Buletin Hama dan Penyakit Tumbuhan 11(1):26-31 (1999)
Bulletin of Plant Pests and Diseases, ISSN 0854-3836

VIRUS GEMINI PADA CABAI: VARIASI GEJALA DAN STUDI CARA PENULARAN

Eliza S. Rusli[1], Sri H. Hidayat[2, 3], Rusmilah Suseno[2] dan Budi Tjahjono[2]

[1]Pusat Karantina Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta
[2]Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
[3]Penulis untuk korespondensi

ABSTRACT

Geminivirus infecting pepper: symptom variation and transmission study

Infection of geminiviruses has been reported to cause significant yield loss on various crops. Polymerase chain reaction was able to detect geminivirus infection on pepper samples around Bogor and Cipanas, West Java. Symptom variation and transmission of the geminivirus infecting pepper was studied using five solanaceae plants with three different transmission manner, i.e. mechanical inoculation, side grafting, and insect vector. The transmission study showed that mechanical inoculation was not able to transmit the geminivirus, while side grafting and insect vector, Bemisia tabaci, *caused infection with symptoms varies from yellow mosaic, leaf curl leaf distortion, to stunting of the plant. Higher infection was observed on pepper var. Hot Chilli through* B. tabaci *(80%) and side grafting (71.4%) than those on chilli pepper and tomato. DNA fragment of ~ 1.7 kb was amplified using PCR from those plants showing symptoms, but no DNA fragment was observed from symptomless egg plant and tobacco var. White Burley. Thus it can be concluded that the last two kinds of plants were resistant to the geminivirus infecting pepper.*

Key words: *Bemisia tabaci*, geminivirus, grafting, mechanical inoculation, pepper, Solanaceae.

RINGKASAN

Virus gemini pada cabai: variasi gejala dan studi cara penularan

Virus gemini telah banyak dilaporkan menyebabkan kehilangan hasil pada berbagai jenis tanaman. Deteksi dengan teknik polymerase chain reaction *(PCR) terhadap contoh tanaman cabai yang diperoleh dari beberapa lokasi pertanaman di daerah sekitar Bogor dan Cipanas, Jawa Barat membuktikan adanya infeksi virus gemini. Penelitian dilakukan untuk mempelajari variasi gejala virus gemini asal cabai pada lima jenis tanaman dalam famili Solanaceae melalui tiga cara penularan, yaitu dengan inokulasi mekanis, penyambungan, dan serangga vektor. Hasil penularan menunjukkan bahwa virus gemini asal cabai tidak dapat ditularkan secara mekanis melalui cairan perasan daun sakit, tetapi penularan melalui penyambungan samping dan serangga vektor* Bemisia tabaci *dapat menghasilkan infeksi dengan variasi gejala dari mosaik kuning, tepi daun melengkung ke atas, ukuran daun mengecil, sampai gejala kerdil. Persentase infeksi pada tanaman cabai besar var. Hot Chilli melalui* B. tabaci *(80%) dan penyambungan (71,4%) lebih tinggi dibandingkan hasil infeksi pada tanaman cabai rawit dan tomat. Pengujian dengan teknik PCR berhasil memperoleh fragmen DNA berukuran ~ 1,7 kb dari tanaman cabai besar, cabai rawit dan tomat yang bergejala, sementara dari tanaman terung dan tembakau var.* White Burley *yang tidak menunjukkan gejala tidak diperoleh fragmen DNA. Hal ini membuktikan bahwa kedua tanaman tersebut resisten terhadap infeksi virus gemini asal cabai.*

Kata kunci: *Bemisia tabaci*, cabai, inokulasi mekanis, penyambungan, Solanaceae, virus gemini.

PENDAHULUAN

Virus gemini termasuk dalam kelompok virus tanaman dengan genom berukuran 2,6-2,8 kb berupa utas tunggal DNA yang melingkar, dan terselubung dalam virion ikosahedra kembar (*geminate*) (Harrison 1985; Lazarowitz 1987). Replikasi virus terjadi dalam bagian nukleus tanaman melalui pembentukan utas ganda DNA (*double stranded DNA replicative form*). Kelompok virus gemini dibedakan dalam tiga subgrup, subgrup pertama memiliki genom yang monopartit, menginfeksi tanaman-tanaman monokotiledon dan ditularkan oleh vektor wereng daun (*leafhopper*); subgrup kedua juga ditularkan oleh vektor wereng daun, dan memiliki genom monopartit, tetapi menginfeksi tanaman-tanaman dikotiledon; subgrup ketiga memiliki anggota yang paling banyak dan beragam, dengan genom bipartit, menginfeksi tanaman-tanaman dikotiledon dan ditularkan oleh serangga vektor kutu kebul (*Bemicia tabaci* Genn.) (Gilbertson *et al.* 1991).

