

PENYAKIT VIRUS TANAMAN UBIJALAR DAN UPAYA PENGENDALIANNYA

Nasir Saleh dan St.A. Rahayuningsih¹⁾

ABSTRAK

Penyakit virus tanaman ubijalar dan upaya pengendaliannya. Di Indonesia, tanaman ubijalar (*Ipomoea batatas*) merupakan sumber karbohidrat yang penting sebagai bahan pangan, pakan maupun bahan baku berbagai industri pangan/non-pangan. Namun demikian karena bukan merupakan komoditas utama, penelitian dan pengembangan komoditas tersebut masih terbatas. Pada tahun 2011, rata-rata nasional hasil ubijalar adalah 12,2 t/ha, masih di bawah potensi hasil beberapa varietas unggul yang mencapai 30–35 t/ha. Salah satu penyebab rendahnya produktivitas ubijalar adalah adanya infeksi virus. Hingga kini di Indonesia, paling tidak terdapat enam jenis virus yang menginfeksi tanaman ubijalar yaitu: *Sweet potato feathery mottle virus* (SPFMV), *sweet potato mild mottle virus* (SPMMV), *Sweet potato latent virus* (SPLV), *Sweet potato chlorotic fleck virus* (SPCFV), *Sweet potato virus-6* (SPV-6) dan *Sweet potato virus-8* (SPV-8). Diduga *Sweet potato virus disease* (SPVD) yang merupakan infeksi ganda SPFMV+SPCSV juga telah ada di Indonesia. Di luar negeri infeksi virus telah terbukti secara nyata merugikan. Infeksi SPVD dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 90%. Pengendalian penyakit virus dapat dilakukan dengan merakit varietas tahan/toleran, menanam bibit sehat, pengaturan lokasi/musim tanam, rotasi tanam, dan pengendalian vektor dengan pestisida. Pendekatan PHT dengan melaksanakan sekolah lapang bagi petani akan lebih meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit virus.

Kata kunci: *Ipomoea batatas*, ubi jalar, penyakit virus.

ABSTRACT

Virus diseases of sweet potato and its control. In Indonesia, sweet potato (*Ipomoea batatas*) is the among important carbohydrate source for food, feed, and rough materials for food and non-food industries. However, since sweet potato is belong to minor commodity, research and development (R

and D) on sweet potato are still limited. In 2011, the National average yield of sweet potato is about 12.2 t/ha, lower than that of yield of improved varieties which potentially up to 30–35 t/ha. One of factors contributed to low sweet potato productivity is virus infection. Up to know, in Indonesia at least six viruses were reported infecting sweet potato are: Sweet potato feathery mottle virus (SPFMV), sweet potato mild mottle virus (SPMMV), Sweet potato latent virus (SPLV), Sweet potato chlorotic Fleck (SPCFV), SPV-6 dan SPV-8. The Sweet potato virus disease (SPVD) caused by dual infection of SPFMV+SPCSV is expected has been present in Indonesia. In abroad, virus diseases is known to cause a significant yield loss. SPVD infection could caused yield losses up to 90%. Virus diseases control could be done by developing and planting resistant/tolerant varieties, healthy seeds planting, selecting of location/season, crop rotation as well as vector control using pesticides. IPM approach through implementing farmer field school will increase the effectiveness of virus disease control.

Keywords: *Ipomoea batatas*, sweet potato, virus diseases.

PENDAHULUAN

Produksi ubijalar dunia yang mencapai 133 juta ton menempatkan ubijalar sebagai bahan pangan ke tujuh terpenting, sedangkan pada tataran negara berkembang posisi ubijalar adalah ke lima terpenting setelah padi, gandum, jagung dan ubikayu (Kreuze dan Fuentes 2008). Negara penghasil utama ubijalar adalah China yang memproduksi lebih kurang 80% produksi dunia, sementara Indonesia merupakan negara produsen ke lima, setelah China, Republik Tanzania, Nigeria dan Uganda (FAO Stat. 2012). Di Indonesia, ubijalar merupakan tanaman sumber karbohidrat umbi-umbian ke dua setelah ubikayu. Pada tahun 2011, produksi ubijalar mencapai 2,17 juta ton, yang dihasilkan dari luas panen lebih kurang 177 ribu hektar dengan rata-rata hasil 12,2 t/ha (Anonim 2011). Hasil tersebut masih lebih rendah dibanding potensi hasil varietas ubijalar unggul yang berkisar antara 30–35 t/ha (Balitkabi 2008). Salah satu penyebab rendahnya hasil ubijalar adalah akibat gangguan hama dan penyakit tanaman, termasuk penyakit virus.

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Email: nasir_kabi@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 26 Desember 2013;
disetujui untuk diterbitkan tanggal 3 Maret 2014.

Diterbitkan di Buletin Palawija No. 27: 15–25 (2014).

Di Indonesia penelitian penyakit virus pada tanaman ubijalar sangat kurang, dibandingkan pada komoditas pangan lainnya. Hal ini disebabkan karena sejauh ini ubijalar bukan merupakan komoditas prioritas sehingga alokasi pendanaan untuk penelitian juga terbatas. Di sisi lain, penelitian penyakit virus memerlukan fasilitas/ peralatan laboratorium yang modern dan mahal. Hingga saat ini program penelitian penyakit virus pada tanaman ubijalar secara terstruktur dan sistematis belum ada. Beberapa kegiatan penelitian penyakit virus ubijalar telah dilakukan di Balai Penelitian melalui kegiatan kerjasama penelitian (misal dengan International Potato Center= CIP) dan di beberapa Perguruan Tinggi.

Penelitian penyakit virus di Indonesia sangat terbatas, oleh karena itu dalam makalah ini sebagian besar bahan diambil dari hasil-hasil penelitian penyakit virus pada tanaman ubijalar

di luar negeri. Penulisan makalah ini bertujuan untuk memberi gambaran arti penting penyakit virus pada tanaman ubijalar dan cara pengendaliannya.

PENYAKIT VIRUS TANAMAN UBIJALAR

Hingga saat ini di seluruh dunia, paling tidak telah diidentifikasi dan dideskripsikan 19 jenis virus yang menyerang tanaman ubijalar. Virus tersebut sebagian besar termasuk anggota genus Potyvirus, dan lainnya dari genus Begomovirus, Cucumovirus, Carlavirus, Crinivirus, Enamovirus, Ipomovirus, Nepovirus dan Tospovirus (Tabel 1).

Kecuali Begomovirus, yang asam nukleatnya berupa asam Deoxiribonukleat (DNA), semua virus pada ubijalar mengandung asam ribonukleat (RNA). Bentuk virus yang menyerang

Tabel 1. Virus, famili dan genusnya serta daerah/negara penyebarannya.

