara ketat diperlukan untuk mencegah penyebaran bahan tanam (bibit) yang terinfeksi CBSV dari satu daerah ke daerah lainnya dalam satu Negara ataupun penyebaran antar Negara. Pertukaran plasmanutraf ubi kayu dilakukan dalam bentuk kultur jaringan yang telah lulus diperiksa oleh laboratorium yang mampu mendeteksi keberadaan CBSV dalam bahan kultur jaringan tersebut (Legg dan Thresh 2009). CBSD telah diketahui ada di negara-negara sepanjang dataran rendah pantai lautan Hindia dan beberapa daerah di Malawi Afrika Timur untuk beberapa puluh tahun.

CBSD yang diketahui disebabkan oleh *Cassava Brown streak virus* (CBSV), baru-baru ini diketahui telah mengalami perkembangan. Di Uganda dideskripsi *Ugandan Cassava Brown streak virus* (UCBSV). Analisis genom CBSV dan UCBSV menunjukkan bahwa tingkat kesamaan nukleotida dan urutan asam amino kedua virus tersebut masing-masing adalah 69,0–70,3% dan 73,6–74,4%. UCBSV dan CBSV mempunyai evolusi yang agak berbeda, dimana UCBSV lebih tersebar pada dataran tinggi di Afrika Timur (>100m dpl), sedangkan CBSV pada saat lalu tidak pernah menimbulkan masalah (Mbanzibwa *et al.* 2011b).

7. Cassava Frogskin Disease

Penyakit kulit katak ubi kayu (*Frogskin diseases*) dilaporkan di Kolumbia pada tahun 1971, dicirikan oleh adanya pertumbuhan umbi yang kecil, tidak berkembang seperti halnya pada tanaman sehat. Penyakit kulit katak merupakan penyakit penting dan menimbulkan kerusakan pada umbi tanaman ubi kayu di Amerika Latin. Di daerah Amazone, Brasil, *Cassava frog skin disease* (CFSD) disebut dengan jacare (*caymen*), karena adanya lekukan yang berbeda pada umbi tanaman yang terinfeksi. Petani setempat percaya bahwa gejala CFSD akibat gangguan fisiologis yang terutama terdapat pada varietas lokal tertentu yang dinamakan jacare. Oleh karena itu meskipun penyakit tersebut diduga sudah sejak lama menginfeksi tanaman ubi kayu di pedalaman Amazone, baru sekitar tahun 1971 diperkirakan sebagai penyakit dan menyebabkan kerugian yang dinamakan *Frog skin disease* (Hernandez 1975 *cit.* Calvert dan Thresh 2002).

a. Gejala penyakit

Gejala infeksi CFSD beragam dipengaruhi oleh genotipe dan lingkungan tumbuh terutama suhu. Pada beberapa kultivar, infeksi CFSD mengakibatkan gejala pada daun berupa mosaik, klorosis, dan daun berkerut pada bagian tepi daun, tanaman tumbuh kerdil. Tetapi gejala pada daun tersebut di lapangan sulit diamati dan dapat dikacaukan dengan gejala kerusakan oleh tungau, thrips, defisiensi hara mikro, atau toksisitas akibat herbisida, atau gejala menjadi tersamar akibat suhu di lapangan yang tinggi. Suhu yang tinggi dan kondisi lapangan yang kering seringkali menekan ekspresi gejala, sedangkan kondisi sejuk cenderung cocok untuk perkembangan gejala (Martinez dan Pinto 2001). Pada sebagian besar varietas lainnya, gejala pada daun tidak nampak. Tanaman tampak tumbuh normal, segar, hanya batang di bagian bawah dekat permukaan tanah agak membesar. Oleh karena itu seringkali gejala infeksi CFSD hanya dapat diamati di umbi pada saat panen.

Gejala karakteristik CSFD pada umbi adalah adanya penebalan kulit umbi, seperti bergabus, rapuh dan opa. Pada kulit umbi juga terdapat celah seperti bibir, yang apabila saling berhubungan membentuk gambaran seperti jaring atau sarang lebah (Gambar 17). Pada tingkat lebih lanjut, sklerensim dan parenchim menjadi berwarna coklat. Pada banyak kasus, umbi menjadi sangat tipis, tidak terjadi akumulasi tepung dan pangkal batangnya sangat tebal (Alvarrez *et al.*



Gambar 17. Gejala CFSD pada umbi ubi kayu (Sumber: www.pb.ethz.ch)

2009). Umbi dari tanaman yang terinfeksi berat oleh CFSD menjadi kecil-kecil sehingga tidak dapat dikonsumsi.

b. Patogen penyebab

Agensia penyebab utama penyakit CFSD pada ubi kayu hingga saat ini masih belum dapat dipastikan. Martinez dan Pinto (2001) yang melaporkan untuk pertama kalinya CFSD di Venezuela menunjukkan bahwa CFSD dapat dideteksi dengan adanya gejala pada tanaman indikator *Secundina* yang disambungkan pada batang bawah ubi kayu, dan ditemukan zarah virus berbentuk isometrik dengan diameter 70–80 nm yang mirip dengan Reoviridae. Adanya gejala hyperplasia pada jaringan kortek umbi serupa dengan gejala tumor pada tanaman yang terinfeksi Reovirus. Peneliti di CIAT, Kolumbia Calvert *et al.* (2008) berdasar hasil analisis dsRNA, sequencing genom, RT-PCR dan hibridisasi melaporkan bahwa zarah virus dengan diameter 70 dan 45 nm ditemukan pada tanaman yang menunjukkan gejala CFSD. Zarah virus serupa juga ditemukan dari hasil pemurnian virus. Teridentifikasi tiga strain virus yang berasosiasi dengan tanaman ubi kayu yang terinfeksi dengan CFSD.

Alvarez *et al.* (2009) melaporkan bahwa di Kolumbia dengan menggunakan analisis polymerase chain reaction (PCR) langsung atau tersarang menggunakan primer ribosomal RNA, dibuktikan bahwa CSFD berasosiasi dengan fitoplasma yang diidentifikasi sebagai kelompok 16SrIII. Namun analisis lebih lanjut menggunakan *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) dan analisis *sequence* dari rDNA yang diamplifikasi, dan hasilnya digabungkan dengan PCR meng-

gunakan primer 16 SrIII-spesifik rRNA atau protein ribosoma (pr). Analisis RFLP menunjukkan bahwa strain CFSD berbeda dengan semua fitoplasma yang telah dideskripsikan lebih awal pada kelompok 16SrIII. Berdasar hasil tersebut strain fitoplasma ditetapkan berturut-turut sebagai ribosomal dan ribosomal protein baru sub kelompok 16SrIII-L dan rpIII-H. Meskipun postulat Koch belum sepenuhnya dapat dipenuhi pada fitoplasma yang belum dapat dikulturkan, tetapi adanya asosiasi fitoplasma dengan sebagian besar gejala CFSD pada tanaman ubi kayu, dapat disimpulkan bahwa fitoplasma tersebut sebagai agensia penyebab CFSD. Banyak contoh bahwa beberapa penyakit yang awalnya dilaporkan disebabkan oleh virus, ternyata diketahui akibat infeksi fitoplasma.

c. Daerah penyebaran

Asal CFSD diduga kuat berasal dari daerah Amazon dari Columbia, Peru atau Brazilia. Pada sekitar 1980-an, CFSD merupakan penyakit penting pada sebagian besar sentra produksi ubi kayu di Columbia. Martinez *et al.* (2001) melaporkan adanya CFSD yang menyerang tanaman ubi kayu di Venezuela. CFSD juga dilaporkan terdapat di negara-negara Amerika Selatan lainnya termasuk Brazilia, Venezuela, Peru, Costa Rica dan Panama. Masuknya CFSD ke Panama diduga berasal dari stek yang didatangkan dari Costa Rica. Di Brazilia, penyebaran melalui stek mengakibatkan menyebarnya CFSD dari daerah Amazon ke daerah Timur Laut Brazilia. CFSD juga ditemukan di daerah Amazon wilayah Peru (Calvert dan Thresh 2002).

d. Arti penting

Tanaman yang terinfeksi berat oleh CFSD menghasilkan ubi yang kurus, sehingga tidak layak jual bahkan untuk dikonsumsi (Alvarez *et al.* 2009). Di Kolumbia, Brazilia, Venezuela, Peru, Costa Rica dan Panama, pada beberapa tahun terakhir, serangan CFSD meningkat. Di Kolumbia kejadian penyakit (*disease incidence*) CFSD di sentra produksi ubi kayu di Valle del Cauca, Cauca, Meta, dan pantai utara mencapai 90% (Calvert *et al.* 2004).

e. Bioekologi

Di lapangan serangga penular CFSD belum diketahui dengan baik. Beberapa peneliti melaporkan bahwa CFSD dapat ditularkan oleh *Bemisia tuberculata*, meskipun efisiensi penularannya rendah. Di laboratorium, CFSD dapat ditularkan melalui penyambungan (*grafting*). Cara penyambungan dengan batang atas

(scion) ubi kayu yang diuji ke tanaman ubi kayu varietas Secundina sehat dapat digunakan untuk mendeteksi batang tanaman ubi kayu yang terinfeksi CFSD. Tanaman sambungan dipelihara di dalam rumah kaca dengan suhu di bawah 30 °C, yang merupakan kondisi yang optimum untuk perkembangan gejala. Di samping itu, tunas-tunas yang tumbuh pada batang bawah sebaiknya dihilangkan. Tanaman dideteksi sebagai sakit apabila pada tanama Secundina muncul tunas dan daun dengan gejala.

f. Komponen pengendalian

Di lapangan penyebaran CFSD oleh vektor terjadi sangat lambat, meskipun terus berkembang. Penyebaran CFSD sebagian besar terjadi melalui penggunaan bahan tanam (bibit) yang berasal dari tanaman sakit. Adanya pertumbuhan tanaman yang tegar, tanpa gejala pada batang maupun daun (*symptomless*) dan batang bagian bawah agak membesar justru banyak mendorong petani untuk memanfaatkan tanaman tersebut sebagai bahan perbanyak stek. Penyebaran antar daerah dan negara diketahui terjadi melalui bibit (stek) yang terinfeksi CFSD.

Pengendalian CFSD dapat dilakukan melalui penggunaan bibit yang betul-betul sehat. Seleksi tanaman untuk bibit dapat dilakukan secara sederhana dengan mengamati secara seksama gejala yang mungkin terlihat pada daun dan mengamati umbi tanaman yang dipanen. Apabila batang dan perkembangan umbi terlihat normal, maka dapat digunakan sebagai bibit. Apabila diperlukan, batang tanaman yang akan digunakan sebagai bibit dapat disambungkan ke tanaman indikator var. Secundina. Bibit sehat bersertifikat telah dilakukan di beberapa negara untuk mengendalikan penyakit CFSD.

8. Penyakit *Witches' Broom* (Sapu Setan)

Fitoplasma atau secara umum dikenal dengan mycoplasma-like organism (MLO) termasuk dalam kelas Mollicutes. Yang membedakan mikroorganisme ini dengan bakteri adalah belum adanya dinding sel, tapi hanya terdiri atas lapisan membran sehingga sel mempunyai bentuk yang bermacam-macam (pleomorfisme). Selain itu berbeda dengan bakteri yang rentan terhadap antibiotik penicillin, MLO bersifat tahan terhadap antibiotik tersebut, tapi rentan terhadap tetrasiklin. MLO pertama kali ditemukan oleh Doi *et al.* (1967) pada tanaman yang terinfeksi yellow diseases (penyakit dengan gejala daun menguning). Sejak itu banyak penyakit yang sebelumnya dianggap disebabkan oleh virus (meskipun

zarah virus belum dapat ditemukan, tapi dapat ditularkan lewat penyambungan), ternyata disebabkan oleh MLO.

a. Gejala penyakit

Gejala khas penyakit sapu setan antara lain adalah tanaman tumbuh kerdil (*dwarf*), ruas batang memendek, pada ujung tanaman tumbuh tunas-tunas yang banyak menyerupai sapu (*proliferation*), tumbuh daun berukuran kecil sepanjang batang tanaman, daun menunjukkan gejala klorosis, mengalami perubahan bentuk (Gambar 18). Hasil umbi tanaman yang terinfeksi penyakit sapu setan berukuran kecil dan mempunyai kualitas yang lebih rendah dibanding umbi tanaman sehat.

b. Patogen penyebab

Di Brazilia, analisis molekuler menunjukkan bahwa fitoplasma penyebab penyakit sapu setan pada ubi kayu berafiliasi dengan kelompok 16 SrIII (kelompok X-disease). Dan berdasar pola RFLP dan kalkulasi coefisien persamaannya, fitoplasma tersebut diklasifikasikan sebagai anggota dari kelompok 16 SrIII, sub kelompok B (16 SrIII-B) (Flores *et al.* 2013).

Menurut Alvares *et al.* (2013; 2014), berdasarkan hasil analisis menggunakan RFLP dari sampel ubi kayu yang berasal dari Vietnam dan Cambodia dibandingkan dengan sampel fitoplasma lain, diketahui bahwa fitoplasma tersebut berhubungan



Gambar 18. Gejala penyakit sapu setan (*witches' broom*) pada ubi kayu. Tumbuh tunas di sepanjang batang, terjadi proliferasi pada ujung tanaman, Ruas batang memendek
(Sumber: ciat.blog.cgiar.org/support/cassava-witchesbroom)

dengan kelompok fitoplasma *Aster yellow* (SrI). Analisis sequencing menunjukkan bahwa fitoplasma Cambodia tersebut mempunyai kesamaan 99–100% dengan *Candidatus phytoplasma Asteris* (16SrI).

c. Daerah penyebaran

Penyakit sapu setan sudah diketahui menyerang tanaman ubi kayu di Amerika Selatan dan Amerika Tengah antara lain di Brazilia, Kuba, dan di Afrika yaitu di Uganda (Arocha *et al.* 2009; Flores *et al.* 2013). Davis *et al.* (2006) melaporkan adanya infeksi fitoplasma pada tanaman ubi kayu di pulau Futuna, kepulauan Polynesia. Di Asia Tenggara, penyakit sapu setan pada ubi kayu pertama kali dilaporkan di Thailand pada tahun 2008. Namun pada awal 2014 penyakit tersebut diketahui telah dideteksi di Vietnam, Thailand, Cambodia, Laos, Indonesia dan Filipina (Reichwage 2013; Vi Le 2014).

d. Arti penting

Di Amerika Selatan, penyakit sapu setan menyerang hingga 85% pertanaman ubi kayu di lapangan dan mengakibatkan kerugian hasil hingga 70% (Fukuda *et al.* 1990). Di Asia Tenggara, hingga kini dampak terhadap kehilangan hasil ubi jelas bahwa penyakit ini dapat mengurangi hasil 10–15%, bahkan di Vietnam kehilangan hasil dapat mencapai 80% (Reichwage 2013; Alvarest *et al.* 2013; Smith 2014). Di samping pengurangan hasil, penyakit tersebut juga mengakibatkan penurunan kadar pati sebesar 25–30% (Reichwage 2003). Selain mengurangi hasil dan kualitas hasil, infeksi fitoplasma juga mengakibatkan penurunan jumlah bibit (stek) yang dihasilkan karena tanaman yang terinfeksi fitoplasma menjadi tumbuh kerdil.

e. Bioekologi

Penyebaran penyakit sapu setan terutama terjadi melalui penggunaan bibit tanaman yang disiapkan/diambil dari tanaman sakit. Di laboratorium/rumah kaca, fitoplasma dapat ditularkan dengan cara penyambungan (grafting) batang bawah tanaman ubi kayu dengan tunas tanaman yang terinfeksi dan menggunakan tanaman parasit *Cuscuta* sp. dengan efisiensi penularan hingga 100% (Valencia *et al.* 1993). Selain itu di lapangan penyakit ini diduga ditularkan oleh serangga penular (vector) dari ordo Hemiptera, namun hingga kini belum diketahui dengan pasti (Vi Le *et al.* 2014). Menurut Valencia *et al.* (1993), serangga *Scaphytopius fuliginosus* gagal menularkan fitoplasma tersebut dari ubi kayu ke ubi kayu, ubi

kayu ke *Vinca rosea* atau sebaliknya meskipun telah diekpos dengan serangga tersebut selama tiga bulan.

f. Komponen pengendalian

1) Menanam bibit yang sehat

Infeksi fitoplasma bersifat sistemik, fitoplasma terdistribusi ke seluruh jaringan tanaman (termasuk batang). Stek batang yang diambil dari tanaman sakit telah terinfeksi oleh fitoplasma. Oleh karena itu menanam bibit yang diperoleh dari tanaman sehat adalah sangat dianjurkan.