Virus kelompok gemini yang memiliki vektor *B. tabaci* memiliki daerah persebaran yang luas terutama di daerah-daerah tropik dan subtropik tempat *B. tabaci* dapat berkembang dengan baik. Penyakit-penyakit yang ditimbulkan oleh virus kelompok gemini ini menjadi kendala yang penting bagi produksi tanaman (Bock 1982). Pada beberapa kasus, infeksi oleh virus-virus gemini dapat sangat berat sehingga tanaman tidak dapat tumbuh, contohnya adalah *African cassava mosaic geminivirus* (ACMV) dan *tomato yellow leaf curl geminivirus* (TYLCV) di belahan dunia timur dan *bean golden mosaic geminivirus* (BGMV) di belahan dunia barat. Di Indonesia, penyakit krupuk pada tembakau menjadi sangat penting sejak 1984 karena serangan virus krupuk dapat menyebabkan daun-daun tembakau tidak dapat lagi digunakan sebagai pembungkus cerutu (Trisusilowati 1989).

Akhir-akhir ini perhatian terhadap virus kelompok gemini semakin meningkat terbukti dengan semakin banyaknya penelitian yang berfokus pada masalah ini. Sayangnya di Indonesia baru dua penyakit yang telah terbukti disebabkan oleh virus gemini, yaitu penyakit kerupuk pada tembakau dan penyakit kuning pada babadotan (*Ageratum conyzoides*).

Dari pengamatan lapangan di daerah Bogor antara bulan April sampai dengan Agustus 1998 terlihat gejala infeksi virus gemini pada beberapa tanaman cabai yang berupa kekuningan pada daun dan daun mengecil. Keberadaan virus gemini pada cabai tersebut baru dapat dilaporkan pada tahun 1999 (Hidayat *et al.* 1999).

Penelitian dilakukan untuk mempelajari karakter biologi virus tersebut yang mencakup studi kisaran inang dan cara penularan. Studi kisaran inang virus dapat menunjukkan tanaman-tanaman yang dapat terinfeksi oleh virus dan gejala yang timbul, sedangkan studi cara penularan virus dapat menunjukkan apakah virus dapat ditularkan oleh satu atau beberapa cara penularan.

BAHAN DAN METODE

Deteksi Isolat Virus Gemini

Pengumpulan tanaman cabai yang diduga terinfeksi virus gemini dilakukan melalui kegiatan survei ke beberapa pertanaman cabai di daerah sekitar Bogor dan Cipanas, Jawa Barat. Tanaman dari lapang tersebut dipindahkan ke dalam pot-pot dan dipelihara di rumah kaca. Deteksi virus gemini dilakukan melalui tahapan ekstraksi DNA mengikuti prosedur Dellaporta *et al.* (1983). dan amplifikasi DNA dengan proseder Rojas *et al.* (1993) menggunakan primer universal virus gemini yaitu PAL1V 1978 dan PAR1C 715.

Pemasangan primer universal yang digunakan akan mengamplifikasi DNA virus yang mencakup bagian dari gen selubung protein, gen replikasi dan daerah *common region*.

Identifikasi, Pemeliharaan dan Perbanyakan *B. tabaci*

Identifikasi dilakukan dengan pembuatan preparat mikroskop kantung pupa kutu kebul menurut metode Martin (1987).

Serangga vektor *B. tabaci* yang telah diidentifikasi dipelihara pada tanaman brokoli *Brassica leraceae* var. *italica* sehat yang berumur 4-6 minggu. Tanaman yang telah mengandung sejumlah telur serangga dipindahkan dari kurungan lama ke kurungan baru tanpa mengikutsertakan serangga dewasa yang ada. Dari telur serangga tersebut akan muncul nimfa dan imago baru yang merupakan imago bebas virus yang akan digunakan sebagai vektor dalam uji penularan.

Persiapan Tanaman Uji dan Perbanyakan Sumber Inokulum

Tanaman-tanaman uji yang digunakan meliputi: cabai besar (*Capsicum annuum*) var. Hot Chilli, cabai rawit (*C. frutescens*) var. Cakra Putih, tomat apel (*Lycopersicon esculentum*) var. Roma, terung ungu panjang (*Solanum melongena*) dan tembakau (*Nicotiana tabacum*) var. White Burley. Sumber inokulum virus diperbanyak pada tanaman cabai rawit.