No. Virus	Famili/Genus	Negara penyebaran
1. <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)	Bromoviridae/Cucumovirus	Israel, Mesir, Jepang, Afrika Selatan, Selandia baru
2. <i>Ipomoea yellow vein virus</i> (IYVV)	Geminiviridae/Begomovirus	Spanyol, Italia
3. <i>Sweet potato chlorotic stunt virus</i> (SPCSV)	Closteroviridae/Crinivirus	Seluruh dunia
4. <i>Sweet potato feathery mottle virus</i> (SPFMV)	Potyviridae/Potyvirus	Seluruh dunia
5. <i>Sweet potato latent virus</i> (SPLV)	Potyviridae/Potyvirus	China, Taiwan, Jepang, Indonesia, India, Filipina, Mesir
6. <i>Sweet potato virus-G</i> (SPVG)	Potyviridae/Potyvirus	China, Jepang, Amerika, Mesir, Ethiopia, Nigeria, Peru
7. <i>Sweet potato leaf-curl virus</i> (SPLCV)	Geminiviridae/Begomovirus	Amerika, China, Taiwan, Jepang, Korea, Eropa, Peru
8. <i>Sweet potato leaf speckling virus</i> (SPLSV)	Luteoviridae/Enamovirus	Peru, Cuba
9. <i>Sweet potato mild mottle virus</i> (SPMMV)	Potyviridae/Ipomovirus	Afrika, China, Filipina, Papua New Guinea, Indonesia, India, Mesir, Selandia Baru
10. <i>Sweet potato mild speckling virus</i> (SPMSV)	Potyviridae/Potyvirus	Argentina, Filipina, Mesir, China, Indonesia, Afrika, Selatan, Nigeria, Selandia baru
11. <i>Tomato spotted wilt virus</i> (TSWV)		Bunyaviridae/Tospovirus
12. <i>Sweet potato virus-6</i>	–	Peru, Cuba, Filipina, Indonesia, Mesir, Uganda, Kenya, Afrika Selatan, Selandia baru
13. <i>Sweet potato caulimo-like virus</i>	Caulimoviridae	China, Mesir, Uganda, Nigeria, Kenya
14. <i>Sweet potato chlorotic fleck virus</i> (SPCFV)	Flexiviridae/Carlavirus	Amerika Selatan, Kuba, China, Taiwan, Jepang, Korea, Asia, Selandia Baru
15. <i>Ipomoea crinkle leaf curl virus</i> (ICLCV)	Geminiviridae/Begomovirus	Israel
16. <i>Sweet potato ringspot virus</i> (SPRSV)	Comoviridae/Nepovirus	Papua New Guinea, Kenya
17. <i>Sweet potato vein mosaic virus</i> (SPVMV)	Potyviridae	Argentina
18. <i>Sweet potato virus-2</i> (SPV2)	Potyviridae	Amerika, China, Taiwan, Afrika Selatan, Australia, Portugal
19. <i>Sweet potato yellow dwarf virus</i> (SPYDV)	Potyviridae/Ipomovirus	Taiwan, Timur Jauh

Sumber: Valverde *et al.* 2007; Kreuze dan Fuentes 2008.

tanaman ubijalar beragam mulai dari bentuk isometric (bundar) berukuran 25–85 nm, berbentuk batang lentur dengan panjang 600–900 nm, benang (1250–2000 nm), dan kembar (gemini) masing-masing dengan ukuran 18–20 nm. Berdasarkan komposisi kimia, virus ubijalar terdiri atas asam nukleat dan protein dengan persentase yang beragam. Hanya kelompok Tospovirus (*Tomato spotted wilt virus*) yang selain asam nukleat dan protein, juga mengandung lemak (lipid) (Tabel 2).

Stabilitas virus ubijalar di dalam larutan ekstrak daun sakit secara umum termasuk kurang stabil. *Thermal inactivation point* yaitu titik suhu dimana virus menjadi inaktif berkisar antara 40–80 °C, *Dilution end point* yaitu titik pengenceran terakhir 10^{-2} – 10^{-6} , dan akan rusak serta tidak aktif apabila disimpan selama 4–35 hari.

Virus-virus tersebut diketahui telah menginfeksi dan menyebar di berbagai negara penghasil ubijalar. Di antara virus-virus tersebut yang diketahui telah menyebar secara luas di seluruh dunia adalah SPFMV dan SPCSV (Gibson *et al.* 2002; Tairo and Kullaya 2004; Domola *et al.* 2008; Opiyo *et al.* 2010)(Tabel 1).

Di lapang, dengan tersedianya sumber inokulum virus yang beragam serta adanya serangga vektor virus yaitu kutu daun Aphid dan kutu kebul *Bemisia tabaci*, besar kemungkinan satu tanaman terinfeksi oleh lebih dari satu jenis virus yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Sweet potato virus Disease* (SPVD) merupakan gabungan infeksi SPFMV yang ditularkan oleh aphid dan SPCSV yang ditularkan oleh *B. tabaci* (Gibson *et al.* 2002; Gutierrez *et al.* 2003). Clark dan Hoy (2006) melaporkan adanya kasus infeksi ganda

Tabel 2. Karakteristik genus virus ubijalar.

Genus virion	Genom	Morfologi dan ukuran	Stabilitas	Komposisi kimia
Potyvirus	ss RNA	Filamentous, 700–900nm	TIP: 55–65°C DEP: 10^{-4} – 10^{-6} Longe.: 4–10 hari	5,5% asam nukleat 94,5% protein
Cucumovirus	ssRNA	Isometrik, 29 nm	TIP : 70 °C DEP : 10^{-3} Longe: 4 hari	18% asam nukleat 82% protein
Begomovirus	ssDNA	Gemini, 18–20 nm	TIP : 40–80 °C DEP : 10^{-2} – 10^{-3} Longe : 1–2 hari	20–30% asam nukleat 70–80% protein
Crinivirus	ssRNA	Filamentous, 1250–2000 nm	TIP : 40–60 °C DEP: 10^{-3} – 10^{-4} Longe: 2–6 hari	5,2% asam nukleat, 94,6% protein
Enamovirus	ssRNA	Isometrik, 25 nm	TIP : 50–70 °C DEP : 10^{-2} Longe: 14–21 hari	28% asam nukleat, 72% protein
Ipomovirus	ss RNA	Filamentous, 700–900 nm	TIP: 55–65°C DEP: 10^{-4} – 10^{-6} Longe: 4–10 hari	5,5% asam nukleat 94,5% protein
Tospovirus	ssRNA	Isometrik 85 nm	TIP: 45 °C DEP : 10^{-3} Longe: <5 hari	5% asam nukleat 70% protein, 20% lemak, 5% karbohidrat
Carlavirus	ssRNA	Filamentous, 600–700 nm	TIP: 55–70 °C DEP : 10^{-3} – 10^{-5} Longe : 2–6 hari	5,5% asam nukleat, 94,5% protein
Nepovirus	ssRNA	Isometrik, 28 nm	TIP : 60–75 °C DEP : 10^{-2} – 10^{-3} Longe : 7–35 hari	35% asam nukleat, 65% protein

Keterangan: TIP =Thermal inactivation point, DEP= Dilution end point, Longe = Longevity
Sumber: Boswell dan Gibbs 1983.