2) Eradikasi tanaman sakit

Pada daerah dimana penyakit sapu setan diketahui baru masuk, maka tindakan yang paling tepat adalah dengan membakar tanaman yang terinfeksi tersebut. Eradikasi dimaksudkan untuk menghilangkan sumber inokulum di lapangan. Tindakan pencegahan masuknya fitoplasma lewat bahan tanam dilakukan dengan menerapkan prosedur karantina secara ketat sangat diperlukan.

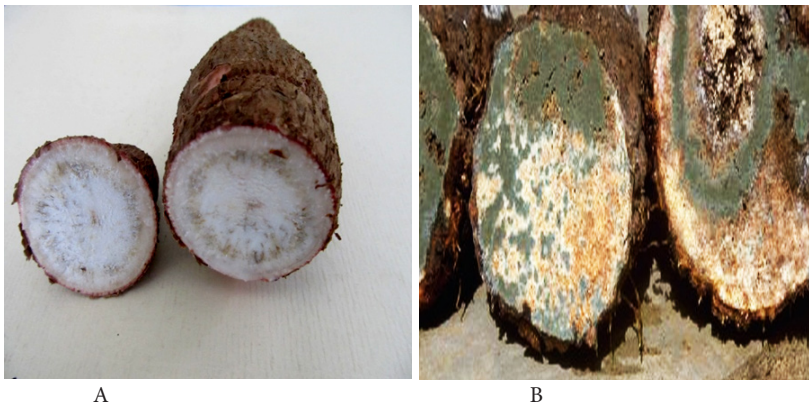
3) Pengendalian serangga penular

Di lapangan penularan fitoplasma dari tanaman sakit ke tanaman sehat di sekitarnya, dan penyebarannya ke lokasi lainnya dilakukan oleh serangga vektor (namun hingga kini jenis serangga yang berfungsi sebagai vektor masih dalam penelitian).

VII. PENYAKIT PASCAPANEN

Umbi sebagai organ hidup tanaman tetap melakukan metabolisme dan respirasi setelah dipanen. Berbeda dengan ubi jalar atau talas, dimana ubi juga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan, umbi ubi kayu hanya berfungsi sebagai penyimpan energi (hasil fotosintesa). Umbi ubi kayu merupakan bahan yang tidak tahan lama disimpan dan mudah rusak (*perishable*). Secara umum umbi tidak dapat disimpan lebih dari 3 x 24 jam setelah dipanen karena umbi telah menjadi poyoh, jaringan pengangkutan berwarna biru yang dikenal dengan *vascular streaking*, yang selanjutnya diikuti oleh perubahan warna jaringan yang menyimpan pati sehingga umbi tidak dapat diterima oleh konsumen (Gambar 19 a).

Dibedakan dua deteriorasi/kemrosotan setelah panen (*post harvest deterioration*) yaitu deteriorasi fisiologi utama (*primary physiological deterioration*) yang menyebabkan perubahan warna internal dan deteriorasi sekunder (*secondary deterioration*) akibat infeksi mikroorganisme (Booth dan Coursey 1974). Deteriorasi fisiologi merupakan proses yang kompleks. Deteriorasi fisiologi seringkali dianggap sebagai respons adanya pelukaan dimana proses penyembuhannya tidak cukup baik. Penelitian lebih mendalam menunjukkan bahwa deteriorasi fisiologi ternyata diikuti dengan peningkatan aktivitas beberapa enzim seperti *phenyl alanine ammonia lyase* dan *polyphenyl oxidase*, *sintesis lignin*,



Gambar 19. A. Gejala deteriorasi fisiologis (poyoh), B. Infeksi patogen pada ubi dalam simpanan.

akumulasi senyawa phenol termasuk *coumarin*, *catechin* dan *flavonoid* (Buschman *et al.* 2000). Untuk mencegah kerusakan akibat deteriorasi fisiologis dapat dilakukan dengan modifikasi genetik yang mempengaruhi sistem metabolisme dan perbaikan cara penyimpanan (Rickard dan Coursey 1981; Balagopalan 2000).

Dalam Bab ini penulisan lebih difokuskan pada jasat mikroorganisme (jamur dan bakteri) yang terlibat dalam deteriorasi sekunder. Menurut Rodriquez (1998), sebetulnya selama proses deteriorasi fisiologi pasca panen (*post harvest physiological deterioration*), umbi menghasilkan/memproduksi metabolit sekunder seperti flavonoid dan coumarin (*scopoletin*, *esculin* dan *esculetin*) yang berfungsi sebagai *phytoalexin* (senyawa dengan berat molekul rendah bersifat anti mikroba) untuk mempertahankan diri terhadap infeksi yang terjadi setelah panen dan selama dalam penyimpanan. Namun pada kondisi yang mendukung perkembangan patogen, peran zat anti mikroba tersebut tidak mampu membendung infeksi patogen.

Adanya sejumlah jenis bakteri dan jamur yang berhasil diisolasi dari ubi yang disimpan dengan berbagai kondisi menunjukkan bahwa kerusakan ubi ubi kayu adalah hal yang kompleks, melibatkan lebih dari satu mikroorganisme (Gambar 19 B). Menurut Majumder (1955 *cit.* FAO 1985) terdapat dua tipe busuk yang berbeda yaitu busuk kering yang terjadi pada keadaan aerob dan disebabkan oleh jamur *Rhizopus* sp. dan busuk basah yang terjadi pada keadaan anaerob, disebabkan oleh *Bacillus* sp. Tapi penelitian yang lebih detail oleh Ekundayo dan Daniel (1973) menunjukkan bahwa busuk basah ubi kayu juga dapat disebabkan oleh kompleks jamur antara lain: *Lasiodiplodia theobromae*, *Aspergillus niger* var. *A. flavus*, *Cylindricarpon candidum* dan *Trichoderma harzianum*. Booth (1977) melalui penelitian yang cermat pada deteriorasi ubi kayu, berhasil mengisolasi dari permukaan ubi beberapa spesies *Phytophthora*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Glomerella*, *Gloeosporium*, *Rhizoctonia*, *Bacillus*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium* dan beberapa bakteri saprofit, tetapi tidak berhasil mengisolasi mikroorganisme yang spesifik dari batas deteriorasi pada daging ubi. Oleh karena itu disimpulkan bahwa pada awal deteriorasi umbi yang dicirikan dengan perubahan warna jaringan pengangkutan tidak secara inheren adalah hasil infeksi patogen dan stadia selanjutnya terutama kerusakan umbi yang lanjut disebabkan oleh sejumlah mikroorganisme saprofit.

Penelitian lebih akhir oleh Noon dan Booth (1977) berhasil mengisolasi sejumlah jamur dan bakteri dari umbi yang rusak berat. Uji patogenisitas isolat-

isolat tersebut dilakukan ke umbi segar yang baru dipanen dan disterilisasi permukaannya. Gejala *vascular streaking* dari umbi nampak selama penyimpanan selama 14 hari (pada suhu 25 °C). Selama 4 hari dari panen, lebih dari 50% umbi memperlihatkan gejala *vascular streaking*. Beberapa isolat terbukti bersifat patogenik ketika diinokulasikan ke umbi sehat antara lain *Botryodiplodia theobromae*, *Aspergillus flavus*, *Trichoderma harzianum* dan *Fusarium solani*. Dalam beberapa kasus umbi yang diinokulasi menunjukkan gejala *vascular streaking*, tapi tidak ada bukti hal tersebut berasosiasi dengan organisme yang diinokulasikan. Organisme yang diinokulasikan tidak dapat diperoleh kembali dari batas perubahan warna, meskipun dapat diperoleh dari tepi daerah yang mengalami nekrosis. Pada kasus lain, pembusukan disebabkan oleh patogen yang diinokulasikan, tetapi tidak terjadi gejala *vascular streaking*. Oleh karena itu disimpulkan bahwa *vascular streaking* adalah proses fisiologis.

Kerusakan dan penurunan kualitas umbi setelah dipanen dan disimpan dalam penyimpanan umumnya berasosiasi dengan infeksi jamur dan bakteri. Adanya kontaminasi mikroorganisme ini ditandai dengan adanya perubahan warna, penurunan kualitas dan nilai jual, dan adanya toksin (*mycotoxin*) yang dihasilkan mikroorganisme tersebut. Terlebih kondisi di daerah tropika (termasuk Indonesia) yang hangat dan lembab merupakan kondisi yang cocok untuk perkembangan jamur sehingga dalam waktu singkat miselia jamur dapat menutupi umbi yang disimpan tersebut.

Selain kondisi ruang penyimpanan yang kurang memadai, salah satu penyebab umbi ubi kayu menjadi cepat rusak oleh infeksi jamur/bakteri adalah kadar air umbi yang tinggi saat dipanen (lebih kurang 60%). Oleh karena itu di beberapa daerah terutama yang menggunakan ubi kayu sebagai makanan pokoknya, petani memproses menjadi beberapa produk dan mengeringkannya dengan sinar matahari sehingga kadar airnya lebih rendah antara lain dalam bentuk gaplek, sawut, dan chip.

Patogen Penyebab

Di Indonesia, penelitian penyakit simpanan pada ubi kayu belum banyak dilakukan. Pusposendjoyo (1980 *cit.* Semangun 1991) melaporkan bahwa dari gaplek yang berwarna hitam dapat diisolasi jamur *Rhizopus*, *Monilia*,

Botryodiplodia, dan *Fusarium*, sedang dari gaplek yang berwarna putih diisolasi jamur *Monilia*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus* dan *Penicillium*.

Di Kameron, Essono *et al.* (2007) berhasil mengisolasi 13 jenis *Aspergillus*. Diantaranya yang paling sering ditemukan adalah *A. flavus* dan *A. clavatus* diikuti *A. fumigatus*, *A. niger*, dan *A. ochraceous*, sementara yang paling jarang adalah *A. versicolor*.

Di Nigeria, Ikediugfu dan Ejale (1980) melaporkan bahwa dari permukaan umbi ubi kayu secara konsisten dapat diisolasi jamur *Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium solani*, *Penicillium javanicum*, *Penicillium* spp., dan *Trichoderma* spp. Di antara jamur tersebut, *B. theobromae* dan *F. solani* yang bersifat patogenik agresif terhadap umbi ubi kayu segar dan mengakibatkan busuk umbi, sementara *A. niger* bersifat agak lemah. Penelitian lebih lanjut oleh Ibrahim dan Shehu (2014) menunjukkan bahwa dari sembilan jenis jamur yang diisolasi dari tanah yang ditanami ubi kayu, yang paling sering ditemukan adalah: *Alternaria* sp., *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *Cylindrocarpon lichenicola*, *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum*, *Mucor biemalis*, *Rhizopus oryzae* dan *Scopulariopsis candida*. *A. niger* paling banyak/sering diperoleh (39,5%) diikuti *F. oxysporum* (18,2%). Paling sedikit adalah *R. oryzae* (2,3%). Uji patogenisitas menunjukkan semua jamur patogenik terhadap umbi, yang paling patogenik adalah *M. hiemalis* diikuti *F. Oxysporum* dan paling lemah adalah *R. oryzae*. Terdapat hubungan antara jamur tanah dan kejadian penyakit busuk umbi setelah dipanen.

Beberapa jamur yang terlibat dengan kerusakan umbi/chip ubi kayu terdapat pada Tabel 6.

Arti Penting

Kontaminasi dan infeksi umbi oleh jamur atau bakteri akan mengakibatkan umbi menjadi rusak dan busuk, kandungan unsur dan nilai gizinya rendah sehingga tidak dapat diterima konsumen. Selain merusak fisik dan nilai gizi, beberapa jamur juga dapat menghasilkan toksin yang berbahaya bagi manusia ataupun hewan yang mengkonsumsi umbi atau produk umbi yang terkontaminasi tersebut (Essono *et al.* 2007), meskipun Gnonlonfin *et al.* (2008) berdasar hasil analisis menggunakan HPLC pada chip ubi kayu yang terinfeksi jamur *A.flavus*, *Fusarium verticillioides*, *Penicillium chrysogenum*, *Phoma sorghina*, *Rhizopus oryzae*, dan *Mucor piriformis* tidak menemukan kontaminasi aflatoksin dan fumonisin B1.

Tabel 6. Beberapa jenis jamur dan bakteri yang menyebabkan kerusakan ubi kayu/chip dalam simpanan

No	Jenis jamur/bakteri	Produk	Negara	Referensi
1	<i>Rhizopus</i> , <i>Monilia</i> , <i>Botryodiplodia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Aspergillus</i> , dan <i>Penicillium</i>	gaplek	Indonesia	Pusposendjoyo 1980
2	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>niger</i> , <i>A. ochraceous</i> , <i>A. versicolor</i>	chip	Kamerun	Essono <i>et al.</i> 2007
3	<i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Penicillium expansum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Aspergillus niger</i>	umbi	Nigeria	Okoi <i>et al.</i> 2014
4	<i>Alternaria</i> sp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>Cylindrocarpon lichenicola</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Mucor biemalis</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> dan <i>Scopulariopsis candida</i>	umbi	Nigeria	Ibrahim and Shehu 2014
5	<i>A. flavus</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Phoma sorghina</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> , <i>Mucor piriformis</i> ,	Chip	Benin	Gnonlonfin <i>et al.</i> 2008

Kondisi ruang simpan terutama suhu diperkirakan berpengaruh terhadap proses sintesis mikotoksin.

Faktor yang Berpengaruh

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap infeksi patogen dan kerusakan umbi dan produknya di dalam penyimpanan antara lain adalah:

Kadar air produk

Menurut Essono *et al.* (2007), infeksi jamur penyakit simpanan pada chip ubi kayu dipengaruhi oleh kadar air umbi/produk. Terdapat korelasi negatif antara kadar air chip dengan lama penyimpanan. Makin tinggi kadar airnya, infeksi jamurnya menjadi semakin berat.

Luka dan kotoran

Adanya luka pada umbi saat dipanen dan kotoran/tanah yang melekat pada umbi akan memudahkan terjadi kontaminasi dan infeksi mikroorganisme pada umbi yang disimpan. Oleh karena itu menyimpan umbi yang utuh dan bersih merupakan cara untuk memperpanjang umur penyimpanan. Hasil penelitian oleh Champa *et al.* (2014) yang menggunakan umbi utuh, tidak ada kerusakan dan bersih dari tanah dan bahan lain berhasil disimpan dalam kotak terbuat dari kayu berukuran 75 x 60 x 60 cm dilapis aluminium foil, dan di antara umbi diberi lapis rumput *Panicum repens* kering tebal 15 cm, pada suhu 35 °C dan RH 96–98% hingga 21 hari, sementara umbi segar yang sama yang disimpan dalam bak plastik (56 x 29,5 x 39,5 cm) hanya dapat disimpan selama 5 hari (pada suhu 32 °C dan RH 71–77%).

Suhu ruang/tempat penyimpanan. Suhu yang ideal untuk menyimpan umbi ubi kayu segar adalah 3 °C atau menyimpan dalam refrigerator. Namun tentunya hal ini kurang pas bagi petani ubi kayu yang lemah ekonominya. Lagi pula cara ini hanya dapat menyimpan umbi dalam jumlah yang kecil. Cara lain dengan menyimpan produk ubi kayu dalam keadaan beku (*frozen*). Cara ini telah digunakan oleh para ekportir/industri pengolahan ubi kayu. Pada kondisi suhu dingin dan beku, infeksi oleh mikroorganisme tidak terjadi.

Lama penyimpanan. Makin lama umbi disimpan berarti makin lama pula terjadi interaksi antara patogen-umbi. Pada kondisi demikian apabila kondisi ruang penyimpanan sesuai untuk perkembangan penyakit, maka akan terjadi infeksi dan intensitas serangan penyakit menjadi lebih tinggi.