Penyemaian benih-benih tanaman yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dalam nampan plastik berlubang yang diisi tanah steril. Benih yang telah berkecambah dan memiliki setidaknya tiga helai daun dipindahkan ke kantung plastik hitam (20 cm x 20 cm) yang berisi campuran tanah dan pupuk kandang (2:1) steril.

Perbanyakan inokulum dilakukan dengan metode penularan secara penyambungan. Tanaman-tanaman uji dan sumber inokulum dipelihara dalam rumah kaca yang kedap serangga.

Penularan dengan Penyambungan

Penyambungan dilakukan pada saat tanaman uji berumur 4-6 minggu setelah tanam. Penyambungan dilakukan dengan membuat irisan tipis pada bagian ujung tangkai dari daun tanaman sakit (*scion*), yang kemudian disisipkan ke dalam sayatan yang dibuat agak serong ke dalam pada sisi batang tanaman uji (*stock*). Bagian sambungan kemudian dibalut parafilm. Sebagai kontrol negatif dengan cara yang sama dilakukan penyambungan menggunakan *scion* yang berasal dari tanaman cabai rawit sehat.

Penularan dengan *B. tabaci*

Umur tanaman uji pada saat penularan dilakukan adalah 3 minggu setelah tanam. Serangga imago diberi periode makan akuisisi pada tanaman sakit selama 24 jam. Setelah itu serangga tersebut dipindahkan ke tanaman uji sebanyak sepuluh ekor serangga per tanaman untuk diberikan periode makan inokulasi selama 24 jam. Setelah melalui periode makan inokulasi serangga dimusnahkan satu per satu. Sebagai kontrol negatif serangga diberikan periode makan akuisisi pada tanaman cabai sehat sebelum diberi periode makan inokulasi pada tanaman uji.

Penularan dengan Inokulasi Mekanis

Daun muda tanaman cabai rawit yang terinfeksi virus gemini dihancurkan dalam mortar, kemudian ditambahkan larutan penyangga potasium fosfat (0,1M pH 8) yang mengandung 0,1% β-merkaptoetanol dengan perbandingan daun dan larutan penyangga 1:5 (b/v). Setelah melalui penyaringan dengan menggunakan kain kasa, cairan perasan tanaman sakit tersebut dioleskan pada permukaan daun tanaman uji yang telah ditaburi serbuk Carborundum (600 mesh). Umur tanaman uji pada saat inokulasi adalah 2-3 minggu setelah tanam. Sebagai kontrol negatif daun tanaman uji diolesi dengan larutan penyangga kalium fosfat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala pada Tanaman Cabai di Lapang

Hasil pengamatan lapangan pada beberapa lokasi di daerah Segunung, Cugenang, dan Baranangsiang menunjukkan serangan virus gemini dapat mencapai 100% terutama pada tanaman cabai besar dan cabai rawit. Gejala yang umum terlihat pada pertanaman cabai di Segunung adalah daun menjadi lebih kecil dibandingkan ukuran daun normal, warna daun menjadi kekuningan, dan tanaman mengalami pengerdilan. Tanaman cabai yang berada di daerah Baranangsiang dan Cugenang menunjukan gejala yang sedikit berbeda, yaitu berupa gejala mosaik kuning yang dimulai pada bagian pangkal daun kemudian menyebar ke seluruh luasan daun disertai terjadinya pelekukan tepi daun ke atas.

Polston & Anderson (1997) menyatakan bahwa infeksi virus gemini dapat menghasilkan gejala yang sangat bervariasi tergantung pada strain virus, kultivar dan umur tanaman pada saat terinfeksi, serta kondisi lingkungan. Gejala yang berbeda antara tanaman cabai di Segunung dengan tanaman cabai di Baranangsiang dan Cugenang kemungkinan disebabkan oleh strain virus yang berbeda. Hidayat *et al.* (1999) melaporkan bahwa hasil pemotongan dengan menggunakan enzim restriksi terhadap DNA hasil amplifikasi dengan teknik PCR menunjukkan adanya perbedaan pola enzim restriksi antara virus asal cabai di Segunung dengan virus asal cabai di Baranangsiang dan Cugenang.