(dua jenis virus) SPFMV+ SPVG, atau bahkan tiga jenis virus yang berbeda, SPFMV+ SPVG +IPMV. Lebih lanjut dilaporkan bahwa berdasarkan hasil survei dan uji serologi ELISA pada membrane Nitrocellulose (NMC-ELISA) dari sejumlah besar sampel tanaman yang dikumpulkan dari berbagai pusat produksi ubijalar diketahui bahwa SPVD (infeksi ganda SPFMV+SPCSV) merupakan penyakit virus yang dominan di Uganda, Kenya, Afrika Selatan (Gibson *et al.* 2002; Tairo and Kullaya 2004; Domola *et al.* 2008; Opiyo *et al.* 2010).

Di Indonesia, Manzila dan Machmud (1997) melaporkan bahwa berdasarkan NMC-ELISA dari 100 sampel daun tanaman ubijalar yang diperoleh dari Provinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Irian Jaya (Papua) menggunakan enam antiserum SPFMV, SPMMV, SPLV, SPCPV, SPV-6 dan SPV-8 menunjukkan adanya virus SPFMV, SPMMV, SPLV, SPCFV, SPV-6 dan SPV-8. SPFMV merupakan virus yang dominan menyerang tanaman ubijalar. Selanjutnya Paiki dan Erari (2001) menggunakan metode yang sama mendeteksi koleksi plasmanutufah ubijalar Pusat Penelitian Ubi-ubian dan Sagu Universitas Cendrawasih mengidentifikasi adanya empat jenis virus yaitu: SPCFV, SPFMV, SPMMV, dan SPLV. Virus yang paling banyak dideteksi adalah SPCFV (30,26%), SPFMV (23,68%), SPMMV (1,32%), terinfeksi ganda (SPCFV+SPFMV) 7,89%, terinfeksi tiga jenis virus (SPCFV + SPFMV + SPMMV) 3,95%. Hasil tersebut membuktikan bahwa paling tidak terdapat enam jenis virus yang menginfeksi tanaman ubijalar di Indonesia, baik secara tunggal maupun ganda.

Beberapa tahun terakhir, dalam kerjasama dengan perusahaan domestik dimasukkan beberapa varietas ubijalar dari Jepang seperti Beniazuma, Ayamurashaki, Shiroyutaka untuk ditanam di Indonesia dan hasilnya diekspor kembali ke Jepang. Dari laporan yang ada, di Jepang telah diidentifikasi beberapa virus yang menyerang tanaman ubijalar antara lain: *Sweet potato latent virus* (SPLV), *Sweet potato leaf-curl virus* (SPLCV), *Sweet potato chlorotic fleck virus* (SPCFV), *Sweet potato chlorotic stunt virus* (SPCSV) dan *Sweet potato feathery mottle virus* (SPFMV) (Usugi *et al.* 1991; Kreuze dan Fuentes 2008). Oleh karena itu, mengingat infeksi virus yang bersifat sistemik, pemasukan bahan tanam berupa umbi maupun bibit dari Jepang perlu mendapat pengawasan yang ketat dan mengikuti prosedur karantina yang berlaku.

Adanya infeksi ganda atau lebih, selain menghasilkan ekspresi gejala yang berlainan dibandingkan dengan apabila tanaman terinfeksi secara tunggal oleh masing-masing virus, umumnya juga mengakibatkan kerugian hasil yang lebih besar karena adanya sinergisme virus-virus tersebut (Milgram *et al.* 1996; Gutierrez *et al.* 2003; Clark dan Hoy 2006).

BIOEKOLOGI PENYAKIT VIRUS TANAMAN UBIJALAR

Penularan virus melalui bahan perbanyak. Infeksi virus pada tanaman bersifat sistemik, karena virus berkembang dan terdapat menyebar di hampir seluruh bagian tanaman. Hanya pada bagian tertentu tanaman, misalnya pada jaringan meristem titik tumbuh yang sel-sel aktif membelah dan berdeferensiasi masih bebas dari infeksi virus. Apabila tanaman telah terinfeksi virus, maka dapat dipastikan stek ubijalar yang diambil dari bagian batang atau ujung tanaman juga sudah terinfeksi dan mengandung virus. Pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, penyebaran virus melalui stek/umbi merupakan cara penyebaran yang dominan. Di Indonesia, sistem perbenihan pada tanaman ubijalar belum berjalan dengan baik. Pada umumnya petani memperoleh bibit/stek ubijalar dari pertanaman musim sebelumnya, dari petani tetangga dalam satu hamparan, atau pertanaman dari desa/ daerah lain (Saleh *et al.* 2002). Apabila bibit yang dibeli tersebut telah terinfeksi virus, maka secara tidak langsung akan membantu penyebaran virus dari satu daerah/wilayah ke daerah/wilayah lainnya serta dari satu musim ke musim tanaman berikutnya.

Berbeda dengan tanaman yang diperbanyak dan dikembangkan dengan biji, perbanyak dan pengembangan tanaman ubijalar dilakukan melalui bibit yang diperbanyak secara vegetatif. Perbanyak secara generatif dengan biji hanya dilakukan dalam proses perakitan varietas melalui persilangan. Hal ini berarti bahwa di lapangan, penularan virus melalui biji tidak memegang peranan penting dalam penyebaran dan perkembangan epidemi penyakit virus pada ubijalar. Hingga saat ini belum diketahui dengan pasti virus-virus yang menular melalui biji tanaman ubijalar.

Penularan oleh serangga vektor. Di lapang, penyakit virus pada tanaman ubijalar sebagian besar ditularkan oleh serangga penular (vektor) virus terutama dari kelompok aphids

(*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. craccivora*, *Lipaphis erysimi*) dan kutu kebul (*B. tabaci*, *B. afer*, *Trialeurodes abutelonina*). Hanya satu jenis virus yaitu *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) yang ditularkan oleh *Thrips* sp. (Tabel 3). *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. craccivora*, *Lipaphis erysimi* jarang berkembang dan membentuk koloni pada tanaman ubijalar. Oleh karena itu serangga aphid yang bersayap (*alatae*) diduga merupakan vektor yang sangat berperan efektif dalam menularkan virus pada ubijalar di lapang. Di lapang, serangan SPVD yang merupakan infeksi ganda SPFMV (ditularkan oleh aphid)+ SPCSV(ditularkan oleh kutu kebul) berkorelasi positif dengan oleh populasi kutu kebul yang tinggi. Hal ini dibuktikan pada saat di lapangan populasi kedua vektor tersebut tinggi, selalu diikuti dengan meningkatnya intensitas serangan SPVD (Ndunguru *et al.* 2009).