Pengendalian

Perbaiki cara penyimpanan. Di Nigeria, penyimpanan umbi ubi kayu dengan serbuk gergaji lembab dalam kotak yang tertutup dapat menghindarkan dari infeksi jamur atau bakteri dan dapat disimpan dengan baik hingga tiga minggu. Serbuk gergaji lembab berfungsi sebagai tanah sehingga tumbuh akar sekunder. Gas dan panas yang terjadi pada kotak tertutup berefek sebagai curing pada umbi yang disimpan (Udoudoh 2011).

Fungisida. Beberapa jamur diketahui berada pada permukaan umbi ubi kayu yang baru dipanen. Oleh karena itu sterilisasi permukaan dengan menggunakan kalsium hipoklorida atau Klorok dan menyimpan pada kantong polyethilen dapat memperpanjang umur simpan umbi (Ikediugwu dan Ejale 1980). Di lembaga

penelitian *Internasional Center for Tropical Agriculture* (CIAT), Kolumbia telah dikembangkan teknologi penyimpanan ubi kayu dalam kantong polyethilen di-kombinasikan dengan penggunaan fungisida thiabendazol. Teknologi tersebut mampu memperpanjang umur simpan dari 1–2 hari menjadi 2–3 minggu (Wheatley 1989). Namun bagi petani ubi kayu, harga kantong polyethilen dan fungisida dirasa terlalu mahal.

Pengendalian biologis. Beberapa jamur antagonis diketahui dapat menekan kerusakan umbi setelah panen dan disimpan dalam ruang penyimpanan. Ubalua dan Oti (2007) menyimpulkan bahwa *Trichoderma viridae* mampu menekan perkecambahan spora jamur *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus flavus*, *Botryodiplodia theobromae* dan *Fusarium solani*. Inokulasi suspensi *T. viridae* dengan konsentrasi 20.000 spora/ml efektif menekan busuk umbi oleh jamur *B. theobromae* dan *R. oryzae* hingga 100% sampai pada penyimpanan tiga minggu, namun terhadap jamur *A. flavus*, dan *Fusarium solani*, jamur antagonis *T. viride* mampu menekan hingga 2–3%, dibanding tanpa perlakuan *T. viride* yang mencapai 35% dan 44% (Tabel 7).

Buensanteai dan Athinuwat (2012) juga melaporkan bahwa isolat *Trichoderma virens* TvSUT10 yang diisolasi dari lahan ubi kayu, sangat efektif menghambat

Tabel 7. Persentase kumulatif kejadian busuk selama penyimpanan ubi ubi kayu yang telah diinokulasi dengan *T.viride* dan patogen

Perlakuan	Kejadian ubi busuk (%) pada penyimpanan		
	1 minggu	2 minggu	3 minggu
Tidak diinokulasi (kontrol)	4	12	28
<i>A. theobromae</i>	8	16	20
<i>A. flavus</i>	6	20	44
<i>F. solani</i>	9	15	35
<i>R. oryzae</i>	4	24	30
<i>T. viride</i> (antagonis)	0	0	0
<i>T.viride</i> + <i>B. theobromae</i>	3	0	0
<i>T. viride</i> + <i>A. flavus</i>	1	1	2
<i>T. viride</i> + <i>R. oryzae</i>	2	0	0
<i>T. viride</i> + <i>F. solani</i>	1	1	3

Sumber: Ubalua dan Oti 2007

pertumbuhan miselia *Lasiodiplodia theobromae* 84,12%. Di rumah kaca, aplikasi suspensi miselia strain TvSUT 10 mengurangi tingkat keparahan busuk batang sebesar 53%. Hasil ini menunjukkan bahwa *T. viren* strain TvSUT 10 mempunyai potensi sebagai pengendali biologi pada ubi kayu untuk melawan infeksi *L. theobromae*.

Fungisida nabati. Beberapa ekstrak tanaman diketahui dapat menekan pertumbuhan jamur penyebab kerusakan ubi dalam simpanan. Amadioha dan Markson (2007) melaporkan bahwa ekstrak etanol dan air dari biji *Piper nigrum* memberikan hasil terbaik dalam menekan jamur *Rhizopus oryzae*, diikuti ekstrak biji *Aframomum melegueta*, ekstrak daun *Ageratum conyzoides* dan ekstrak daun *P. nigrum*. Ekstrak tersebut lebih efektif menghambat perkembangan busuk pada umbi yang tidak terluka dibanding umbi luka terutama apabila dilakukan sebelum terjadi infeksi. Okigbo *et al.* (2009b) juga menyimpulkan bahwa ekstrak 10% bawang (*Allium sativum*) efektif menghambat pertumbuhan miselia jamur *Aspergillus niger* (86,9%), *Fusarium oxysporum* (76,4%), *F. solani* (68,2%), dan *Rhizopus stolonifer* (60,0%), namun kurang efektif terhadap jamur *Botryodiplodia theobromae* (15,8%) dan *Macrophomina phaseolina* (6,1%). Ekstrak 10% *Ocimum gratissimum* efektif menekan pertumbuhan miselia *Penicillium oxalicum* (64,5%), agak efektif menekan *F. oxysporum* (58,9%) dan *F. solani* (48,2%), namun kurang efektif terhadap *B. theobromae* (9,6%), dan *Macrophomina phaseolina* (4,5%). Pada penelitian lainnya Okiqbo *et al.* (2009b) juga melaporkan bahwa ekstrak etanol dan air 25–50% daun *Azadiracta indica* (family *Maliacea*) dan ekstrak biji *Aframomum melegueta* (family *Zingiberaceae*), keduanya efektif menekan perkembangan miselia jamur *Aspergillus niger*, *Penicillium oxalicum*, *Botryodiplodia*, dan *Fusarium oxysporum*. Ekstrak daun *A. indica* bersifat lebih fungitoksik dibandingkan ekstrak biji *A. melegueta*. Di Nigeria Markson *et al.* (2011) membuktikan bahwa minyak esensial dari biji *Aframomum melegueta* sangat efektif menghambat pertumbuhan pertumbuhan jamur *Botryodiplodia theobromae*.

Okoi *et al.* (2014) melakukan pengujian ekstrak etanol dari *Zingiber officinale* Rosc. dan *Gongronema latifolium* Benth terhadap jamur *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* dan *Aspergillus niger*. Hasilnya menunjukkan bahwa aktivitas anti jamur meningkat sejalan dengan kenaikan konsentrasi ekstrak tanaman. Pada konsentrasi 100% ekstrak jahe, menunjukkan penghambatan pertumbuhan miselia jamur *Aspergillus niger*

paling tinggi (97,37%), sedangkan pada *G. latifolium* (88,60%). Ekstrak jahe lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur, dan jamur *A. niger* diketahui paling sensitif terhadap kedua ekstrak. Pada jahe diketahui mengandung banyak saponin, cyanogenetic glikosida dan polifenol, sedangkan pada *G. latifolium* banyak mengandung anthraquinon, flavonoid (sedang), alkaloid dan cyanogenetic glikosida. Hal tersebut menunjukkan kedua tanaman potensi sebagai anti jamur.

VIII. PENGELOLAAN PENYAKIT TANAMAN TERPADU

Komponen Pengelolaan Penyakit Tanaman Terpadu (PPTT)

Penyakit tanaman ubi kayu terbukti telah banyak menimbulkan kerugian hasil yang sangat besar. Penyakit busuk umbi yang berasosiasi dengan jamur tanah *Botryodiplodia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Sclerotium* banyak menimbulkan kerugian di banyak negara penghasil ubi kayu di Amerika Latin, Afrika dan Asia (Ekundoyo dan Daniel 1973; Montiel dan Isla 2000; Guo *et al.* 2012). Demikian juga penyakit hawar bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* banyak menimbulkan kerugian hasil yang besar (Lozano 1986; Boher dan Verdier 1994; Wall 2000). Di beberapa negara di Afrika seperti Nigeria, Uganda dimana ubi kayu merupakan makanan pokok bagi sebagian besar penduduknya, serangan penyakit mosaik oleh ACMV dan penyakit CBSV mengakibatkan kerusakan yang sangat besar sehingga terjadi kerawanan pangan (Fargette *et al.* 1987; Thresh *et al.* 1997; Khizzah *et al.* 2011). Oleh karena itu penyakit tanaman ubi kayu perlu dikelola dan dikendalikan dengan baik agar tidak sampai menimbulkan kerugian.

Di Indonesia, konsep pengelolaan jasad pengganggu tanaman telah berkembang lebih dulu pada hama tanaman (terutama padi). Menurut Untung (1993), pada awal perkembangannya pengendalian hama didasarkan atas konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) atau *Integrated Pest Control* (IPC) yang memadukan dua komponen pengendalian yaitu pengendalian dengan pestisida dan pengendalian secara hayati dengan mempertimbangkan Ambang Ekonomi (AE) hama bersangkutan. Pada konsep ini, pemakaian pestisida baru dilakukan setelah populasi hama melewati AE. Apabila populasi hama masih di bawah AE, maka diserahkan pada musuh-musuh alami untuk mengendalikannya. Namun dalam perkembangannya dengan makin tumbuhnya kesadaran masyarakat akan bahaya penggunaan pestisida kimia dan pentingnya kelestarian lingkungan, keamanan pangan dan pertanian berkelanjutan maka dikembangkan *Integrated Pest management* atau Pengelolaan Hama Terpadu dengan singkatan yang sama yaitu PHT. Dalam konsep PHT, pengelolaan hama dilakukan dengan memadukan semua cara/komponen pengendalian yang telah diketahui, termasuk pengendalian secara biologis, fisik, mekanik, cara bercocok tanam, hayati, kimiawi dan cara

pengendalian hama lainnya. Secara operasional pengelolaan hama dengan PHT dapat diartikan sebagai pengendalian hama yang memadukan semua teknik/komponen pengendalian hama dalam satu kesatuan sehingga populasi hama dapat tetap berada di bawah Ambang Ekonomi. Melalui Instruksi Presiden No. 3/1986 telah diputuskan bahwa dalam menanggulangi hama dan penyakit tanaman harus menggunakan pendekatan PHT.

Menurut para ahli di Universitas California Amerika, Pengelolaan hama terpadu memfokuskan pada pencegahan jangka panjang dari hama dan kerusakan yang ditimbulkan melalui pengelolaan ekosistem. Dalam PHT, identifikasi hama secara tepat dan monitoring keberadaannya serta mempelajari biologi hama dan faktor lingkungan yang mempengaruhi akan sangat membantu menentukan cara pengelolaan dan waktu yang tepat untuk mengendalikannya.

Sejalan dengan konsep Pengelolaan Hama Terpadu (*integrated pest management*=IPM), pada bidang penyakit tanaman, Pengelolaan penyakit tanaman terpadu (PPTT) (*integrated disease management* = IDM) juga memadukan semua cara pengendalian yang tersedia seperti varietas tahan, pengendalian dengan cara kultur teknis, pengendalian secara fisik, pengendalian biologi dan pengendalian kimiawi dalam satu kesatuan pengelolaan, sehingga populasi patogen tetap pada di bawah ambang kerusakan ekonomi (Khokhar dan Gupta 2014). Dalam penerapannya, PPTT mencakup pemanfaatan informasi dasar tentang potensi kehilangan hasil, biologi, ekologi dan epidemiologi patogen. Prinsip PPTT harus selalu didasarkan pada integrasi konsep pengendalian penyakit seperti penghindaran (*avoidance*), *exclusion*, eradikasi, proteksi/perlindungan (*protection*), dan terapi/pengobatan (*therapy*) (Malaoy 2005; Razdan dan Gupta 2009). Menurut Triharso (1978) sebenarnya dasar-dasar pengelolaan penyakit secara terpadu dan pengendalian penyakit secara hayati telah merupakan bagian integral dari Ilmu Penyakit Tanaman (Fitopathologi) untuk puluhan tahun yang lalu. Sebagian besar penyakit dikendalikan dengan pencegahan, bukan dengan pemberantasan. Hal ini berarti suatu tindakan yang tepat diambil sebelum penyakit tersebut berkembang.

Penghindaran (*avoidance*) meliputi cara-cara untuk menghindari terjadi infeksi patogen, misalnya pengaturan waktu tanam, pemilihan lokasi, penyiapan

bedengan, pengaturan pengairan dan melakukan perawatan tanaman dengan hati-hati untuk mencegah terjadinya luka.

Exclusion dari penyakit tanaman meliputi tindakan-tindakan yang ditujukan untuk mencegah masuknya patogen penyebab penyakit, vektor dan tanaman sakit masuk ke daerah dimana tanaman ubi kayu diusahakan.

Eradikasi meliputi tindakan mengeliminasi, menghancurkan atau menginaktifkan patogen penyebab penyakit setelah berada di suatu daerah termasuk mencabut tanaman sakit, disinfeksi tanah dan peralatan yang digunakan (fumigasi, solarisasi, disinfektan). Tindakan eradikasi juga dimaksudkan untuk mengurangi populasi patogen pada tingkat yang tidak membahayakan. Cara ini termasuk tindakan kultur teknis dengan menghilangkan tanaman/bagian tanaman yang sakit, rotasi tanam, menghilangkan gulma inang alternatif dan pencegahan infestasi serangga vektor.

Proteksi/perlindungan tanaman dilakukan dengan cara penyemprotan pestisida kimiawi, pestisida nabati atau pemanfaatan agens hayati. Menanam di dalam rumah kaca atau halangan fisik seperti kerudung pada baris tanaman juga dimaksudkan untuk melindungi tanaman dari infeksi patogen.

Ketahanan dilakukan dengan menanam varietas tanaman yang tahan. Dibedakan ketahanan vertical (*vertical resistance*) yang menghasilkan tingkat ketahanan yang tinggi (*immune*) terhadap strain patogen tertentu, dan ketahanan horizontal (*Horizontal resistance*) dimana sifat ketahanan tidak terlalu tinggi terhadap banyak strain patogen.

Terapi (therapy) atau pengobatan dilakukan dengan menggunakan bahan kimiawi yang akan mempengaruhi proses fisiologi tanaman sehingga mampu menghambat perkembangan penyakit setelah terjadi infeksi.

Di dalam penerapannya di lapangan, PPTT dilakukan dengan tindakan sistematis dan terencana meliputi:

- Memilih lokasi dan waktu tanam yang tepat dimana populasi patogen/vektor rendah.
- Menggunakan benih/ bibit tanaman yang sehat, bebas infeksi patogen terbawa benih (*seed-borne*) atau tular benih (*seed transmitted*).
- Menggunakan varietas yang tahan/toleran terhadap penyakit.
- Menghilangkan tanaman/sisa tanaman yang terinfeksi yang dapat

berfungsi sebagai sumber inokulum dengan cara dibakar, dikomposkan atau dipendam.

- Rotasi tanaman dengan tanaman yang bukan inang alternatif patogen untuk mencegah atau mengurangi perkembangan penyakit.
- Memelihara tanaman dengan nutrisi yang seimbang, tumbuh sehat sehingga mampu mentolerir serangan patogen.
- Menghindari kerusakan atau luka yang dapat menjadi jalan masuk patogen ke dalam jaringan tanaman.
- Menggunakan jarak tanam yang cukup sehingga sirkulasi udara lancar, kelembaban udara tidak terlalu tinggi dan mencegah permukaan daun menjadi basah dalam waktu yang lama.
- Merencanakan waktu dan lama pengairan sehingga memenuhi kebutuhan tanaman, tanpa air berkelebihan.
- Menyeleksi cara pengendalian secara biologi atau kimiawi yang efektif.

Strategi pengelolaan penyakit ubi kayu

Pemahaman identitas patogen, bioekologi dan pola perkembangan epidemi penyakit diperlukan untuk dapat melaksanakan PPTT dengan baik. Perkembangan epidemi sebagian besar penyakit ubi kayu mengikuti pola majemuk (*compound interest*). Oleh karena itu proporsi tanaman sakit ditentukan ketersediaan sumber inokulum, laju infeksi, dan waktu-/lama terjadinya infeksi (van der Plank 1963)

r^t

$$X_t = X_0 e^{rt}$$

Dimana X_t = proporsi tanaman sakit pada saat t

X_0 = proporsi tanaman sakit awal (sumber inokulum)

e = konstanta 2,7182818...

r = laju infeksi

t = waktu/lama terjadinya infeksi

Berdasar persamaan tersebut, maka strategi pengelolaan penyakit ubi kayu didasarkan pendekatan matematis untuk mengurangi proporsi tanaman sakit pada saat t (X_t) adalah dengan mengurangi X_0 , memperkecil laju infeksi (r), dan

mengurangi lama terjadinya epidemi (t) (Triharso 1994). Meskipun demikian, menurut Abadi (2000) apabila laju infeksi sangat tinggi, pengurangan proporsi tanaman sakit awal (X_0) bersifat menunda epidemi. Oleh karena itu apabila r sangat tinggi, pengurangan X_0 harus sampai tingkat sangat rendah agar berpengaruh nyata terhadap epidemi. Pengurangan r mempunyai pengaruh yang lebih nyata terhadap epidemi dibanding pengurangan X_0 . Pengurangan X_0 akan menjadi nyata apabila juga dibarengi dengan usaha mengurangi r .