Penularan Virus

Tanaman yang diinokulasi secara mekanis dengan cairan perasan daun sakit tidak menunjukkan gejala sampai waktu 2 bulan setelah inokulasi. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, antara lain afinitas virus gemini pada jaringan floem tanaman inang dan stabilitas virus yang rendah bila berada dalam cairan perasan tanaman. de Uzcaregui & Lastra (1978) melaporkan bahwa kemampuan virus bertahan di dalam cairan perasan (*longevity in vitro*) sangat pendek. *Tomato yellow mosaic geminivirus* yang menginfeksi tomat hanya dapat bertahan tidak lebih dari 15 menit dalam cairan perasan. Adanya zat penghambat pada cairan perasan tanaman yang umumnya berupa senyawa polifenol juga dilaporkan dapat mempengaruhi keberhasilan penularan dengan cairan perasan (Couch & Fritz 1990). Pengujian penularan virus gemini dengan inokulasi mekanis sering dilakukan, tetapi penularan dengan metode ini hanya dapat menularkan beberapa jenis virus gemini saja, misalnya *bean dwarf mosaic virus* (Hidayat *et al.* 1993) dan *chlorosis striate mosaic virus* (Francki & Hatta 1980).

Penularan virus gemini asal cabai ini dapat terjadi secara efektif melalui penyambungan dan serangga vektornya, *B. tabaci* (Tabel 1 dan 2). Keberhasilan penularan baik melalui penyambungan maupun serangga vektor bervariasi tergantung pada jenis tanaman uji. Melalui penyambungan diperoleh persen infeksi tertinggi pada tanaman cabai besar (71,4 %) dengan masa inkubasi berkisar 20-29 hari (Tabel 1). Keberhasilan penularan melalui penyambungan sangat bergantung pada kompatibilitas antara jenis tanaman yang digunakan sebagai sumber inokulum (*scion*) dengan jenis tanaman uji (*stock*). Kompatibilitas antara tanaman dalam satu spesies akan lebih besar dibandingkan dengan antar spesies yang berbeda atau jenis yang berbeda. Umumnya virus gemini dapat ditularkan melalui penyambungan dengan cara melukai atau memotong sebagian batang tanaman sehat sampai ke bagian floem batang, sehingga bagian tanaman sakit yang disisipkan pada batang tersebut dengan mudah berhubungan dengan sel-sel pada sel floem (Bock 1982; Agrios 1997). Beberapa virus gemini seperti *mungbean yellow mosaic virus* (Honda *et al.* 1983), *tomato leaf curl virus* (Behjatnia *et al.* 1996) dan *sweet potato leaf curl virus* (Lotrakul *et al.* 1998) juga dilaporkan dapat ditularkan melalui penyambungan.

Penularan melalui serangga vektor dapat dengan mudah dilakukan pada tanaman uji yang relatif muda (3 minggu setelah tanam) menggunakan 10 ekor *B. tabaci* per tanaman. Persentase infeksi yang tertinggi, yaitu 80%, diperoleh dari tanaman cabai besar sementara pada tanaman cabai rawit dan tomat, infeksi mencapai berturut-turut 70% dan 50% (Tabel 2). Masa inkubasi yang diperlukan virus untuk menimbulkan gejala relatif lebih singkat, yaitu sekitar 10-15 hari, apabila dibandingkan masa inkubasi pada penularan dengan penyambungan. Lotrakul *et al.* (1998) juga melaporkan bahwa masa inkubasi virus gemini dari hasil penularan oleh *B. tabaci* adalah 10-16 hari, lebih cepat dibandingkan hasil penularan dengan penyambungan. Keberhasilan penularan virus gemini melalui serangga vektor sangat ditentukan oleh jumlah serangga yang digunakan untuk inokulasi pada tanaman sehat. Menurut Trisusilowati (1989), virus kerupuk tembakau dapat ditularkan hanya dengan satu ekor kutu kebul per tanaman uji. Penularan dengan serangga yang lebih banyak, yaitu 20-50 ekor per tanaman, dapat meningkatkan jumlah tanaman yang terinfeksi dan mempersingkat masa inkubasi virus. Selain jumlah serangga, Idris & Brown (1998) dan Mehta *et al.* (1994) melaporkan bahwa jumlah tanaman yang terinfeksi berkorelasi positif dengan lamanya periode makan akuisisi dan periode makan inokulasi serangga.