Dalam kaitannya dengan serangga penular (vektor), virus tanaman dikelompokkan menjadi virus non-persisten, semi-persisten dan persisten (Gibbs dan Harrison 1976). Virus non-persisten dapat ditularkan oleh serangga penularnya dalam waktu yang sangat singkat. Waktu yang diperlukan vektor untuk mengisap virus dari tanaman sakit dan menularkannya ke tanaman

sehat di sekitarnya hanya beberapa menit saja. Namun vektor tersebut akan segera kehilangan kemampuan menularkan virus tersebut setelah mencucuk dan mengisap beberapa tanaman, apabila tidak mengisap virus lagi dari tanaman sakit. Sebaliknya untuk virus persisten diperlukan waktu yang lama untuk dapat ditularkan vektornya. Virus akan berkembang biak di dalam tubuh serangga hingga pada konsentrasi tertentu dapat ditularkan melalui kelenjar ludah. Tetapi sekali serangga vektor mengisap virus, virus akan hidup dan bertahan dalam tubuh serangga sampai serangga tersebut mati. Virus semi-persisten mempunyai sifat-sifat di antara dua kelompok tersebut. Virus-virus yang menginfeksi tanaman ubijalar sebagian besar tergolong dalam non-persisten (Tabel 3).

Tanaman inang virus. Secara umum virus tanaman ubijalar mempunyai kisaran tanaman inang yang agak terbatas, yaitu pada famili Convolvulaceae seperti *Ipomoea setosa*, *I. nil*, *I. purpurea*, *I. tricolor*, meskipun juga dapat ditularkan secara grafting dan inokulasi secara mekanik ke beberapa tanaman indikator seperti *Chenopodium amaranticolor*, *C. album*, *Nicotiana glutinosa*, *N. clevelandii*, *N. tabacum* dan *N. benthamiana*. Shu *et al.* (2011) mel-

Tabel 3. Pola penularan virus ubijalar oleh serangga penularnya.

No. Virus	Biji	Vektor	Pola penularan
1. <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)	–	Aphid	Non-persisten
2. <i>Ipomoea yellow vein virus</i> (IYVV)	–	–	–
3. <i>Sweet potato chlorotic stunt virus</i> (SPCSV)	Tidak	Whiteflies	Semi-persisten
4. <i>Sweet potato feathery mottle virus</i> (SPFMV)	Tidak	Aphid	Non-persisten
5. <i>Sweet potato latent virus</i> (SPLV)	Tidak	Aphid	Non-persisten
6. <i>Sweet potato virus-G</i> (SPVG)	–	Aphid	Non-persisten
7. <i>Sweet potato leaf-curl virus</i> (SPLCV)	Tidak	Whiteflies	Persisten
8. <i>Sweet potato leaf speckling virus</i> (SPLSV)	–	Aphis	Persisten
9. <i>Sweet potato mild mottle virus</i> (SPMMV)	Tidak	Whiteflies	Semi-persisten
10. <i>Sweet potato mild speckling virus</i> (SPMSV)	Tidak	Aphid	Non-persisten
11. <i>Tomato spotted wilt virus</i> (TSWV)	–	Thrips	–
12. <i>Sweet potato virus-6</i>	–	–	–
13. <i>Sweet potato caulimo-like virus</i> (SPCaLV)	Tidak	–	–
14. <i>Sweet potato chlorotic fleck virus</i> (SPCFV)	Tidak	Whiteflies (?)	–
15. <i>Ipomoea crinkle leaf curl virus</i> (ICLCV)	–	–	–
16. <i>Sweet potato ringspot virus</i> (SPRSV)	–	–	–
17. <i>Sweet potato vein mosaic virus</i> (SPVMV)	–	Aphid	Non-persisten
18. <i>Sweet potato virus-2</i> (SPV2)	–	Aphid	Non-persisten
19. <i>Sweet potato yellow dwarf virus</i> (SPYDV)	–	Whiteflies	Persisten

Keterangan: – : data tidak tersedia; Sumber: Valverde *et al.* 2004; Lobenstein *et al.* 2009.

porkan bahwa *Sweet potato leaf curl virus* (SPLCV) mempunyai inang yang terbatas pada genus *Ipomoea* (famili Convolvulaceae). SPLCV dapat menginfeksi 38 dari 45 jenis *Ipomoea* yang diteliti. SPFMV dapat ditularkan secara mekanis ke beberapa jenis *Ipomoea* spp., seperti *I. batatas*, *I. setosa*, *I. nil*, *I. incarnate* dan *I. purpurea*. Tugume *et al.* (2008) melaporkan bahwa SPFMV dapat menginfeksi 22 jenis *Ipomoea* spp., *Hewittia sublobata* dan *Lepistemon ovariensis*. Selain pada ubijalar, SPFMV juga secara alami dapat menginfeksi *Ipomoea incarnata* (Cadena 1981). *Cucumber mosaic virus* (CMV) mempunyai kisaran inang yang sangat luas. Lebih dari 190 jenis tanaman yang meliputi 40 famili dapat terinfeksi oleh CMV (Lobenstein *et al.* 2009). Keberadaan tanaman inang lain tersebut pada area di sekitar tanaman ubijalar memberi peluang bagi virus untuk terus bertahan pada saat tanaman ubijalar dipanen. Tanaman tersebut selanjutnya dapat berfungsi sebagai sumber inokulum untuk ditularkan kembali ke tanaman ubijalar oleh serangga vektor.

Pola tanam ubijalar. Di Indonesia, tanaman ubijalar banyak diusahakan terutama di lahan tegalan pada musim hujan dan musim kemarau pada lahan sawah sesudah padi dipanen, ditanam secara monokultur atau tumpangsari dengan tanaman pangan lain (Wargiono *et al.* 2011). Di Indonesia, secara umum populasi serangga vektor (aphids dan kutu kebul *B. tabaci*) di lapang mulai muncul keberadaannya pada akhir musim hujan dan terus berkembang selama musim kemarau dan mencapai puncaknya pada musim kemarau II. Populasi serangga mulai turun pada awal musim hujan dan terus turun selama musim hujan. Oleh karena itu intensitas serangan penyakit virus pada tanaman ubijalar pada musim kemarau umumnya lebih tinggi dibandingkan pertanaman di musim hujan.