Sumber inokulum (X_0) dapat dikurangi dengan melakukan menanam bibit yang sehat, bebas infeksi patogen, perlakuan bibit dalam air hangat, perlakuan dengan fungisida (*seed treatment*), sanitasi lahan, roguing, dan eradikasi tanaman/sisa tanaman sakit dengan dibakar atau dikubur; laju infeksi (r) dapat dikurangi dengan menanam varietas yang mempunyai ketahanan horizontal, rotasi tanam, pengaturan jarak tanam, pemangkasan, pemupukan berimbang dan menggunakan fungisida untuk perlindungan (protektan); waktu terjadinya infeksi (t) dapat dikurangi dengan menanam varietas ubi kayu yang berumur genjah atau mengatur waktu tanam lebih awal; dan untuk mengurangi X_0 , r , dan t dapat dilakukan dengan menanam varietas yang bersifat toleran.

Menurut Khokhar dan Gupta (2014), dengan menerapkan PPTT, akan diperoleh beberapa keuntungan antara lain:

- Memperoleh tanaman yang sehat.
- Mendorong pengelolaan penyakit berdasar biologi yang lumintu
- Mengurangi resiko kerusakan lingkungan
- Mengurangi kontaminasi air tanah dan udara
- Melindungi kepunahan non-target species
- Mengurangi kebutuhan pestisida
- Mengurangi atau mengeliminasi residu pestisida
- Mengurangi resiko
- Mengurangi pekerja, petani dan masyarakat terekpote pestidida
- Meningkatkan efektivitas biaya

PPTT pada Tanaman Ubi Kayu

Pelaksanaan PPTT pada tanaman ubi kayu beragam, sangat tergantung pada informasi dan ketersediaan cara-cara pengendalian yang telah diketahui. Beberapa

penyakit penting yang secara ekonomi mengakibatkan kerugian hasil yang cukup besar seperti antraknose, hawar bakteri, penyakit virus mosaik dan penyakit virus bergaris coklat (*brown streak*) telah mendapatkan perhatian dan penelitian yang lebih besar dibanding penyakit yang secara ekonomi kurang penting, seperti penyakit bercak putih, bakteri bercak menyudud ataupun penyakit virus mosaik biasa, dan penyakit virus belang hijau. Akibatnya informasi yang terkait dengan identitas patogen, ekobiologi, ketahanan varietas, cara pengendalian dengan kultur teknis, fisik, dan kimiawi yang diperlukan guna penerapan PPTT pada penyakit yang secara ekonomis penting juga lebih lengkap dibanding penyakit yang secara ekonomis kurang penting.

Komponen-komponen pengendalian yang telah tersedia untuk masing-masing penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri dan virus telah dibahas pada Bab VI. Dalam sub-bab ini disampaikan beberapa cara/komponen pengendalian dari penyakit bercak daun coklat (*Cercospora henningsii*), antraknose (*Colletotrichum gloeosporoides*), busuk umbi (asosiasi jamur tanah *Botryodiplodia theobromae*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Sclerotium*), penyakit mosaik (*African cassava mosaic virus* =ACMV), dan penyakit virus bergaris coklat (*Cassava brown streak virus*=CBSV) yang dapat dirangkum dalam satu kesatuan pengendalian penyakit secara terpadu (Tabel 8).

Di Indonesia, penelitian penyakit ubi kayu masih sangat terbatas. Beberapa penyakit yang sudah diteliti antara lain: penyakit bercak daun coklat, antraknose, busuk ubi dan hawar bakteri, namun masih terbatas pada identifikasi patogen penyebab, dan skrining varietas/klon ubi kayu yang tahan/toleran terhadap penyakit tersebut. Penelitian bio-ekologi, cara pengendalian dengan kultur teknis, biologis, cara fisik dan kimiawi belum banyak dilakukan.

Di setiap daerah/negara pelaksanaan PPTT untuk masing-masing penyakit tanaman ubi kayu dapat beragam, tergantung ketersediaan komponen teknologi yang tersedia dan dapat dilakukan. Menurut Ngure (2012), memilih bibit dari varietas yang rentan diikuti dengan mencabut tanaman yang sakit (*roguing*) saja tidak efektif mengendalikan CBSD. Tetapi apabila menanam, varietas yang tahan seperti LML1051 dan LML1i19, seleksi secara ketat bibit/stek varietas yang toleran seperti Guzo9 dan Pamba, serta roguing dapat secara nyata berkontribusi terhadap pengelolaan CBSD di tingkat petani.

Tabel 8. Komponen pengendalian untuk PPTT beberapa penyakit ubi kayu

Penyakit	Varietas tahan	Kultur teknis	Pengendalian cara fisik	Pengendalian biologi	Pengendalian nabati/kimiawi
Bercak daun coklat	No. 10060, No.10071, No. 10102	Mengatur Jarak tanam	—	—	Mankozeb, benomil, copper oxychloride
Antraknose	TMS 3001, TMS 30211, TMS 91934	Bibit sehat, rotasi tanam, bero satu musim, tanam akhir musim hujan	Sanitasi, bakar atau pendam sisa tanaman sakit	<i>Gliocladium roseum</i>	Ekstrak <i>Azadirachta indica</i> , <i>Thevetia peruviana</i>
Busuk ubi	IYT 1079, Pyt (OP)1980, 3055(OP)1979, 30572(OP)1984	Bibit sehat, rotasi tanam, bero 6 bulan, perbaikan drainase	Sanitasi lahan, bakar sisa tanaman sakit	Trichoderma, <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Benomil, ekstrak <i>Allium sativum</i> , <i>Landolphia oweriensis</i>
Virus mosaik Afrika	TMS 95/0526, TMS 92/297, TMS 96/1089A, TMS 195/0211, TMS 83/138, TMS 91/377	Bibit sehat, rotasi tanam, pengendalian gulma inang alternatif	Sanitasi, bakar sisa tanaman sakit, roguing	Pestisida utk pengendalian vektor <i>Bemisia tabaci</i>	

Lanjutan Tabel 8. Komponen pengendalian untuk PPTT beberapa penyakit ubi kayu

Hawar bakteri	TMS 30572, TMS 92/0429, TMS 91/02316 CV/TM4	Bibit sehat, rotasi tanam, bero, tanam akhir musim hujan, mengatur jarak tanam, pemangkasan cabang, menghilangkan daun tanaman yang terinfeksi, pengendalian gulma inang alternatif, pemupukan seimbang	Sanitasi lahan, bakar sisa tanaman sakit, disinfeksi alat	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Viru bergaris coklat	Klon 5543/156, klon 4601/27, Nase-3, MH 96/2961,	Bibit sehat, rotasi tanam, pengendalian gulma inang alternatif	Sanitasi, bakar sisa tanaman sakit, roguing	Pestisida utk pengendalian vektor <i>Bemisia tabaci</i>

Optimasi PPTT

Sebagai konsep pengendalian yang berorientasi pada ekosistem dan keamanan lingkungan, maka agar implementasi PPTT di lapangan memberi hasil yang optimal, hendaknya PPTT dilaksanakan dalam bentuk gerakan massal yang mencakup hamparan areal yang luas. Pelaksanaan PPTT secara individual oleh petani di lahannya yang relatif terbatas luasnya tidak akan banyak memberikan hasil dan dampak baik kepada petani itu sendiri, apalagi berdampak terhadap lingkungan.

PPTT merupakan program jangka panjang dan dinamis yang bertujuan untuk mengelola patogen agar tidak sampai merusak dan menimbulkan kerugian pada tanaman. Oleh karena itu PPTT akan terlaksana dengan baik apabila semua pengguna (*stakeholders*) dan pemanfaat (*beneficiaries*) yang terlibat mempunyai pemahaman dan komitmen yang sama terhadap pelaksanaan dan keberhasilan PPTT.

Pelatihan secara berkesinambungan tentang PPTT yang meliputi identifikasi dan pengenalan patogen dan gejala penyakit di lapang, bioekologi dan pengaruh faktor lingkungan terhadap perkembangan penyakit serta cara-cara pengendaliannya merupakan komponen yang sangat penting dalam implementasi PPTT. Pelatihan tersebut perlu diikuti oleh partisipan yang dipilih dari kelompok tani, petugas penyuluhan dan organisasi kemasyarakatan, Lembaga Swadaya masyarakat (LSM), pemuka masyarakat formal dan non-formal. Training yang terdiri atas kuliah/pelajaran kelas dan kunjungan lapang dengan melihat dan mempelajari gejala serangan, cara-cara pengendalian yang ada. Dalam kegiatan nyata, pembentukan kelompok-kelompok tani berdasar hamparan (seluas 100 ha) dengan satu sekolah lapang (*field schools*) seluas satu hektar yang berada di tengah-tengah hamparan tersebut merupakan wahana yang sangat bermanfaat bagi anggota kelompok tani di bawah bimbingan Pemandu lapang untuk saling berdiskusi, mencatat dan menganalisis situasi patogen dan perkembangannya dari waktu ke waktu sesuai dengan kondisi iklim yang ada, serta merumuskan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengelola agar penyakit tidak berkembang hingga taraf merusak dan merugikan.

Dalam konteks dan skala yang lebih luas (Nasional/Provinsi), petugas Pemandu lapang (PL) disiapkan melalui program Training of trainer (TOT) secara berjenjang mulai PL-1 untuk tingkat provinsi, PL-2 pada tingkat kabupaten, dan

PL-3 untuk wilayah kecamatan. Peneliti di lembaga penelitian dan staf pengajar di Perguruan Tinggi (PTN/PTS) bertindak sebagai penyedia informasi dan narasumber terutama pada training PL-1. Selanjutnya peserta PL-1 akan menjadi narasumber dalam pelatihan/training PL-2, demikian seterusnya.

Ketidak pahaman petani (termasuk para petugas penyuluhan) tentang suatu penyakit dan cara-cara penularannya seringkali dapat berakibat pada penyebaran penyakit secara cepat dan meluas. Sebagai contoh tidak/kurangnya pengetahuan petani tentang penyakit virus bercak coklat ubi kayu (*Cassava brown streak virus*) dan pengelolaannya, secara nyata berkontribusi terhadap meluasnya secara cepat penyakit virus tersebut di Uganda Utara (Kumakech *et al.* 2013). Hal yang sama juga dilaporkan di Nigeria pada penyakit hawar bakteri. Sebagian petani tidak memahami gejala penyakit hawar bakteri, dan menganggapnya sebagai tanda daun menua (*senescence*) (Chukwuka *et al.* 2013).

Hasil survey di Tanzania menunjukkan bahwa umur, pendidikan formal, dan pengalaman sebagai petani dan luas kepemilikan lahan berpengaruh nyata terhadap adopsi varietas unggul ubi kayu yang toleran terhadap infeksi penyakit mosaik (Kavia *et al.* 2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Abaca, A., S.R. Kawuki, P. Tukamuhabwa, Y. Baguma, A. Pariyo, J. Orone, T. Alicai. A. Bua, and C.A. Omongo. 2012. Progression of *Cassava brown streak disease* (CBSD) in infected cassava roots in Uganda. *Uganda Journal of Agric. Sci.* 13(1): 45–51.
- Abadi, L.A. 2000. Epidemiologi dan strategi pengelolaan penyakit tanaman. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Lembaga Penerbitan. Fak. Pertanian Univ. Brawijaya. 116 hlm.
- ADAP. 2000. Bacterial blight of mendioka (cassava) (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*). *Agricultural Pest of the Pacific*. 1 p.
- Adeniji, M.O. and G.O. Obigbesan. 1976. The effect of potassium nutrition on the bacterial wilt cassava. *Nigerian Journal of Plant Protection* 2: 1–3.
- Adjata, K.D., E. Muller, M. Aziadekey, Y.M.D. Gumedzoe and M. Peterschmitt. 2008. Incidence of cassava viral disease and first identification of *East African cassava mosaic virus* and *Indian cassava mosaic virus* by PCR in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) field in Togo. *American Journal of Plant Physiology* : 73–80.
- Agrios, G.N. 1988. *Plant Pathology*. Third edition. Academic Press, Inc. San Diego, California. 803 pp.
- Aigbe, S.O. and S.U. Remison. 2009. The influence of root rot incidence on cassava genotype on consumers acceptability on the gari produce from it. *African J. Biotechnology* 8(22): 6146–6150.
- Aigbe, S.O. and S.U. Remison. 2010a. The influence of root rot on dry matter partition of three cassava cultivars planted in different agro-ecological environments. *Asian J. Plant Pathology* 4(2): 82–89.
- Aigbe, S.O. and S.U. Remison. 2010c. Minor root rot pathogens of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) in Nigeria. *Archives Phytopathology and Plant Protection* 43(13): 1335–1341.
- Aigbe, S.O., and S.U. Remison. 2010d. The molecular grouping of *Fusarium* isolate on cassava in Nigeria. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 43(13): 1342–1345.
- Aigbe, S.O. and S.U. Remison. 2010b. The influence of root rot on root starch content of cassava in differential ecological environment of Nigeria. *Nigerian Annal. Natural Sciences* 10(1): 60–70.
- Alicai, T., C.A. Omongo, M.N. Maruthi, R.J. Hillocks, Y. Baguna, R. Kawuki, A. Bua, G.W. Otim-Nape, and J. Colvin. 2007. Re-emergent of Cassava brown streak disease in Uganda. *Plant Disease* 91: 24–29.

- Alvarez, E., G. Liano, and J. Loke. 2005. Development of ecological practices to manage *Phytophthora* root rot of cassava (*Manihot esculenta*) CIAT. <http://www.ciat.cigar.org/iprn/index.htm>.
- Alvarez, E., J.F. Mejia, G.A. Elano, and Y.B. Loke. 2007. Detection and characterization of phytoplasma associated with frog-skin disease of cassava. *Bulletin Insectology* 60(2): 273-274.
- Alvarez, E., J.F. Mejia, G.A. Liano, J.B. Loke, A. Catari, B. Duduk and A. Bertaccini. 2009. Characterization of a phytoplasma associated with frog-skin disease in cassava. *Plant Disease* 93: 1139-1145.
- Alvarez, E., J.M. Pardo, J.F. Mejia, A. Bertaccini, N.D. Thanh and T.X. Hoat. 2013. Detection and identification of *Candidatus Phytoplasma asteris*-related phytoplasma associated with witches' broom disease of cassava in Vietnam. *Phytopathogenic Mollicutes*. Indian Journal.com. pp:77-81.
- Alvarez, E., J.M. Pardo, and J.M. Truke. 2014. Detection and identification of 'Candidatus *Phytoplasma asteris*' related phytoplasma associated with a witches' broom disease of cassava in Cambodia. 2014 APS-CPS joint meeting August 9-13. Minneapolis, Minnesota (Abstrc.).
- Amadioha, A.C. and A.A. Markson. 2007. Control of storage rot of cassava tuber caused by *Rhizopus oryzae* using some plant extracts. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 40(6): 381-388.
- Ambang, Z., A. Akoa, N. Bakolo, J. Nantia, L. Nyobe, and Y.S.B. Ongono. 2007. Tolerance de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) et de l'espece (*Manihot glaziovii*) a la mosaïque virale Africaine et alécosporiose du manioc. *Tropicultura* 25(3): 140-146.
- Amusa, N.A. 1998. Evaluation of cassava clones for resistance to anthracnose disease using phytotoxic metabolites of *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis* and its correlation with fields disease reaction. *Tropical Agricultural Research and Developments* 1(2): 116-120.
- Appah, J., K.A. Oduro, and H.B. Dampney. 1999. Studies on Cassava bacterial blight isolation of *Xanthomonas manihotis* and *Xanthomonas cassavae* in Port Harcourt, Nigeria. *Ghana J. Sci.* 39: 33-41.
- Arocha, Y., R. Echodu, D. Telengera, J. Muhangi, E. Rockefeller, O. Asher, R. Nakacwa, R. Serugga, G. Gumisiriza, J. Tripathi, D. Kabuye, M. Otipa, K. Vutseme, M. Lukanda, and E. Boa. 2009. Occurrence of *Candidatus phytoplasma aurantifolia* (16 SrII group) in cassava and four other species in Uganda. *Plant Pathology* 58:390.
- Asiama, Y., G.A. Mbofung and D.H.A.K. Amewowor. 1998. Incidence of cassava root rot in Central regions of Ghana. *J. Ghana Science Association* 1(1): 40-49.