KERUGIAN HASIL AKIBAT INFEKSI VIRUS

Sebagaimana patogen lain (jamur dan bakteri), infeksi virus pada tanaman akan mempengaruhi proses metabolisme tanaman sehingga menjadi tidak normal, yang terekspresikan dalam bentuk perubahan warna, ukuran, pertumbuhan dan produksi tanaman. Apalagi virus sebagai jasad sub-mikroorganisme yang bersifat parasit obligat dan tersusun dari asam nukleat (DNA/RNA) dan selubung protein, proses replikasinya tergantung sepenuhnya

pada basa-basa nukleotida dan sistem metabolisme yang ada di dalam sel tanaman, sehingga dapat dipastikan perkembangbiakan (replikasi) virus akan berpengaruh langsung pada proses-proses metabolisme (fotosintesis, respirasi, translokasi) tanaman yang terinfeksi.

Kerugian hasil tanaman ubijalar akibat infeksi virus beragam, tergantung pada jenis/strain virus, pola infeksi (tunggal/ganda), varietas, umur tanaman pada saat mulai terinfeksi (periode lama tanaman terinfeksi virus) dan faktor lingkungan yang mendukung perkembangan penyakit. Secara umum jenis/strain virus yang virulen dan mempunyai agresivitas tinggi akan mengakibatkan kerugian hasil yang lebih besar dibanding strain yang kurang virulen, kurang agresif sehingga menghasilkan gejala yang ringan (samar). Infeksi SPFMV umumnya menghasilkan gejala belang yang ringan pada daun, namun ukuran daun dan pertumbuhan tanaman tidak banyak dipengaruhi sehingga tidak banyak berpengaruh terhadap penurunan hasil maupun karakteristik sensoris ubi (Walter dan Moyer 1987). Sebaliknya infeksi SPCSV, selain menunjukkan gejala klorotik pada daun, tanaman yang terserang juga mengalami hambatan pertumbuhan menjadi kerdil (*stunting*) dan nyata menurunkan hasil umbi (Gutierrez *et al.* 2003).

SPVD yang merupakan gabungan dan sinergistik antara infeksi SPFMV+SPCSV mempunyai gejala yang beragam pada masing-masing varietas, namun secara umum mengakibatkan tanaman kerdil, daun menyempit, dengan gejala *vein clearing* (tulang daun jernih) dan bercak ungu. Infeksi SPVD mengakibatkan kehilangan hasil yang lebih besar, dibanding apabila terserang tunggal oleh masing-masing virus tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerugian hasil ubijalar akibat infeksi ganda SPFMV + SPCSV berkisar antara >50% hingga 98% (Tabel 4).

Mc.Gregor *et al.* (2009) melaporkan bahwa titer virus SPFMV+SPCSV pada varietas ubijalar yang tahan (Nas-SPVD) nyata lebih rendah dibanding pada varietas yang rentan (Bx-SPVD). Pada varietas yang rentan (Bx-SPVD), gen kloroplast dan gen yang terkait dengan pengembangan sel akan tertekan, sementara gen yang terkait dengan stress terinduksi. Pada varietas yang tahan hal tersebut tidak terjadi, tetapi gen yang terkait dengan sintesis protein akan terinduksi.

Tabel 4. Kerugian hasil ubijalar akibat infeksi virus.

No.	Virus	Negara	Kerugian hasil (%)	Referensi
1.	SPFMV+SPCSV	Afrika	78	Hahn 1979
2.	SPFMV+SPCSV	Camerun	56–90	Ngeve and Bourkamp 1991
3.	SPFMV+SPSVV	Israel	>50	Milgram <i>et al.</i> 1996
4.	SPLCV	Lousiana USA	26	Clark and Hoy 2006
5.	SPLV	Afrika Selatan	12–22	Domola <i>et al.</i> 2008
6.	SPFMV+SPCSV	Tanzania	56–98	Ndunguru <i>et al.</i> 2009

Catatan: SPCSV=*Sweet potato chlorotic stunt virus*; SPFMV= *Sweet potato feathery mottle virus*; SPVSV= *Sweet potato vein sunken virus*; SPLCV= *Sweet potato leaf-curl virus*; SPLV= *Sweet potato latent virus*.

Di Indonesia telah dideteksi terdapat enam virus yaitu SPFMV, SPMMV, SPLV, SPCFV, SPV-6 dan SPV-8 (Manzila dan Machmud 1997; Paiki dan Erari 2001), tetapi pada saat itu pengujian NMC-ELISA tidak menyertakan antiserum SPCSV. Boleh jadi SPCSV juga sudah terdapat di Indonesia. Hal tersebut dikaitkan dengan kejadian di lapang pada musim kemarau 2010, dimana populasi *B. tabaci* sangat tinggi dan menginfestasi tanaman ubijalar. Pada musim tersebut dilaporkan bahwa pada pertanaman ubijalar di KP Muneng, Probolinggo, selain terinfestasi oleh kutu kebul, juga menunjukkan gejala terinfeksi virus sehingga hasil umbinya jauh lebih rendah dibanding hasil pada musim-musim lainnya pada saat populasi *B. tabaci* tidak terlalu tinggi (Rahayuningsih 2011). Berdasarkan kenyataan tersebut patut diduga bahwa sesungguhnya SPCSV yang ditularkan oleh *B. tabaci* juga sudah ada di Indonesia. Dugaan ini diperkuat oleh adanya gejala infeksi virus pada ubijalar yang berupa daun mengecil, perubahan bentuk daun (malformasi), *vein clearing*, mosaik dan pertumbuhan kerdil yang merupakan gejala karakteristik infeksi SPVD.

PENGENDALIAN PENYAKIT VIRUS

Enam cara pengendalian virus pada pertanaman ubijalar dijelaskan sebagai berikut.

1. Menanam varietas ubijalar yang tahan/toleran. Menanam varietas ubijalar yang tahan infeksi virus merupakan cara paling efektif untuk mengendalikan penyakit virus, karena selain murah, mudah diadopsi petani juga kompatibel dengan cara pengendalian lain. Mwoloto *et al.* (2007) melaporkan bahwa ubijalar varietas Jonathan, Zapallo dan Japonenese bereaksi tahan terhadap infeksi SPVD. Untuk

menentukan ketahanan varietas tersebut perlu dilakukan penelitian yang seksama, karena menurut Bua *et al.* (2006) *landrace* yang menunjukkan kejadian penyakit (*disease incidence*) rendah pada daerah dengan serangan penyakit rendah, ternyata menunjukkan kejadian penyakit yang paling tinggi dibandingkan *landrace* yang berasal dari daerah yang mempunyai kejadian penyakit tinggi. Disarankan agar varietas dari daerah dengan kejadian penyakit yang rendah tersebut dievaluasi di *hot spot* penyakit untuk memastikan tingkat ketahanan dan produksinya.

Sejalan dengan perkembangan penelitian bio-molekuler, upaya untuk mendapatkan varietas ubijalar yang tahan melalui tanaman transgenik telah dilakukan dan memberi hasil yang memuaskan. Di Kenya, Odongo (2006) telah melakukan penyisipan gen coat protein telah mendapatkan klon yang tahan terhadap infeksi SPFMV. Hasil serupa juga dilaporkan di Jepang oleh Okada dan Saito (2008) pada virus yang sama.

Selain varietas tahan, menanam varietas yang bersifat toleran terhadap infeksi virus juga dianjurkan. Dje dan Diallo (2005) melaporkan bahwa klon Guangshu-2 toleran terhadap infeksi SPFMV, sehingga meskipun terinfeksi dan konsentrasi virus dalam tanaman tinggi, namun tidak berpengaruh terhadap hasil umbi.

Di Indonesia hingga saat ini program perakitan varietas unggul ubijalar masih ditujukan terutama pada perbaikan/peningkatan karakter produktivitas, kadar bahan kering tinggi, dan tahan/toleran penyakit kudis (*Sphaceloma batatas*). Mulai beberapa tahun terakhir, sejalan dengan promosi ubijalar sebagai makanan kesehatan (*functional food*), perakitan varietas unggul ubijalar ditujukan untuk mendapatkan

varietas dengan kandungan beta-karoten atau antosianin tinggi. Program penelitian untuk menambahkan karakter ketahanan terhadap infeksi virus dalam merakit varietas unggul baru (VUB) perlu mulai dimasukkan dalam program pemuliaan tanaman ubijalar.

2. Menanam bibit yang sehat. Menanam bibit yang sehat merupakan cara strategis untuk mengendalikan penyakit. Dari bibit yang sehat diharapkan akan tumbuh tanaman yang sehat, vigor dan mampu berproduksi secara optimal. Lepoivre (1998) melaporkan bahwa di China, penggunaan kultur jaringan meristem dapat menghasilkan tanaman yang bebas infeksi virus, dan dapat meningkatkan hasil ubi secara nyata 15–100%, tergantung varietas dan lokasi percobaan. Fuglie *et al.* (1999) juga melaporkan bahwa di China, pertanaman ubijalar yang bibitnya bebas virus, memberikan hasil 30% lebih tinggi dibandingkan yang bibitnya diperoleh dari lapang.

Selain hasil yang lebih tinggi, ubi yang dihasilkan dari bahan tanam yang berkualitas juga mempunyai kualitas yang lebih bagus sehingga petani mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Bryan (2002) melaporkan bahwa penggunaan tanaman bebas virus SPFMV generasi I (G1) akan mempunyai hasil total, persentase ubi yang dapat dipasarkan (*marketable yield*), keseragaman (*uniformity*) yang lebih tinggi dibanding G-2-G-5. Bibit yang bebas virus lebih berperan menunda laju infeksi virus, karena pada tahun ke 5 sebagian besar tanaman sudah terinfeksi kembali virus. Kombinasi isolasi petak perbanyak bibit dan penyemprotan insektisida (aphid) terbukti dapat menunda re-infeksi tanaman oleh virus.

Tanaman ubijalar yang bahan tanamnya berupa stek batang/pucuk yang diambil dari tanaman induknya, perlu kehati-hatian yang lebih serius, karena infeksi virus bersifat sistemik, sehingga virus tersebar di seluruh bagian tanaman. Stek yang diambil dari tanaman yang terserang virus dapat dipastikan juga telah terinfeksi oleh virus. Gusura *et al.* (2009) melaporkan berdasarkan pengamatan gejalanya ada indikasi beberapa varietas menunjukkan sembuh kembali (*recovery*) dari infeksi SPVD. Bahkan sebelumnya Fondong *et al.* (2000) mengungkapkan adanya kasus *reversion*, yaitu kemampuan tanaman yang terinfeksi virus untuk dapat menghasilkan bahan tanam (stek) yang sehat. Tetapi hal tersebut dibantah oleh Gusura *et al.* (2009) yang memastikan bahwa

semua stek yang diambil dari tanaman yang *recovery*, tetap terinfeksi virus dan lambat laun akan menunjukkan gejala.

Teknologi untuk mendapatkan bibit bebas infeksi virus melalui kultur jaringan dan indexing virus telah tersedia. Media yang paling bagus untuk menginduksi tunas adalah media MS padat yang disuplemen dengan 1,0 mg/l BAP, sementara untuk pembentukan akar adalah media MS padat yang disuplemen dengan 0,5 mg/l BAP dan 0,2 mg/l NAA (Yang 2010). Kultur jaringan tunas secara *in vitro* merupakan cara yang sangat bermanfaat untuk menghasilkan plantlet yang bebas virus. Selanjutnya Rukarva *et al.* (2010) melaporkan bahwa kombinasi kultur jaringan meristem dengan terapi panas dapat mengeliminir SPFMV dan SPMV.

Kultur jaringan dari ujung tunas dapat membebaskan tanaman dari infeksi SPFMV (Barahima *et al.* 2003; Chen *et al.* 2008). Di Indonesia kegiatan kultur jaringan untuk membebaskan tanaman dari infeksi virus dan menghasilkan bibit yang bebas virus sejauh ini masih dilakukan dalam taraf penelitian dengan skala laboratorium/rumah kaca dan belum mencapai skala produksi untuk menghasilkan bibit ubijalar bebas virus. Hingga kini sebagian besar petani memperoleh bibit dari pertanaman sebelumnya, dari tetangga atau membeli dari wilayah/desa lain (Saleh *et al.* 2002). Dengan demikian tidak ada jaminan bahwa bibit tersebut sehat, bebas infeksi virus. Lebih dari hal tersebut, sampai sekarang sertifikasi kesehatan benih/bibit belum sepenuhnya diterapkan dalam sertifikasi benih sumber.

Untuk memastikan bibit ubijalar yang akan ditanam terbebas dari infestasi hama/penyakit, petani sering mencelup bibit tersebut dalam larutan insektisida/fungisida selama beberapa menit. Namun untuk infeksi virus cara ini tidak efektif untuk membebaskan bibit dari infeksi virus. Seringkali perlakuan perendaman dalam air panas (*hot water treatment*) yang ditujukan untuk merusak/menonaktifkan virus selalu diikuti oleh menurunnya viabilitas bibit.

3. Memilih lokasi dan musim tanam. Menanam ubijalar pada lokasi yang relatif terisolir dari sumber-sumber virus ubijalar merupakan cara yang dianjurkan. Menanam ubijalar pada musim kemarau I (MK I) relatif aman dari infeksi virus karena pada saat tersebut populasi serangga vektor masih rendah. Kombinasi isolasi jarak dan tanaman pengha-

lang juga dilaporkan membantu mengendalikan SPVD (Gibson 2005).

4. Rotasi tanam. Secara umum virus ubijalar mempunyai kisaran tanaman inang yang relatif sempit, yaitu terbatas pada anggota famili Convolvulaceae. Oleh karena itu rotasi tanaman ubijalar dengan tanaman sereal diharapkan dapat memutus siklus hidup virus ubijalar.