- Ayesu-Offei, E.N. and C. Antwi-Boasiako. 1996. Production of microconidia by *Cercospora henningsii* Allesch., cause of brown leaf spot of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) and tree cassava (*Manihot glaziovii* Muell.-Arg). *Annals of Botany* 78: 653–657.
- Babu, A.M., T. Philip, B.K. Kariappa, and C.K. Kamble. 2009. Scanning electron microscopy of the infection process of *Cercospora henningsii* on cassava leaves. *Journal Phytopathology* 157(1): 57–62.
- Balogopalan, C. 2000. Integrated technologies for value addition and post harvest management in tropical tuber crops. Central Tuber crops Research Institute, Kerala India.
- Balitkabi. 2013. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balitkabi Malang. 172 hlm.
- Bandyopadhyay, R., M. Mwangi, S.O. Aigbe and J.F. Leslie. 2006. *Fusarium* species from the cassava root rot complexes in West Africa. *Phytopathology* 96: 673–676.
- Banito, A., K.E. Kpemona, B. Bisang and K. Widra. 2010. Assessment of cassava root and stem rot in Ecozones of Togo and evaluation of the pathogen virulence. *Pakistan J. Botany*. 42(3): 2059–2068.
- Banito. 2003. Integrated control of Cassava bacterial blight in West Africa in relation to ecozones, host plant resistance and cultural practices. Disertation. Universitat Hannover. 165 pp.
- Basuki. 1984. Penyakit akar putih pada karet, saran-saran mengenai pemberantasannya. Lokakarya Karet PN/PT Perkebunan wilayah I Medan. Nopember 1984.
- Benigno, D.R.A. and F.C. Quebral. 1977. Host index of plant diseases in the Philippines. Univ. Philippines Coll. Agric. Los Banos. 183 pp.
- Berrie, L.C., K.E. Palmer, E.P. Rybick, and M.E.C. Rey. 1998. Molecular characterization of a distinct South African cassava infecting geminivirus. *Archieve of Virology* 143: 2253–2260.
- Bi, H., M. Aileni, and P. Zhang. 2010. Evaluation of cassava varieties for cassava mosaic disease resistance jointly by agro-inoculation screening and molecular marker. *African Journal of Plant Science* 4(9): 330–338.
- Bigirimana, S., P. Barumbanze, P. Ndayihanzamaso, R. Shirima, and J.P. Legg. 2011. First report of Cassava brown streak disease and associated Ugandan Cassava Brown streak virus in Burundi. *New Disease Reports* 24:26. (<http://dx.doi.org/10.5197/J.2044-0588.2011.024.026>)
- Bock, K.R. 1994. Studies on Cassava Brown streak virus disease in Kenya. *Tropical Science* 34: 134–145.

- Bock, K.R. and E.J. Guthrie. 1978. Transmission of African cassava mosaic by mechanical inoculations. *Plant Disease Reporter* 62(7): 580–581.
- Bock, K.R. and R.D. Wood. 1983. Etiology of African cassava mosaic disease. *Plant Disease* 67: 994–995.
- Boher, B. and V. Verdier. 1994. Cassava bacterial blight in Africa: The state of knowledge and implications for designing control strategies. *African Crop Science Journal* 2(4): 505–509.
- Booth, R.H. 1977. A review of root rot in cassava. *Proc. Cassava protection workshop. CIAT Cali-Columbia 7-12 Nov. 1977*. Pp: 121–133.
- Booth, R.H. and D.G. Coursey. 1974. Storage of cassava roots and related post harvest problems In: E.V. Araullo, B. Nestel and M. Campbell (Edt.) *Cassava processing and storage. Proceeding of an Interdisciplinary Workshop*. IDRC. Ottawa. Pp:43–49.
- BPS. 2013. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.hlm.
- Brunt, A.A., K. Crabtree, M.J. Dallwitz, A.J. Gibbs, L. Watson, and E.J. Zurcher. 1996. Cassava common mosaic virus. *Plant virus online: Description and List from the VIDE database*. 6pp
- Brunt, A.A., K. Crabtree, M.J. Dalwiitz, A.J. Gibbs, L. Wilson, and E.J. Zurcher. 1996. Cassava vein mosaic virus. *Plant virus online: Descriptions and List from VIDE Database*. 5 pp.
- Bua, B. and C. Okello. 2011. Isolation and identification of cassava root rot disease causal pathogens from Lira district, Uganda. *African Crop Science Conference Proceeding Vol.10*: 183–186.
- Buensanteai, N., and D. Athinuwat. 2012. The antagonistic activity of *Trichoderma virens* strain TvSUT 10 against cassava stem rot in Thailand. *African Journal of Biotechnology* 11(84): 14996–15001.
- Buschman, H., M. Rodriquez, J. Tohmes, and J.R. Beeching. 2000. Accumulation of hydroxycoumarin during post harvest deterioration of tuberous roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) *Annals of Botany* 86: 1153–1160.
- Butare, I., and F. Banyangabose. 1982. Effect of soil fertility on Cassava bacterial blight in Rwanda In *Root crops in eastern Africa. Proceeding of a workshop*. Kigali, Rwanda 23-27 November 1980. IDRC Ottawa, Canada. Pp: 53–55.
- Cacai, G.H.T., H.A. Sagbadja, B.S. Kumulugui, P.O. Ovono, J. Houngue, and C. Ahanhanzo. 2013. Eradication of cassava (*Manihot esculenta*) mosaic symptoms through thermotherapy and meristems cultured in vitro. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(5): 3697–3701.

- Calvert, L.A. and J.M. Thresh. 2002. The viruses and virus diseases of cassava pp:237-260 In R.J. Hillocks, J.M. Thresh, and A.C. Belloti (Ed.). Cassava: Biology, production and utilization. CAB International.
- Calvert, L.A., M. Cuervo, L. Lozano, N. Villareal, and J. Arroyave. 2008. Identification of three strain of virus associated with cassava plants affected by frog-skin disease. *Journal of Phytopathology* 156: 647–653.
- Calvert, L.A., M.D. Ospina, and R.J. Sheperd. 1995. Characterization of Cassava vein mosaic virus a distinct plant pararetrovirus. *Journal General Virology* 76: 1271–1276.
- Calvert, L.A., M.I. Cuervo, M.D. Ospina, C.M. Faucina, and B.C. Ramirez. 1996. Characterization of Cassava common mosaic virus and a defective RNA species. *J. Gen Virol.* 77: 525–530.
- Champa, W.A.H., R.M.R.N.K. Ratnayake, and B.M.K.S. Thilakarathne. 2014. Development of an appropriate methodology for extending shelf life of cassava. *International Research Symp. On Post Harvest Technology.* Institute of Post Harvest Technology. Pp: 76–81.
- Charles, A.B. 1991. Studies on some aspect of the biology of *Cercospora henningsii* Allesch to the epidemiology of Brown leaf-spot disease of cassava (*Manihot esculenta* Cratz.) and tree cassava (*Manihot glaziovii* Muell.-Arg.). Thesis Kwame Nkrumah University.
- Chen, C.T., N.J. Ko and M.J. Chen. 1981. Electron microscopy of Cassava common mosaic in Taiwan. *Report of the sugar Research inspectorate.* 92: 20–27.
- Chukwuka, K.S., R.U. Okechukwu, and J.N. Azorji. 2013. Farmer perception of Cassava bacterial blight disease in Oyo-state, South-west Nigeria. *African Journal of Root and Tuber Crops* 10(1): 67–74.
- CIAT. 1975. Cassava production system In *Annual Report 1974*. Cali, Columbia. pp: 54–109.
- CIAT. 1976. Cassava production system In. *Annual Report 1975*. Cali, Columbia. pp: B1–B57.
- Cock, J.H. 1978. A physiological basis of yield loss in cassava due to pests In Brekelbaum, T., A. Belloti, and J.C. Losano (Eds) *Proceeding Cassava Protection workshop*. CIAT Cali, Columbia 7-12 November 1977. Pp: 9–16.
- COPR (Centre for Overseas Pest Research). 1986. *Pest control in tropical root crops*. PANS Manual No. 4. London. 235pp.
- Costa, A.S. and E.W. Kitajima. 1972a. Cassava common mosaic virus. C.M.I./A.A.B. *Description of Plant Viruses*. United Kingdom. 4 pp.

- Costa, A.S. and E.W. Kitajima. 1972b. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazilia. Proceeding of cassava mosaic workshop IITA, Ibadan Nigeria. P 18.
- Daniel, J.F. and B. Boher. 1985. Epiphytic phase of *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* on aerial part of cassava. *Agronomie* 5(2): 111–116.
- Davis, R.I., L. Mu, A. Malau and P. Jones. 2006. Survey for plant diseases caused by viruses & virus-like pathogens in the French Pacific Overseas country of French Polynesia & the French Pacific territory of Wallis & Futuna. 29 pp.
- De Kochko, A., B. Verdaquer, N. Taylor, B. Carcamo, R.N. Beachy, and C. Fauquet. 1999. Cassava vein mosaic virus (CVMV), type species for a new genus of plant double stranded DNA viruses?. *Arch. Virology* 143(5): 945–962.
- Dedal, O.I., M.K. Palomar, and C.M. Naptere. 1980. Host range of *Xanthomonas manihotis* Starr. *Annals of Tropical Research* 2: 149–155.
- Deng, D., G.W. Otim-Nape, A. Sangare, S. Ogwal, R.N. Beachy and C.M. Fauquet. 1997. Presence of new virus closely related to East African cassava mosaic geminivirus associated with cassava mosaic outbreak in Uganda. *African Journal of root and tuber crops* 2: 23–28.
- Doi, Y., M. Teranaka, K. Yora and H. Asuyama. 1967. Mycoplasma or PLT-group like microorganism found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellow or poulownia witches' broom. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 33: 259–266.
- Dubern, J. 1994. Transmission of African cassava mosaic geminivirus by whitefly *Bemisia tabaci*. *Tropical Science* 34: 82–91.
- Ekundayo, J.A. and T.M. Daniel. 1973. Cassava rot and its control. *British Mycological Soc.* 61(1): 27–32.
- Elango, F.N. and J.C. Lozano. 1981. Epiphytic survival of *Xanthomonas manihotis* in common weeds in Columbia. *Proceeding Fifth International Conference Plant Pathology Bact. CIAT*. Pp: 203–209.
- Elegba, W., A.S. Appiah, E. Azu, N. Afful, W.K.S. Agbemavor, J.A. Amponsah, M.O. Asare, B. Quaye, and K.E. Danso. 2013. Effect of mosaic diseases on dry matter content and starch yield of five cassava (*Manihot esculenta* Crantz) assessions in Ghana. *Academic Journal* 12(7): 4310–316.
- Elliott, M.S. and F.W. Zettler. 1987. Cassava common mosaic virus infection of Chaya (*Cnidioscolus aconitifolius*) in Yucatan, Mexico. *Plant Disease* 71: 353–356.
- Escobar, M.A. and A.M. Dandekar. 2003. *Agrotumefaciens* as an agent of diseases. *Trends in Plant Science* 8(8): 380–386.

- Essono, G., M. Ayodele, A. Akoa, J. Foko, S. Olembo, and J. Gockoowski. 2007. *Aspergillus* species on cassava chips in storage in rural areas of southern Cameroon: Their relationship with storage duration, moisture content and processing methods. *Africa Journal of Microbiology Research* pp: 001–008.
- Fanou, A.A., and K. Wydra. 2014. Removal of symptomatic cassava leaves as cultural practice to control cassava bacterial blight. *International Journal of Phytopathology* 03(03): 117-124.
- Fanou, A.A., K. Wydra, M. Zandjanakou, and K. Randolph. 1998. Epidemiological studies on the role of weeds, plant debris and vector transmission in survival and spread of *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* causal agent of cassava bacterial blight. International congress of plant pathology, International plant pathology/British Society for plant pathology. Edinburgh (Abstract).
- FAO. 2012. Food and Agricultural commodities production. Countries by commodities. [Faostat.fao.org/site/339/default](http://faostat.fao.org/site/339/default). Diakses 3 April 2015.
- Fargette, D. and B.D. Harrison. 1998. Cassava Ivorian bacilliform virus. Description of Plant viruses. Association of Applied Biologist (AAB) No.361: 6 pp.
- Fargette, D., C. Fauquet, and J.C. Thouvenel. 1987. Cassava crop losses due to the African Cassava Mosaic Virus. *Trop. Pest Management* 34: 97-99.
- Fargette, D., C. Fauquet, and J.C. Thouvenel. 1988. Yield losses induced by African cassava mosaic virus in relation to the mode and the date of infection. *Tropical Pest Management*. 34(1): 89-91.
- Fargette, D., C. Fauquet, E. Grenier and J.M. Thresh. 1990. The spread of African cassava mosaic virus into and within cassava fields. *Journal of Phytopathology* 130: 289-302.
- Fargette, D., I.M. Robert, and B.D. Harrison. 1991. Particle purification and properties of Cassava Ivorian bacilliform virus. *Annals. Applied Biology* 119: 303-312.
- Fauquet, C. and D. Fargette. 1990. African cassava mosaic virus: Etiology, Epidemiology, and Control. *Plant Disease* 74(6): 404-411.
- Flores, D., I. Cristina-Haas, M.C. Canale, and I.P. Bedendo. 2013. Molecular identification of a 16 SrIII-B phytoplasma associated with cassava witches' broom disease. *Europea J. Plant Pathology* 137(2): 237-242.
- Fokunang, C.N. and A.G.O. Dixon. 2006. Post-harvest evaluation of *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* on cassava genotypes. *Plant Pathology Journal* 5(1): 60-66.
- Fokunang, C.N., A.G.O Dixon, C.N. Akem, T. Ikotun. 2000b. Cultural, morphological and pathogenic variability in *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihot*

- isolat from cassava (*Manihot esculenta*) in Nigeria. Pakistan Journal of Biological Sciences 3(4): 542-546.
- Fokunang, C.N., A.G.O. Dixon, and T. Ikotun. 2003. Synergistic relationship of bacterial blight and anthracnose disease patogen in cassava multiple infection. J. Biol. Sci. 3(6): 596-606.
- Fokunang, C.N., A.G.O. Dixon, and T. Ikotun. 2004. Survival and overseasoning of *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* post harvest cassava (*Manihot esculenta* Crantz.0) plant materials and soils. Journal of Biological Sci. 4(4): 423-430.
- Fokunang, C.N., A.G.O. Dixon, T. Ikotun, C.N. Akem and E.A. Tembe. 2002. Rapid screening method of cassava cultivars for resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis*. Journal of Phytopathology 150(1): 6-12.
- Fokunang, C.N., A.G.O. Dixon, T. Ikotun, E.A. Tembe, C.N. Akem and R. Asiedu. 2001b. Anthracnose: an economic disease of cassava in Africa. Pakistan Journal of Biological Science. 4(7): 920-925.
- Fokunang, C.N., A.G.O. Dixon, T. Ikotun, R. Asiedu, E.A. Tembe and C.N. Akem. 2001a. In vitro, green house and field assessment of cassava lines for resistance to anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* f. Sp. *manihotis*. Mycopathologia 154: 191-198.
- Fokunang, C.N., C.N. Akem, T. Ikotun, A.G.O. Dixon and E.A. Tembe. 2000c. Role of insect vector, *Pseudotheraptus devastans* in cassava anthracnose disease development. European Journal of Plant Pathology 106(4): 319-327.
- Fokunang, C.N., C.N. Akem, T. Ikotun, and A.G.O. Dixon. 1999. Effect of planting season on cassava anthracnose disease development. Crop protection 18: 407-413.
- Fokunang, C.N., T. Ikotun, A.G.O. Dixon, and C.N. Akem. 1997. First report of *Colletotrichum gloeosporioides* f. Sp. *manihotis* cause of cassava anthracnose disease, being seed-borne and seed transmitted in cassava. Plant Disease 81(6): 695
- Fokunang, C.N., T. Ikotun, A.G.O. Dixon, and C.N. Akem. 2000a. Field reaction of cassava genotypes to anthracnose, bacterial blight, cassava mosaic disease and their effect on yield. African Crop Science Journal 8(2):179-186.
- Fondong, V.N., J.S. Pita, M.E.C. Rey, A. de Kochko, R.N. Beachy and C.M. Fauquet. 2000. Evidence of synergism between African cassava mosaic virus and a new double-recombinant geminivirus infecting cassava in Cameroon. Journal of General Virology 81: 287-297.
- Frison, E.A. and E. Feliu. 1991. FAO/IBPGR Technical Guidelines for the Safe Movement of Cassava Germplasm. CIAT.48 pp.

- Geddes, A.M.W. 1990. The relative importance of crop pests in Sub-Saharan Africa. Bulletin No. 36; Natural Resources Institute Chatham.
- Gibson, R.W. and G.W. Otim-Nape. 1997. Factors determining recovery and reversion in mosaic disease in African cassava mosaic virus resistant cassava. *Ann. Appl. Biol.* 131: 259-271.
- Gnonlonfin, G.J.B., K. Hell, P. Fandohan, and A.B. Siame. 2008. Mycoflora and natural occurrence of aflatoxin B1 in cassava and yamchips from Benin, West Africa. *International Journal of food microbiology* 122:140-147.
- Granada, G. A. 1990. Review of the status of cassava production in Colombia with regard to sanitary problems. In S. K. Hahn and F. E. Caveness (Eds.). *Integrated pest management for tropical root and tuber crops*. IITA Ibadan, Nigeria. p:149 - 155.
- Guevara, Y., A. Rondobn, E. Arnal, Z. Suarez, R. Solorzano and R. Navas. 1992. Bacterial stem rot in Venezuela. *Fitopatologia Venezolana* 5(2): 33-36.
- Guo, H., C.P. Li, T. Shi, C.J. Fan and G.X. Huang. 2012. First report of *Phytophthora palmivora* causing root rot of cassava in China. *Plant Disease* 96(7): 1072.
- Hahn, S.K. 1978. Breeding cassava for resistance to bacterial blight. *PANS* 24: 480-486.
- Hardaningsih, S., N. Saleh dan M.Hadi . 2012. Identifikasi Penyakit ubi kayu di provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka kacang dan Umbi tahun 2012*: 604-609.
- Harrison, B.D., X. Zhou, G.W Otim-Nape, Y. Liu and D.J. Robinson. 1997. Role of novel type of double infection in the geminivirus-induced epidemic of severe cassava mosaic in Uganda. *Annals of Applied Biology* 131: 437-446.
- Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual reviews Phytopathology*. 29: 65-87.
- Hernandez, J.M., R. Laberry and J.C. Lozano. 1986. Observation on the effect of inoculating cassava (*Manihot esculenta*) plantlets with fluorescent pseudomonads. *Journal Phytopathology* 117:17-25.
- Hillock, R.J., M.D. Raya, and J.M. Thresh. 1996. The association between root necrosis and above symptoms of Brown streak virus infection of cassava in Southern Tanzania. *International Journal of Pest Management* 42: 285-289.
- Hillock, R.J., M. Raya, K. Mtunda, and H. Klozia. 2001. Effect of brown streak virus disease on yield and quality of cassava in Tanzania. *Journal of Phytopathology* 149: 1-8.
- Hillocks, R.J. and K. Wydra. 2002. Bacterial, fungal, and nematode diseases In R.J. Hillocks , J.M. Thresh, and A.C. Belloti. 2002. *Cassava. Biology, production and utilization*. CABI publishing. P:261-280.

- Hillocks, R.J., M.D. Raya, and J.M. Thresh. 1999. Distribution and symptoms expression of Cassava brown streak disease in southern Tanzania. *African J. Root tuber crops* 3: 57-61.
- Homenauth, O. and S.P. De Souza. 2012. Pest and diseases of cassava in Guyana. 21 pp.
- Hridya, A.C., G. Byju and R.S. Misra. 2012. Effect of biocontrol agents and biofertilizer on root rot, yield, harvest index and nutrient uptake of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) *Archives of Agronomy and Soil Science* (Abstract).
- Ibrahim, M. and K. Shehu. 2014. Relationship of soilborne mycoflora of cassava growing fields to incidence of postharvest rots of cassava tubers in Sokoto, Nigeria. *Aceh Int. J. Sci. Technol* 3(3): 168-173.
- ICTV dB Management. 2006. Cassava Ivorian bacilliform virus. In: ICTvBd. The Universal Virus Database, version 4 Buchen-Osmond, C. (Ed.) Columbia University, New York 4 pp.
- Ikediegwu, F.E.O. and A.U. Ajale. 1980. Root surface mycoflora of cassava (*Manihot esculenta*) and post harvest rot of tubers. *Mycopathologia* 71(2): 67-71.
- Ikotun, T., and S.K. Hahn. 1994. Screening cassava cultivars for resistance to the cassava anthracnose disease (CAD). *Acta Horticulturae* 380: 178-183.
- Jackson, G.V.H., and L. Liloqula. 1991. Cassava green mottle virus in Solomons islands
- Jameson, J.D. 1964. Cassava mosaic disease in Uganda. *E. Africa Agric. J.* 30:208-213.
- Jeng Chen, L., Sheng Lin, Y., Jin Teng K., and Hsin Chung W. 2014. Vine cutting as possible initial inoculum source of *Ralstonia solanacearum* race-1 biovar 4 on vegetable sweet potato infields. *European Journal of Plant Pathology* 140(1): 83-95.
- Joseph, J. And F. Elango. 1991. The status of Cassava bacterial blight caused by *Xanthomonas campestris* pv. *manihoti* in Trinidad. *J Phytopathology* 133: 320-326.
- Kaiser, W.J., and R. Louie. 1982. Heat therapy of cassava infected with African cassava mosaic diseases. *Plant Disease* 66: 475-477.
- Kasirivu, J.B.K., O.F. Esurusoso, and E.R. Terry. 1980. Field screening of cassava for resistance to *Cercospora henningii*. *Proceeding of the first Triennial root crops symposium of the International Society for Tropical Root Crops*. 8-12 September 1980. (Abstract).
- Kasirivu, J.B.K., O.F. Esurusoso, and E.R. Terry. 1981. Field screening of cassava clones for resistance to *Cercospora henningii*. In : E.R. Terry, K.A. Udoro, and F. Caveness (Eds.). *Tropical root crops: Research strategies for the 1980s*. IDRC, Ottawa, Canada. p:49-57.

- Kavia, F.Y., C.C. Mushongi and G.B. Sonda. 2007. Factors affecting adoption of cassava varieties: a case of Cassava mosaic Disease tolerant varieties in Lake Zone regions, Tanzania. *Africas Crop Science conference proceeding*. Vol 8: 1875-1878.
- Kerstin, W., B. Agnassim, K. Kossi. 2007. Characterization of resistance of cassava genotypes to bacterial blight by evaluation of leaf and systemic symptoms in relation to yield in different ecozone. *Euphytica* 155(3): 337-348.
- Khizzah, B.W., D. Ocan, and G. Openy. 2011. Cassava Brown streak virus disease (CBSD): A new threat to Cassava industry in Uganda. Dept. Agronomy and Bio-system Engineer, Gulu University. Uganda. 7pp.
- Khokhar, M.K. and R. Gupta. 2014. Integrated disease management. *Popular Kheti* 2(1): 87-91.
- Kitajima, E.W., C. Wetter, A.R. Oliveira, D.M. Silva and A.S. Costa. 1965. Morphology of Cassava common mosaic virus. *Bragantia* 24: 4 pp.
- Kpemoua, K., B. Boher, M. Nichols, P. Catalayud, and J.P. Geiger. 1996. Cytochemistry of defence responses in cassava infected by *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. *Canadian Journal of Microbiology* 42(11): 1131-1143.
- Kumakech, A., A. Acipa, V. Tumwine, and G.A. Maiteki. 2013. Knowledge on Cassava disease management: The case of Cassava brown streak disease awareness in Northern Uganda. *Academic Journal* 7(12): 597-601.
- Kunkeaw, S., J. Worapong, D.R. Smith, and K. Triwitayakom. 2010. An in-vitro detached leaf assay for pre-screening resistance to anthracnose disease in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Australian Plant Pathology* 39(6): 547-550.
- Legg, J.P. 1999. Emergence, spread, and strategies for controlling the pandemic of Cassava mosaic virus disease in east and central Africa. *Crop Protection* 18: 627-637.
- Legg, J.P. and J.M. Thresh. 2009. Cassava virus diseases in Africa. *Plant virology in sub-Saharan Africa*.p:547-583.
- Lennon, A.M., M.M. Aiton, B.D. Harrison. 1987. Purification and properties of Cassava green mottle virus, a previously undescribed virus from the Solomon islands. *Annal.Applied Biology* 110: 545-555.
- Leu, L.S. 1977. Concentric-ring leaf spot (Phomas) of cassava. *Proceeding cassava protection workshop*. CIAT Cali Columbia. 7-12 November 1977. Pp: 117-120.
- Lister, R.M. 1956. Mechanical transmission of Cassava brown streak virus. *Nature* 183: 1588-1589.
- Lopez, G.M. 1977. American virus and mycoplasma diseases of cassava. *Cassava Protection Workshop* 7-12 November 1977. CIAT Cali Columbia. pp: 85-93.

- Lozano, J.C. 1972. Status of virus and mycoplasma like diseases of cassava. In Proc. Of IDRC/IITA cassava mosaic workshop. IITA Ibadan, Nigeria. Pp: 2-12.
- Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS 21(1): 38-41.
- Lozano, J.C. 1976. Bacterial wilt of cassava. PANS 21(1): 38-43.
- Lozano, J.C. 1977. General consideration on cassava pathology. Proceeding cassava protection workshop. CIAT Cali Columbia. 7-12 November 1977. pp 17-27.
- Lozano, J.C. 1986. Cassava bacterial blight: A manageable Disease. Plant Disease. 70(12): 1089-1093.
- Lozano, J.C. and A. Belloti. 1978. *Erwinia carotovora* var. *carotovora*, causal agent of bacterial stem rot of cassava: etiology, epidemiology and control. PANS 24(4):467-479.
- Lozano, J.C. and L. Sequeira. 1974. Bacterial blight in Columbia. II. Epidemiology and control. Phytopathology 64: 83-88.
- Lozano, J.C. and R.H. Booth. 1974. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). PANS 20: 30-54.
- Lozano, J.C. and R.H. Booth. 1976. Diseases of cassava. CIAT. 45 pp.
- Lozano, J.C., A. Belloti, J.A. Reyes, R. Howeler, D. Leihner and J. Doll. 1981. Field problems in cassava. CIAT Cali, Columbia.
- Mabasa, K.G. 2007. Epidemiology of Cassava mosaic disease and molecular characterization of cassava mosaic viruses and their associated whitefly (*Bemisia tabaci*) vector in South Africa. Disertation School of molecular and cell biology, Faculty of Science, University of the Witwatersrand Johannesburg. 114 pp.
- Machmud, M. 1986. Bacterial wilt in Indonesia In G.J. Persley (Edts) Proceeding ACIAR, Bacterial wilt disease in Asia and South Pacific. Canberra-Australia. ACIAR 13: 32-34.
- Machmud, M. 1992. Pengelolaan penyakit layu kacang tanah. hlm:7-18. Dalam N. Saleh, T. Adisarwanto dan A. Winarto (Edts). Perbaikan komponen Teknologi Budidaya Kacang Tanah. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Malang.
- Maduewesi, J.N.C. 1975. Observations on the *Cercospora* leaf-spot disease of cassava. Nigerian Journal of Plant Protection 1(1): 29-37.
- Mahungu, N.M., M. Bidiaka, H. Tata, S. Lukombo, and S. N'luta. 2003. Cassava brown streak disease-like symptoms in Democratic Republic of Congo. Roots 8: 8-9.
- Makambila, C. 1994. The fungal disease of cassava in the republic of Congo, Central Africa. African Crop Science Journal 2(4): 511-517.
- Mallowa, S.O., D.K. Isutsa, A. W. Kamau, and J.P. Legg. 2011. Effectiveness of phytosanitation in cassava mosaic disease management in a post-epidemic

- area of western Kenya. ARPNJournal of Agricultural and Biological Science 6(7): 8- 12.
- Maloy, O.C. 2005. Plant disease management. The American Phytopathological Society. 12 pp.
- Mamba-Mbayi, G., P. Tshilenge-Djim, K.K. Nkongolo, and A. Kalonji-Mbuyi. 2014. Characterization of Congolese strain of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* associated with cassava bacterial blight. American Journal of Plant Science 5: 1191-1201.
- Manyi, M.M., C. Bragard, S. Winter, A.K. Mbunyi, K.K.C. Nkongolo, and D.T. Kanana. 2014. Molecular identification of Cassava mosaic Begomoviruses associated with Cassava mosaic disease in the DR-Congo using primer pairs. British Biotechnology Journal 4(5): 579-588.
- Maraite, H. and D. Perreaux. 1979. Comparative symptoms development in cassava after infection by *Xanthomonas manihotis* X, cassavae under controlled condition In E.R. Terry, G.J. Persly SCA Cook (edt.) Cassava bacterial blight in Africa, past, present and future. Report of an interdisciplinary workshop, IITA Ibadan Nigeria 1978 Centre for Overseas Pest Research. London. P: 17-24.
- Mariscal, A.M., R.V. Bergantin, and D.A. Troyo. 2002. Cassava breeding and varieties release in the Philippines. Asia cassava workshop. PDPF 42 pp.
- Markson, A.A., A.C. Amadioha, G. Omosun, D. Ukeh, S.E. Udo, E.J. Umana, and B.E. Madunagu. 2011. Control efficiency of *Botryodiplodia theobromae* (PAT.) by essential oil of *Aframomum melegueta* (K.Schum.) seed from South-south Nigeria. International Science Research Journal 3: 88-92.
- Martinez, E.I.C and G.T. Pinto. 2001. First report of frog skin disease in cassava (*Manihot esculenta*) in Venezuela. Plant Disease 85(12): 1285.
- Maruthi, M.N., R.J. Hillock, K. Mtunda. 2005. Transmission of Cassava Brown streak virus by *Bemisia tabaci*. Journal Phytopathology 153(5): 307-312.
- Marys, E. and M.L.I. Mayoral. 2008. Isolation and characterization of a new Venezuelan strain of Cassava common mosaic virus. Annals. Applied Biology 127(1): 105-112.
- Mathew, A.V. and V. Muniyappa. 1993. Host range of Indian cassava mosaic virus. Indian Phytopathology 96: 16-23.
- Mbanzibwa, D.R., Y.P. Tian, A.K. Tugume, B.L. Patil, J.S. Yadav, B. Bagewadi, M.M. Abarshi, T. Alicai, W. Changadeya, J. Mkumbira, M.B. Muli, S.B. Mukasa, F. Tairo, Y. Buguma, S. Kyamanywa, A. Kullaya, M.N. Maruthi, C.M. Fauquet, and J.P.T. Valkonen. 2011. Evaluation of Cassava brown streak disease associated viruses. J. General Virology 92: 974-987.