5. Sanitasi lahan. Menurut Gibson *et al.* (2004), tindakan sanitasi dengan mencabut tanaman yang terinfeksi pada umur satu bulan setelah tanam, dan isolasi jarak sejauh 15 m dari pertanaman yang terinfeksi dapat mengurangi penyebaran penyakit SPVD. Kombinasi menanam varietas tahan dan sanitasi merupakan cara yang cukup efektif menekan SPVD di Great lake, Uganda. Di Louisiana, Amerika tanaman *Ipomoea trichocarpa* yang tumbuh di sekitar pertanaman ubijalar dibuktikan merupakan sumber inokulum SPFMV (Clark *et al.* 1986), sehingga perlu dipertimbangkan dalam usaha pengendalian penyakit.

6. Penyemprotan insektisida. Di lapangan penyebaran virus dilakukan oleh serangga vektornya, sehingga mengendalikan vektor virus merupakan salah satu alternatif pengendalian penyakit virus. Namun sebagian besar virus yang menyerang ubijalar ditularkan oleh berbagai jenis kutu daun (aphid) atau *B. tabaci* secara non-persisten. Kelompok virus ini akan sangat mudah diisap dari tanaman sakit dan ditularkan ke tanaman sehat oleh serangga penularnya (vektor) dalam waktu yang singkat (beberapa menit). Oleh karena itu pengendalian penyakit virus dengan cara mengendalikan vektornya dengan insektisida seringkali tidak memberi hasil yang optimal. David *et al.* (2012) melaporkan bahwa penyemprotan insektisida imidacloprid, pyriproxyfen, acetamiprid, dan pymetrozine tidak secara nyata mengurangi populasi kutu kebul maupun intensitas serangan *Sweet potato leaf curl virus* (SPLCV).

Di Tanzania dan Uganda, di mana ubijalar merupakan komoditas pangan utama untuk meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit virus dibentuk kelompok-kelompok tani dan Sekolah lapang petani (Farmer Field Schools) (Rwegasira *et al.* 2004; Gibson *et al.* 2005). Di Indonesia Sekolah lapang petani pada ubijalar telah pernah dilakukan pada tahun 1997 (van de Fliert dan Braun 1997), namun pada saat itu lebih ditujukan pada Pengelolaan Tanaman secara Terpadu tanaman ubijalar secara umum.

Belajar dari sukses PHT pada tanaman padi, pembentukan kelompok-kelompok petani dan Sekolah/Laboratorium Lapang diharapkan akan lebih meningkatkan efektifitas pengendalian penyakit virus pada tanaman ubijalar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian dan bahasan tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Penyakit virus pada ubijalar merupakan penyakit penting dan merugikan
2. Di Indonesia, paling tidak telah ada enam jenis virus yang menyerang tanaman ubijalar yaitu SPFMV, SPMNV, SPLV, SPCPV, SPV-6 dan SPV-8.
3. Terdapat dugaan kuat bahwa SPCSV dan SPVD (infeksi ganda SPFMV+SPCSV) juga telah ada di Indonesia.

Saran

1. Penelitian penyakit virus pada tanaman ubijalar perlu segera dirintis di Balai Penelitian dan Perguruan Tinggi Negeri/Swasta.
2. Untuk mencegah masuknya patogen virus baru bersamaan dengan masuknya bibit dari manca negara, ataupun penyebaran antar-wilayah dalam negara Indonesia, pengetatan karantina internasional dan domestik perlu dilakukan.
3. Perlu pembentukan kelompok-kelompok tani dan Laboratorium/Sekolah Lapang bagi petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. Agricultural Statistics 2011. Ministry of Agriculture. Center for Agriculture Data and Information System. Jakarta. 255 pp.
- Balitkabi. 2008. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balitkabi. Puslit-bangtan. 171 hlm.
- Barahima, Purnomo, dan Wasgito. 2003. Eliminasi Sweet potato feathery mottle virus (SPFMV) pada empat kultivar ubijalar unggul lokal asal Papua melalui teknik Kultur Meristem. *Bul. Agron.*31(3): 81–88.
- Boswell, K.F. and A.J. Gibbs. 1983. Viruses of legumes 1983. Description and key from FIDE. Australian National University. 139 pp
- Bryan, A.D. 2002. Impact of SPFMV and micro propagation on yield, root quality and virus incidence in commercial sweet potato production systems. *The*