- Mbanzibwa, D.R., Y.P. Tian, A.K. Tugume, S.B. Mukasar, F. Tairo, S. Kyamannywa, A. Kuliaya, and J.P.T. Valkonen. 2011. Simultaneous virus-specific detection of the two cassava brown streak-associated viruses with RT-PCR reveals wide distribution in East Africa, mixed infection, and infection in *Manihot glaziovii*. *Journal of Virological Methods* 171(2): 394-400.
- Messiga, A.J.N.A., M. Mwangi, R. Bandyopadhyay and C.Nolle. 2004. The status of fungal rots as a constraint to cassava production in the Pouma District of Cameroon. *Proc. 9th Symp. ISTRC* 31 October-5 November 2004. 9 pp.
- Mohammed, I.U., M.M. Abarshi, B. Muli, R.J. Hillocks, and M.N. Maruthi. 2012. The symptom and genetic diversity of Cassava brown streak viruses infecting cassava in East Africa. *Advance in Virology*. 10 pp.
- Monde, G., P. Bolonge, F. Bolamba, J. Walangululu, S. Weinter and C. Bragard. 2013. Impact of African cassava mosaic disease on the production of fourteen cassava cultivars in Yangambi, Democratic Republic of Congo. *Tropicultura* 31(2): 91-97.
- Monger, W.A., S. seal, A.M. Issac, and G.D. Foster. 2001 b. Molecular characterization of the Cassava Brown streak virus coat protein. *Plant Pathology* 50: 527-534.
- Monger, W.A., S. seal, A.M. Issac, and G.D. Foster. 2001 b. Molecular characterization of the Cassava Brown streak virus coat protein. *Plant Pathology* 50: 527-534.
- Monger, W.A., S. Sewal, S. Cotton, and G.D. Foster. 2001a. Identification of different isolates of Cassava Brown streak virus and development of a diagnostic test. *Plant Pathology* 50: 768-775.
- Montiel, F.M. and H.L. Isla. 2000. Root rot of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) caused by *Phytophthora* sp. In Cuba. *Centro Agrícola* 27(3): 85-86.
- Moses, E., C. Nash, R.N. Strange, and J.A. Bailey. 1996. *Colletotrichum gloeosporioides* as the cause of stem tip dieback of cassava. *Plant Pathology* 45: 864-871.
- Moses, E., S. Akrofi and G.A. Mensah. 2007. Characteristics and control of a new Basidiomycetous root rot of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) in Ghana. *Proc. 13 th Symp. ISTRC* p: 3007-3011.
- Msikita, W., B. Bissang, B.D. James, H. Baimey, H.T. Wilkinson, M. Ahounou and R. Fagbemisi. 2005. Prevalence and severity of *Natrassia mangifera* root and stem rot patogen in Benin. *Plant Disease* 89: 12-16.
- Msikita, W., B. James, E. Nnodu, J. Legg, K. Wydra, and F. Ogbe. 2000. Disease control in cassava farms: IPM field guide for extention agents. IITA, Lagos. 26pp.
- Msikita, W., B. James, H.T. Wilkinson and J.H. Juba. 1998. First report of *Macrophomina phaseolina* causing pre-harvest cassava root rot in Benin and Nigeria. *Plant Disease* 81(12): 1402 (Abstract).

- Msikita, W., P.E. Nelson, J.S. Yaninie, M. Ahounou and R. Fagbemisi.1996. First report of *Fusarium moniliforme* causing cassava root, stem and storage rot. *Plant Disease* 80: 823 (Abstract).
- Mulyaningsih, E.S. 2009. Pemanfaatan *Agrobacterium* untuk transformasi genetik tanaman dan jamur. *Bio Trends*. 4(1): 26-30.
- Muniyappa, V. 1992. Cassava Indian mosaic bigeminivirus. *Plant virus online*. Description and list from the VIDE database. 6 pp.
- Mwangi, M., R. Bandyopadhyay, A.G.O. Dixon and W. Tatahany. 2004. The status of fungal rot disease as constraint to cassava production and utilization in Eastern Democratic Republic of Congo. *Proc. 9th Symp.ISTRC* 31 October-5November 2004.11 pp.
- Mware, B.O., E.M. Ateka, J.M. Songa, R.D. Narla, F. Olubayo, and R. Amata.2009. Transmission and distribution of Cassava Brown streak virus disease in cassava growing areas of Kenya. *Journal Appl. Bioscience* 16: 864-870.
- Nakagawa, K. 1978. Report guidance in agricultural techniques for three companies in Lampung province. JICA.
- Ngeve, J.M., A.G.O. Dixon, and E.N. Nukenine. 2005. The influence of host genotype X environment interactions on the response of cassava anthracnose disease in diverse agro ecologies in Nigeria. *African Crop Science Journal* 13 (1): 1-11.
- Ngoh Dooh, J.P., Z. Amabng, A.T. Iwola, A. Heu, P. Kosma, E.J. Maho Yalen, and B. Tih Goghomu. 2014. Screening and the effect of extract of *Thevetia peruviana* and development of *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of cassava anthracnose disease. *E3 Journal of Agric. Research and Development* 4(4): 054-065.
- Ngure, G.K. 2012. The occurrence and integrated management of Cassava brown streak disease in Coastal Kenya. <http://erepository.uonbi.ac.ke/8080/xmlui/handle/123456789/6819>.
- Nichols, R.F.W. 1950. The brown streak disease of cassava, distribution, climatic effects and diagnostic symptoms. *East African Agric. Journal*. 15(3): 154-160.
- Nishiyama, K., N.H. Achmad, W. Suparman, and T. Yamaguchi. 1980. Causal agents of cassava bacterial wilt in Indonesia. *Contribution No.59*. 19 pp.
- Noerwijati, K. dan M. Rahayu. 2004. Ketahanan klon harapan ubi kayu pada fase vegetatif terhadap penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium* spp. *hlm* :284-291. Dalam : L. Soesanto (Penyunting). *Prosiding simposium nasional I tentang Fusarium*. Unsoed. Purwokerto.
- Nolt, B.L., A.C. Vilasco and B. Pineda.1991. Improve purification procedure and some serological and physical properties of Cassava common mosaic virus

- from South America. *Annals Applied Biology* 118: 105-113.
- Notl, B.L., B.L. Pineda, and A.C. Velasco. 1992. Survey of cassava plantations in Columbia for virus and virus-like diseases. *Plant Pathology* 41: 348-354.
- NRI. 2014. Root and tuber crop. NRI post harvest loss reduction centre. Natural resources Institute- University of Greenwich. 4 pp.
- Ntawuruhunga, P., and J. Legg. 2007. New spread of Cassava Brown streak virus disease and its implications for the movement of cassava germplasm in the East and Central African regions. *Crop Crisis Control Project*. 6 pp.
- Nunung et al. 1988. Pengaruh serangan penyakit layu bakteri (*Pseudomonas solanacearum* Smith.) pada ketahanan klon-klon ubi kayu di Indonesia. *Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Balittan Bogor*. Hlm: 437-443.
- Nunung, H.A., A. Suhendar dan E. Sutarwo. 1987. Pengaruh pemupukan terhadap intensitas serangan penyakit hawar daun ubi kayu dan mati pucuk (*Xanthomonas campestris* pv. *manihoti*s). *Balittan Bogor*. hlm: 511-515.
- Nunung, H.A.Y. dan M.A. Suhendar. 1992. Kehilangan hasil ubi kayu oleh penyakit hawar daun *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. *Laporan Penelitian 1991/92*. Balittan Bogor.
- Nunung, H.A.Y., N. Zuraida, J. Wargiono, dan Suparman. 1985. Ketahanan klon-klon ubi kayu terhadap bakteri hawar daun/mati pucuk yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. *Buletin Penelitian*. No.1:1-10.
- Obilo, O.P. and B. Ikotun. 2008. Effect of cancer size on availability of cassava planting materials in Nigeria. *African Crop Science Journal*. 16(3): 203-209.
- Obilo, O.P. and B. Ikotun. 2009. The effect of cassava anthracnose disease on the yield of some cassava cultivars in Eastern Nigeria. *Journal of Applied Bioscience*. 14: 761-767.
- Obilo, O.P., B. Ikotun, G.O. Ihejirika, and I.I. Ibeawuchi. 2009. Reaction of selected cassava cultivars to cassava anthracnose disease (CAD) in Nigeria. *Journal of animal & Plant Sciences* 3(2): 196-193.
- Obilo, O.P., B. Ikotun, G.O. Ihejirika, L.L. Ibeawuchi, and T.T. Oben. 2009b. The effect of the incidence of cassava anthracnose disease (CAD) on the performance and yield of cassava cultivars. *Crop Protection* 29(5): 482-485.
- Ogbe, F.O., G.I. Atiri, A.G.O. Dixon, and G. Thottapipilly. 2003. Symptom severity of cassava mosaic disease in relation to concentration of African cassava mosaic virus in different cassava genotypes. *Plant Pathology* 52: 84-91.
- Ogunjobi, A.A., O.E. Fagade, A.G.O. Dixon, and N. Amusa. 2007. Pathological variation in Cassava bacterial blight (CBB) isolates in Nigeria. *World Applied Sci. J.* 2(6): 587-593.

- Ogunjobi, A.A., O.E. Fagade, and A.G.O. Dixon. 2008. Physiological studies on *Xanthomonas axonopodispv. manihotis* (Xam) strains isolated in Nigeria. *Advance in Biological Research* 2(5-6): 90-96.
- Ogwok, E., B.L. Patil, T. Alicai, C.M. Fauquet. 2010. Transmission studies with Cassava brown streak Uganda virus (Potyviridae: Ipomovirus) and its interaction with abiotic and biotic factors in *Nicotiana benthamiana*. *J. Virological methods* 169(2): 296-304.
- Ohunyon, P.U. and J.A. Ogio-Okorika. 1979. Eradication of cassava bacterial blight/ cassava improvement in the Niger delta of Nigeria. In *Cassava bacterial blight in Africa: Past, present and future*. Report interdisciplinary workshop. IITA, Ibadan Nigeria pp: 55-57.
- Okechukwu, R.U., A.G.O. Dixon, M.O. Akoroda, M. Mwang and R. Badyppadhyay. 2009. Root rot resistance in new cassava varieties introduced to farmers in Nigeria. *Experimental Agric.* 45: 15-24.
- Okigbo, R.N., R. Putheti, and C.T. Achusi. 2009b. Post-harvest deterioration of cassava and its control using extracts of *Azadirachta indica* and *Aframomum melegueta*. *E-Journal of Chemistry* 6(4): 1274-1280.
- Okigbo, R.N., R.E. Okorie and R. Putheti. 2009a. In vitro effect of garlic (*Allium sativum* L.) and African basil (*Ocimum gratissimum* L.) on pathogens isolated from rotted cassava roots. *Inverciencia* 34(10): 742-747.
- Okoi, A.I., N.O. Alobi, M. Obi-Abang, M.O. Eko, and E.A. Okon. 2014. Evaluation of two plant extracts for the control of post harvest fungal diseases of cassava (*Manihotesculenta* Crantz.) in Calabr, Nigeria. *Intert. J. of Cassava and Potatoes Research* 2(1): 032-036.
- Oliveira, S.A.S., C.S. Hohenfeld, V.S. Santos, F. Hardad E.J. de Oliveira. 2013. Resistance to *Fusarium* dry root rot disease in cassava accession. *Pesquisa Agropequaria Brasileira* 48(10): 4 pp.
- Oliveira, S.A.S., V.S. Santos, and E.J. Oliveira. 2014. Fast screening methodology for the assessment of cassava resistance to the passalora disease complex. *IHC Brisbane (Abstract)*.
- Onyango, D.M. and D.M. Mukunya. 1982. Distribution and importance of *Xanthomonas manihotis* and *X. cassavae* in East Africa In *Root crops in Eastern Africa*. Proceeding of workshop. IDRC. Kigali, Rwanda. 23-27 November 1980.
- Onyeka, T.J., A.G.O. Dixon and E.J.A. Ekpo. 2005c. Assessment of laboratory methods for evaluating cassava genotypes for resistance to root rot disease. *Mycopathologia* 159(3): 461-467.

- Onyeka, T.J., A.G.O. Dixon and E.J.A. Ekpo. 2005d. Field evaluation of root rot disease and relationship between disease severity and yield of cassava. *Expl. Agric.* 41: 357-363.
- Onyeka, T.J., A.G.O. Dixon and E.J.A. Ekpo. 2005b. Identification of level of resistance to cassava root rot disease (*Botryodiplodia theobromae*) in African landrace and improved germplasm using in-vitro inoculation methods. *Euphytica* 145(3): 281-288.
- Onyeka, T.J., E.J.A. Ekpo and A.G.O. Dixon. 2005a. Virulence and host-pathogen interaction of *Botryodiplodia theobromae* isolates of cassava root rot disease. *J. Phytopathology* 153(11): 7266-729.
- Onyeka, T.J., O.F. Owolade, A.A. Ogunjobi, A.G.O. Dixon, R. Okechucwu, R. Bandyopadhyay, and B. Bamkefa. 2008. Prevalence and severity of bacterial blight and anthracnose diseases of cassava in different agroecological zones of Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* 3(4): 297-304.
- Otim-Nape, G.W. 1980. Cassava bacterial blight in Uganda. *Tropical Pest Management* 26(3): 274-277.
- Otim-Nape, G.W. 1984. *Botryodiplodia theobromae* stem rot of cassava and methods of selecting for resistance. 2nd Symp. ITRC Cameroon. 14-19 August 1983.
- Otim-Nape, G.W. and D. Ingoot. 1985. The effect of plant spacing and number of shoots of cassava on diseases. National Root crops Improvement Programme. Serere Agric. Research Station. P: 139-152.
- Otim-Nape, G.W., A. Bua, J.M. Thresh, Y. Baguma, S. Oswald, G.N. Ssemakula, G. Akola, B. Byabakama, J. Colvin, R.J. Cooter, and A. Martin. 2000. The current pandemic of Cassava mosaic virus disease in East Africa and its control. Natural resources Institute, Chatham.
- Otim-Nape, G.W., M.W. Shaw, and J.M. Thresh. 1997. The effect of cassava mosaic on yield and compensation in mixed stand of healthy and infected cassava. *Annals Appl. Biol.* 130(3): 503-521.
- Oyeda S. and V. Vardier. Methods for detecting the Cassava bacterial blight pathogen: a practical approach for managing the disease. CIAT and IRD. 1 pp.
- Pacumbaba, R.P. 1987. A screening method for detecting resistance against cassava bacterial wilt. *Journal Phytopathology.* 119(1): 1-6.
- Palomar, M.K. 1980. Screening of cassava variety for resistance to brown leaf-spot. Baybay, kyle. Visca 1980 3 p (PCARR Project No.343) (Abstr.).
- Perera, W.G.S. and E.M. Dassanayake. 2002. Identification and detection of Cassava mosaic virus in cassava. *Ann. Sri Lanka Depart. of Agric.* 4: 313-315.

- Persley, G.J. 1979. Studies on the survival and transmission of *Xanthomonas campestris* on cassava seed. *Annals of Applied Biology* 93: 159-166.
- Persley, G.J. 2008. Studies on the survival and transmission of *Xanthomonas manihotis* on cassava seed. *Annals. Applied Biology* 93(2): 159-166.
- Poubon, C.F.N., E.T. Arah, M. Tehuanyo and F. Tengoua. 2005. Farmers perception of cassava pest and indigenous control methods in Cameroon. *Pest Management* 51(2): 157-164.
- Prasangka, H.M.S., N. Salim, and M.M. Razak. 2008. Evaluation of susceptibility of cassava germplasm to cassava mosaic disease. *J. National Science Foundation of Sri Lanka*.36(1): 99-102.
- Prayogo, Y. dan Sri Hardaningsih. 2002. Identifikasi penyebab penyakit mati pucuk pada ubi kayu dan pengendaliannya. Hlm: 275-282 Dalam Tastra, I.K, J. Sujitno, D.M. Arsyad, Suharsono, M. Sudarjo, Herianto, J.S. Utomo, dan A. Taufiq (Edts.). *Peningkatan produktivitas, kualitas, efisiensi dan sistem produksi Tanaman Kacang-kacangan dan umbi-umbian menuju ketahanan pangan dan pengembangan agribisnis*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Purnawati, A. and H. Nirwanto. 2013. Endophytic bacteria as biocontrol agents of *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* on cassava in vitro. *Proceeding ICGRC*. P.288-
- Purnawati, A. dan H. Nirwanto. 2009. Potensi bakteri endofit sebagai agen pengendali biologi dan aplikasinya pada penyakit hawar daun di sentra ubi kayu di Jawa Timur. Laporan penelitian Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Veteran. Jawa Timur. 26 hlm.
- Pusposendjojo, N. 1980. Stored problem of cassava (*Manihot esculenta*) fungi on dried chips. *South East Asia Symp. Plant. Dis. Tropics*, Bangkok. October 1980. 23 pp.
- Rahaju, M., Titik S., dan Sholihin. 1999. Penyingkapan ketahanan terhadap penyakit bercak daun (*Cercosporidium henningsii*) pada ubi kayu. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI) Komda Jateng dan DIY*. UNS-Surakarta, 5 Desember. hlm:175-178.
- Rahayu, M. dan. N. Saleh. 2013. Penyakit leles pada tanaman ubi kayu: Bioekologi dan cara pengendaliannya. *Buletin Palawija* No.26: 83-90.
- Rahayu, M., Rajid, B.S., dan N. Saleh. 2011. *Fusarium* sp. Isolat Mukibat dan patogenisitasnya pada ubi kayu. *Seminar Akselerasi Inovasi Teknologi untuk mendukung peningkatan produksi aneka kacang dan umbi*. Puslitbangtan. Hlm: 515-521.
- Rahayuningsih, St.A., K. Hartojo, M. Anwari, dan Sumartini. 1995. Tanggap kultivar plasmanutufah ubi kayu terhadap penyakit bercak coklat (*Cercospora henningsii*

- Allesch Deighton) di Inlitkabi Muneng. Kongres Nasional XIII dan Seminar Ilmiah PFI. Mataram 27-29 September 1995. Hlm: 176-179.
- Ramkat, R., A. Calari, F. Maghuly, and M. Laimer, 2011. Occurrence of African cassava mosaic virus (ACMV) and East African mosaic virus-Uganda (EACMV-UG) in *Jatropha curcas*. BMC Proceeding. 3 pp.
- Razdan, V.K. and S. Gupta. 2009. Integrated disease management: Concepts and Practices. In Integrated pest managements: Innovation-Development process. Pp:369-389
- Reighwage, M. 2013. Columbia is key in the fight against cassava witches' broom disease in South East Asia. 4 pp.
- Restrepo, S., M.G. Duque and V. Verdier. 2000. Characterization of pathotypes among isolates of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihoti* in Columbia. Plant Pathology 49: 680-687.
- Rickard, J.E. and D.G. Coursey. 1981. Cassava storage Part I: storage of fresh cassava roots. Tropical Science 23: 1-32.
- Rodriguez, F., M. Mendez, M. Romano, and E. Marys. 2007. Diagnosis of Cassava common mosaic virus by electron microscopy and serology. Acta Microscopica 16(2): 261-261-263.
- Rodriquez, M.X. 1998. Production of phytoalexins in cassava (*Manihot esculenta*-Crantz.) root during post-harvest physiological deterioration. Revista Brasileira de Mandioca. 17: 42.
- Rwegasira, G.M. 2009. Aspect of the epidemiology of Cassava Brown streak virus disease in Tanzania. Thesis. Faculty of Science of University of the Witwatersrand, Tanzania.
- Rwegasira, G.M. and C.M. Rey. 2012. Relationship between symptoms expression and virus detection in Cassava brown streak virus-infected plants. Journal. Agric Sci. 4(7): 246-253.
- Saleh, N. 1986. Penyakit-penyakit virus pada tanaman ubi-ubian. Seminar Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. Hlm: 396-402.
- Saleh, N. dan B.S. Rajid. 2011. Evaluasi ketahanan varietas/klon ubi kayu terhadap penyakit bercak coklat, *C. henningsii* di lahan kering Lampung. Prosiding Seminar Pendampingan Inovasi Pertanian Spesifik lokasi di Provinsi Lampung, 2011: 137-149.
- Saleh, N. dan M. Hadi. 2012. Pengendalian kimiawi penyakit bercak daun coklat pada ubi kayu. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka kacang dan Umbi tahun 2012: 610-620.

- Saleh, N., B.S. Rajid dan M. Hadi. 2013. Ketahanan varietas/klon ubi kayu terhadap bakteri hawar secara alami di lapang. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Puslitbangtan, tahun 2013: 545-552.
- Saleh, N., B.S. Rajid, N. Prasetyaswati dan A. Munip. 2011. Uji adaptasi varietas/klon ubi kayu yang sesuai untuk bahan baku industri di Kalimantan Selatan. Laporan akhir Kerjasama penelitian Balitkabi Malang dengan PT. Bhakti Putra Sejati, Kalimantan Selatan. 21 hlm.
- Saleh, N., M. Rahayu dan M. Hadi. 2014. Identifikasi dan skrining ketahanan varietas/klon ubi kayu terhadap penyakit leles di lapang. Prosiding Seminar Puslitbangtan , tahun 2014: 537-546.
- Saleh, N., S.W. Indiaty, dan M. Rahayu. 2009. Pengendalian hama dan penyakit utama. Dalam J. Wargiono, Hermanto dan Suniardi (Ed). Ubi kayu. Inovasi Teknologi dan Kebijakan Pengembangan. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor. Hlm:168-189.
- Salim, N. and S.H. Bandumala. 2001. Characterization of gemini virus infecting cassava in Sri Lanka, *Vidyodaya Journal of Science* 10: 151-165.
- Sandifolo, V.S. 2005. Estimation of crop losses due to different caused in root and tuber crops. The case of Malawi. Proceeding of the expert consultation on root crop statistic. FAO corporate Document Repository. 7 pp.
- Santos, R.P., M.G. F. do Carmo, M.S. Parraga, D. Macagnan, and C.A. Lopez. 2004. Avaliacao de cultivar de mandioca, para consume in natura, quanto a Resistencia a mancha parda da folha. *Horticultura Brasileira*. 22(2): 232-237.
- Sastrahidayat, I.R. 1979. Penyakit-penyakit ketela pohon di Jawa Timur. Kongres Nasional ke V. dan Seminar Ilmiah PFI. Malang 18-20 Januari 1979. 4 hlm.
- Sastrahidayat, I.R. dan A. Cholil. 1979. Studi penyakit antraknose pada ketela pohon. Kongres Nasional ke V dan Seminar Ilmiah PFI. Malang 18-20 Januari 1979. 9 hlm.
- Scott, S.W., S.A. MacFarlane, W.J. McGavin, D. Fargette. 2014. Cassava Ivorian bacilliform virus is a member of the genus Anulavirus. *Arch. Virology* 159: 2791-2793.
- Semangun, H. 1991. Penyakit-penyakit tanaman pangan di Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 449 hlm.
- Semangun, H. 1992. Host index of plant diseases in Indonesia. Gadjah Mada University Press. 351 hlm.
- Semangun, H. 1996. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 754 hlm.

- Silva, J.M., P.R. Carnelossi, T. Bijora, C.U. Facco, M.H.S. Picoli, E.R. Souto, A.J.B. Pliveira, and A.M.R. Almeida. 2011. Immunocapture-RT-PCR detection of Cassava common mosaic virus in cassava obtained from meristem-tip culture in Parana state. *Trop. Plant Pathol* 36(5):
- Silvester, O., S.U. Aigbe and S.U. Remison. 2010. Minor root rot pathogen of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) in Nigeria. *Archives Phytopathology and Plant Protection* 43(13): 1342-1345.
- Singh. 1980. A check list of host and diseases in Malaysia. Min. Agric. Malaysia. 280 pp.
- Smith, G. 2014. Emergency taskforce to tackle curse in Cambodia. <http://www.ciatnews.cgiar.org/2014/12/08/emergency-taskforce-to-tackle-cassava-curse-in-cambodia>. 6pp.
- Soko, M.M., N.M. Mahungu, and M.P.K.J. Theu. 2007. The effect of East African cassava mosaic virus disease on cassava (*Manihot esculenta*) planting materials and subsequent yield. *Malawi Journal of Agric. Sci.* 3(1):12-16.
- Soyode, F.O. and O.J. Oyetunji. 2000. Use of morphological characters to identify cassava mosaic disease and Cassava bacterial blight resistance. *African Crop Science* 17(1):25-30.
- Stanley, J. and M.R. Gay. 1983. Nucleotide sequence of cassava latent virus DNA. *Nature* 301: 260-262.
- Suseno, R. dan S. Andayani. 1975. Penyebab penyakit mosaik pada ketela pohon di Jawa. Kongres Nasional III dan Seminar Ilmiah PFI. Cibogo Februari 1975. Hlm: 137-140.
- Takatsu, A. and S. Fukuda. 1988. Current status cassava diseases in Brazil. In: S.K. Hann and F.E. Caveness (Eds.). Integrated pest management for tropical root and tuber crops. Proc. of the workshop on the global status and prospect for integrated pest management of root and tuber crops in the tropic. Ibadan, Oct. 25-30, 1987. Nigeria. p:127-131.
- Takatsu, A., S. Fukuda, S.K. Hahn, and F.E. Caveness. 1990. Integrated pest management for tropical root and tuber crops In Hahn, S.K. and F.E. Caveness (Eds.). Proceeding of the workshop on the global status and prospect for IPM of root and tuber crops. Ibadan Nigeria 25-30 October 1987. IITA Ibadan-Nigeria. Pp: 127-131.
- Tan, S.L., and S.L. Goh. 1986. Methods in the screening for field resistance to *Cercospora henningsii* Allescher in cassava. CAB Abstract.
- Teri, J.M., H.D. Thurston, and J.C. Lozano. 1977. The *Cercospora* leaf diseases of cassava. Proceeding Cassava Protection Workshop, CIAT Cali Columbia. P:101-116.

- Teri, J.M., P.W. Mtakwa and D. Mshana. 1984. Cassava yield losses from brown leaf spot induced by *Cercospora henningsii*. In E.P. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene, and N.M. Mahungu (Eds.). Tropical root crops: Production and uses of the international society for tropical root crops-Africa Branch held in Douala, August 14-19, 1983. Cameroon. p:79-81.
- Theberge, R.I. 1985. Common African Pests and diseases of cassava, Yam, Sweet potato and Cocoyam. IITA Ibadan Nigeria.
- Thresh, J.M. and R.J. Cooter. 2005. Strategies for controlling cassava mosaic virus disease in Africa. *Plant Pathology* 54: 587-614.
- Thresh, J.M., G.W. Otim-Nape, and D. Fargette. 1998. The control of African cassava mosaic virus disease: Phytosanitation and/or resistance? Pp: 670-677 In A. Hadidi, R.K. Khetarpal, H. Koganrzawa (Ed.) American Phytopathological Soc. Press.
- Thresh, J.M., G.W. Otim-Nape, J.P. Legg and D. Fargette. 1997. African cassava mosaic virus disease: the magnitude of the problem. *African Journal of root and tuber crops* 2: 13-19.
- Tominaga, T., H.A.Y. Nunung, K. Nishiyama, and A.Ezuka. 1978. *Xanthomonas manihotis* (Arthaud-Berthed and Bondar) Starr, the cause of Cassava bacterial blight in Indonesia. Contribution, Central Research Institute for Agriculture. Bogor No.38. 16 pp.
- Triharso. 1978. Beberapa gatra pengendalian penyakit tanaman dan kemungkinan penerapannya di Indonesia. Yayasan Pembina Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 33 hlm.
- Triharso. 1994. Dasar-dasar perlindungan tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 362 hlm.
- Trujillo, C.A., N.A. Rojas, L. Poulin, C.A. Medina, A. Tapiero, S. Restrepo, R. Koebnik and A.J. Bernai. 2014. Population typing of the causal agent of Cassava bacterial blight in the Eastern plain of Columbia using two types of molecular markers. *BMC Microbiology* 14: 8 pp.
- Ubalua, A.O. and E. Oti. 2007. Antagonistic properties of *Trichoderma viridae* on post harvest cassava root patogens. *African Journal of Biotechnology* 6(2): 2447-2450.
- Ubalua, A.O. and E. Oti. 2008. Evaluation of anti-microbial properties of some medicinal plants for fresh cassava root preservation. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(5): 679-681.
- Udoudoh, P.J. 2011. Post-harvest storage and spoilage of cassava tubers (*Manihot* spp.) in Ikot Ekpene, Akwa Ibom state, Nigeria. *Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing countries* 3(2):34-38.

- Umemura, Y. and K. Kawano. 1983. Field assessment and inheritance of resistance to cassava bacterial blight *Xanthomonas campestris*. *Crop Sci.* 23: 1127-1132.
- Untung, K. 1993. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gadjah Mada University Press Yogyakarta/ 273 hlm.
- Valencia, M., J.A. Arroyave, R. Laberry, C. Lozano. 1993. Study on transmission on the causal agent of the cassava witches'broom. *Fitopatologia* 17(1-2): 39-45.
- Van der Plank, J.E. 1963. Plant disease, epidemic and control. Acad. Press. New York. 349 pp.
- Vauterin, L., B. Hoste, K. Kersters, and J. Swings. 1995. Reclassification of *Xanthomonas*. *International Journal of Systematic Bacteriology* 45: 472-489.
- Verdier, V., G. Mosquera, and K. Assigbetse. 1998. Detection of the Cassava bacterial blight pathogen *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* by polymerase chain reaction. *Plant increase* 82(1): 79-83.
- Verdier, V., P. Dongo, and B. Boher. 1993. Assessment of genetic diversity among strains *Xanthomonas campestris*pv.*manihotis*. *Journal of General Microbiology* 159: 2591-2601.
- Verdier, V., Y. Berthier, P. Dongo, D. Chevrier, and B. Boher. 1992. Molecular epidemiology of *Xanthomonas campestris*pv.*manihotis* causal agent of cassava bacterial blight, *Plant Pathogenic bacteria*. Versailles (France). P. 709-713.
- Vi Le, H. Trinh, Q. Mai, and K. Wyckhuys. 2014. Elucidating identity of cassava witches'broom vectors in Vietnam: A step-wise approach. <https://esa.confex.com/esa/2014/webprogram/paper86419.htm>.
- Wagaba, H., G. Beyene, C. Trembley, T. Alicai, C.M. Fauquet, and N.J. Taylor. 2013. Efficient transmission of Cassava brown streak disease viral pathogens by chip bud grafting. *BMC research Notes* 6: 9 pp.
- Wall, G.C. 2000. Bacterial blight of mendioka (cassava) (*Xanthomonas campestris*pv. *manihotis*). ADAP 2000-1. 1 p.
- Wasswa, P., T. Alicai, and S.B. Mukasa. 2010. Optimisation of invitro techniques for Cassava brown streak virus elimination from infected cassava clones. *African Crop Sci. Journal* 18(4): 235-241.
- Were, H.K., S. Winter, and E. Maiss. 2004. Viruses infecting cassava in Kenya. *Plant Dis.* 88: 17-22.
- Wheatley, C.C. 1989. Conservation of cassava in polyethilen bags. CIAT study guide 04sc07.06 CIAT Columbia.
- William, M.N.M., E.R. Mbega, and R.B. Mabagala. 2012. An outbreak of anthracnose caused by *Colletotrichum goesporioides* f.sp. *manihotis* in cassava in North Western Tanzania. *American Journal of Plant Science* 3: 596-598.

- Winter, S., M. Koerbler, B. Stein, A. Pietruszka, M. Paape, and A. Bulgereitt. 2010. Analysis of Cassava brown streak viruses reveals the presence of distinct species causing Cassava brown streak disease in East Africa. *Journal General Virology* 91: 1365-1372.
- Wokocha, R.C and N.E. Nneke. 2011. Cassava Anthracnose disease and varietal screening for resistance in Akwa Ibom state of Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology*. B1: 889-895.
- Wokocha, R.C and N.E. Nneke. 2011. Cassava Anthracnose disease and varietal screening for resistance in Akwa Ibom state of Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology* B1: 889-895.
- Wydra, K. and W. Msikita. 1998. Overview of present situation of cassava disease in West Africa In Proc. 6th Trienn. Sym. Intern. Soc.Trop. Root Crops. (Eds.) M.O. Akoroda and I. Ekanayake. African Branch (ISTRC-AB) pp: 198-206 Lilongwe, 22-28 October 1995.
- Zettler, F.W. and M.S. Elliott. 1986. An antigenically distinct strain of Cassava common mosaic virus infecting *Cnidoscolus aconitifolia*. *Phytopathology* 76: 632-638.
- Zhou, X., Y. Liu, L. Calvert, C. Munoz, G.W. Otim-Nape, D.J. Robinson and B.D. Robinson. 1997. Evidence that DNA-A of a gemini virus associated with severe cassava mosaic disease in Uganda has arisen by inter-specific recombination. *Journal of General Virology* 78: 2101-2111.
- Zinsau, V., K. Widra, B. Ahohuendo, and B. Hiau. 2004. Effect of soil amendments, intercropping, and planting in combination on the severity of Cassava bacterial blight and yield in two ecozone of West Africa. *Plant Pathology* 53(5): 585-595.

ISBN 978-602-95497-9-9