- sis. Department of Horticultural Science. North Caroline University.
- Bua, B.E., E. Adipala, and R.W. Gibson. 2006. Reaction of sweet potato landrace to sweet potato virus disease in Uganda, *African Crop Sci.* 14(3): 197–205.
- Cadena, M.A. and R.N. Campbell. 1981. Serologic detection of Feathery mottle virus strains in sweet potato and *Ipomoea incarnata*. *Plant Disease* 65: 412–414.
- Chen, L., Z. Du, T. Hamaguchi, T. Sugita, R. Nagata, H. Tarao and E. Tzuzuki. 2008. Clonal propagation and quick detection of virus-free plants of sweet potato, *Ipomoea batatas*. *Bull. Minamikyushu Univ.* No. 38A: 1–5.
- Clark, C.A., K.S. Derrick, C.S. Pace and B. Watson. 1986. Survey of wild *Ipomoea* spp. as potential reservoirs of Sweet potato Feathery mottle virus in Louisiana. *Plant Disease* 70: 931–932.
- Clark, C.A. and M.W. Hoy. 2006. Effect of common viruses on yield quality of Beouregard sweet potato in Louisiana. *Plant Disease* 90: 83–88.
- David, J., L. Kaishu, and S. Alvin. 2012. Use of insecticides to control the spread of sweet potato leaf curl virus in sweet potato fields. *USDA Agric. Res. Service*: 22–23.
- Dje, Y. and H.A. Diallo. 2005. Detection and distribution of Sweet potato Feathery mottle virus in sweet potato using membrane immunobinding assay. *African J. Biotechnol.* 4(7): 717–723.
- Domola, M.J., G.J. Thomson, T.A.S. Aveling, S.M. Laurie, H. Stridon, and A.A. van den Beng. 2008. Sweet potato viruses in South Africa and the effect of viral infection on storage root yield. *African Plant Protection* 14: 15–23.
- FAO stat. 2012. Top production-sweet potatoes. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Fuglie, K.O., L. Zhang, L.F. Salazar and T. Walker. 1999. Economic impact of virus-free sweet potato seed in Shandong Province, China. *International Potato Center Lima, Peru.* 27 pp.
- Gibbs, A. and B. Harrison. 1976. *Plant Virology. The principles.* John Wiley & Sons New York. 292 pp.
- Gibson, R.W., I. Mpembe, T. Alical, E.E. Carey, R.O.M. Mwanga, S.E. Seal and H.J. Vetten. 2002. Symptoms, aetiology and serological analysis of sweet potato virus disease in Uganda. *Plant Pathol.* 47(1): 95–102.
- Gibson, R.W., V. aritua, E. Byamukama, I. Mpembe, and J. Kayongo. 2004. Control strategies for sweet potato virus disease in Africa. *Res. Report R8243.* 22 pp.
- Gibson, R.W. 2005. Working with farmers to control sweet potato virus disease in East Africa. *DFID Crop Protection Programme.* pp. 28–30.
- Gutierrez, D.L., S. Fuentes and L.P. Salazar. 2008. Sweet potato virus diseases (SPVD) distribution, incidence, and effect on sweet potato yield in Peru. *Plant Disease* 87(3): 297–302.
- Gasura, E., A.B. Mashingaidze and S.B. Mukasa. 2009. Occurrence, prevalence and implication of sweet potato recovery from Sweet Potato Virus Disease in Uganda. *African Crop Science* 9: 601–608.
- Hahn, S.K. 1979. Effect of viruses sweet potato virus disease on growth and yield of sweet potato. *Exp. Agric.* 15: 253–256.
- Kreuze and S. Fuentes. 2008. Sweet potato viruses. *International Potato Center (CIP) Lima, Peru.* pp: 659–669.
- Lepoivre, P. 1998. Production and field evaluation of healthy micro-propagated sweet potato. Development of cultivars resistant to virus complex by plant tissue culture. Summary report of European Commission Supported STD-3 Project (1992–1995) Published by CTA. 4 pp.
- Lobenstein, G., G. Thottappilly, S. Fuentes and J. Cohen. 2009. Virus and phytoplasma diseases *In* G. Lobenstein and G. Thottappilly (Ed.) *The Sweet potato.* Springer Science + Business Media. pp: 105–134.
- McGregor, C.E., D.W. Miano and D.R. La Bonte. 2009. Differential gene expression of resistant and susceptible sweet potato plants after infection with the causal agent of Sweet potato virus disease. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 134(6): 658–666.
- Manzila, I. dan M. Machmud. 1997. Deteksi virus ubijalar menggunakan teknik NCM-ELISA. *Pros. Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah PFI Palembang* 27–29 Oktober 1997. Hlm. 86–91.
- Milgram, M., J. Cohen and L. Lobenstein. 1996. Effect of sweet potato Feathery mottle virus and Sweet potato sunken vein virus on sweet potato yield and rates of reinfection of virus-free planting materials in Israel. *Phytoparasitica* 24(3): 189–193.
- Mwololo, J.K., M.W.K. Mburu, R.W. Njeru, Ematika, N. Kjarje, J.K. Munyua, R.W. Muniga, R. Kapinga, and B. Lemaga. 2007. Resistance of sweet potato genotype to sweet potato virus diseases in Coastal Kenya. *African Crop Science Conf. Proc.* 8: 2083–2088.
- Ndunguru, J., R. Kapinga, P. Sceruwagi, B. Sayi, R. Mwanga, S. Tumwegamire and C. Rugutu. 2009. Assessing the Sweet potato Virus disease and its associated vectors in Northwestern Tanzania and Central Uganda. *African J. Agric. Res.* 4(4): 334–343.
- Ngeve, J.M. and J.C. Bouwkamp. 1991. Effect of sweet potato virus disease on the yield of sweet potato genotypes in Cameroon. *Exp. Agric.* 27: 221–225.
- Okada, Y. and A. Saito. 2008. Evaluation of resistance to complex infection of SPFMVs in transgenic sweet potato. *Breeding Sci.* 58(3): 243–250.

- Opiyo, S.A., E.M. Ateka, P.O. Owour, L.O.A. Manguro, and H.W. Karuri. 2010. Survey of sweet potato viruses in Kenya and detection of Cucumber mosaic virus. *J. Plant Pathol.* 92(3): 797–801.
- Odongo, P.D. Studies on virus resistance in transgenic sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lamb.) expressing the coat protein gene of sweet potato Feathery mottle virus. Thesis. Univ. Njoro, Kenya (Abstrc.).
- Paiki, F.A. dan D.K. Erari 2001. Deteksi penyakit virus dengan teknik NCM-ELISA pada koleksi plasmanutfah ubijalar (*Ipomoea batatas*) Pusat Penelitian ubi-ubian dan sagu. Universitas Cendrawasih, Manokwari. Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah PFI Bogor 22–24 Agustus 2001. hlm: 71–73.
- Rukarva, R.J., A.B. Mashingaidze, S. Kyamanywa and S.B. Mukasa. 2010. Detection and elimination of sweet potato viruses. *African Crop Sci. J.* 18(4): 223–233.
- Saleh, N., Jayasinghe, and St.A. Rahayuningsih. 2002. Flow of sweet potato vine cutting planting materials among farmers in East Java. Proc. of CIP-Indonesia Research Review Workshop at Bogor, March 26–27, 2002. pp. 211–225.
- Shu, L.K., H.F. Horrison, A.M. Simmons, S.C. Zhang and D.M. Jackson. 2011. Experimental host range and natural reservoir of Sweet potato Leaf-curl virus in the United States. *Crop Protection* 30: 1055–1062.
- Tairo, F. and A. Kullaya. 2004. Incidence of viruses infecting sweet potato in Tanzania. *Plant Disease* 88: 916–920.
- Usugi, T., M. Nakano, A. Shinkai, and T. Hayashi. 1991. Three filamentous viruses isolated from sweet potato in Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 578: 512–521.
- Valverde, R.A., J. Sim, and P. Lotrakul. 2004. Whitefly transmission of sweet potato viruses. *Virus Res.* 100(1): 123–128.
- Valverde, R.A., C.A. Clark, J.P.T. Valkonen. 2007. Viruses and virus disease complexes of sweet potato. *Plant Virus*: 116–126.
- Van de Fliert, E. and A.R. Braun. 1997. Sekolah lapangan Pengelolaan Tanaman terpadu untuk ubijalar. CIP-ESEAP Bogor. 90 pp.
- Walters, W.M. and J.W. Moyer. 1987. Effect of Feathery mottle virus infection on sweet potato sensory properties. *J. Food Sci.* 52(5): 1298–1301.
- Wargiono, J., T.S. Wahyuni dan A.G. Manshuri. 2011. Pengembangan areal pertanaman dan system produksi. hlm 117–142 *Dalam* Ubi-jalar, Inovasi Teknologi dan Prospek Pengembangan. Puslitbang. Tanaman Pangan. Bogor.
- Yang, X. 2010. Rapid production of virus-free plantlets by shoot tip culture *in vitro* of purple coloured sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.Pak. *J.Botan* 42(3): 2069–2075.