Tabel 1. Hasil inokulasi virus gemini isolat Segunung dari tanaman cabai rawit ke beberapa tanaman famili Solanaceae melalui penularan dengan penyambungan

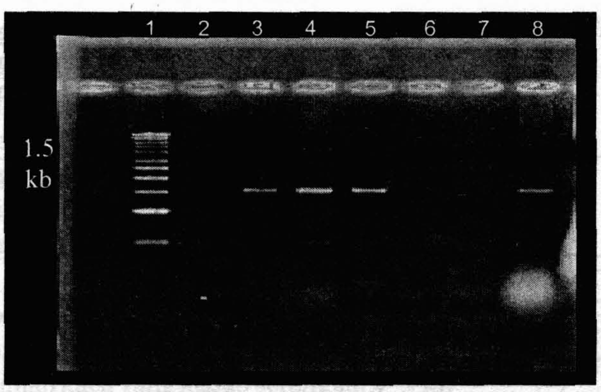
Tanaman uji	Persentase infeksi	Masa inkubasi (hari)
Cabai rawit var. Cakra Putih	57,1	16-30
Cabai besar var. Hot Chilli	71,4	20-29
Tomat apel var. Roma	57,1	19-32
Terung ungu panjang	0,0	-
Tembakau var. White Burley	0,0	-

Tabel 2. Hasil inokulasi virus gemini isolat Segunung dari tanaman cabai rawit ke beberapa tanaman famili Solanaceae melalui penularan dengan serangga vector *B. tabaci*

Tanaman uji	Persentase infeksi	Masa inkubasi (hari)
Cabai rawit var. Cakra Putih	70,0	10-15
Cabai besar var. Hot Chilli	80,0	10-14
Tomat apel var. Roma	50,0	11-15
Terung ungu panjang	0,0	-
Tembakau var. White Burley	0,0	-

Gejala pada Tanaman Uji

Hasil penularan virus gemini pada beberapa jenis tanaman dalam famili Solanaceae seperti yang diuraikan di atas menunjukkan bahwa cabai besar, cabai rawit, dan tomat dapat menjadi inang virus gemini, tetapi tidak demikian untuk tanaman terung dan tembakau. Melalui teknik PCR berhasil dibuktikan bahwa gejala yang tampak berasosiasi dengan infeksi virus gemini, yaitu dengan teramplifikasinya fragmen DNA berukuran ~1,7 kb dari tanaman cabai besar, cabai rawit dan tomat (Gambar 1).



Gambar 1. Hasil amplifikasi DNA virus gemini dengan PCR. Lajur 1: marker 1kb; 2-tanaman sehat sebagai kontrol negatif; 3-hasil penularan pada tanaman cabai rawit; 4-hasil penularan pada tanaman tomat; 5-hasil penularan pada tanaman cabai besar; 6-hasil penularan pada tanaman terung; 7-hasil penularan pada tanaman tembakau; 8-kontrol positif (klon DNA-*pepper leaf curl virus* Thailand)

Infeksi virus gemini pada ketiga tanaman tersebut menghasilkan gejala yang berbeda-beda. Tanaman cabai besar yang terinfeksi daunnya mengalami belang di sekitar tulang daun dengan munculnya warna kuning yang tidak merata. Pada saat tanaman memasuki fase generatif warna kuning semakin meluas, daun mengecil, bunga mengering dan gugur sebelum waktunya. Gejala pada tanaman cabai rawit berupa mosaik kuning dengan permukaan daun yang tidak merata serta tepi daun melekuk ke atas. Sementara gejala pada tanaman tomat berupa pelekukan daun baik ke atas maupun ke bawah, kemudian daun akan mengecil dan kaku. Interaksi virus dengan tanaman inangnya dapat menyebabkan ekspresi gejala penyakit yang sangat bervariasi antara satu jenis tanaman dengan tanaman lainnya. *Bean dwarf mosaic geminivirus* (BDMV) misalnya, menyebabkan kekerdilan dan klorosis pada daun tanaman *P. vulgaris* yang terinfeksi tetapi menimbulkan gejala mosaik kuning pada daun *Sida* spp. (Morales *et al*. 1990). Sementara Wang *et al*. (1996) melaporkan bahwa tanaman *Nicotiana benthamiana* yang terinfeksi BDMV mengalami epinasti dan kerdil.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa virus gemini pada cabai asal Segunung tidak dapat ditularkan secara mekanis dengan cairan perasan tetapi dapat ditularkan melalui penyambungan dan serangga vektor *B. tabaci* ke tanaman cabai besar dan cabe rawit serta tomat, tetapi tidak berhasil ditularkan ke tanaman tembakau var. White Burley dan terung. Berdasarkan kisaran inang ini juga dapat disimpulkan bahwa virus gemini pada cabai berbeda dengan virus gemini penyebab penyakit kerupuk tembakau yang dapat menginfeksi tembakau var. White Burley (Trisusilowati 1989). Keberhasilan mendeteksi virus gemini melalui teknik PCR dengan menggunakan sepasang primer universal untuk virus gemini memberikan peluang untuk mendeteksi lebih banyak lagi virus-virus gemini pada tanaman yang berbeda.

SANWACANA

Tulisan ini merupakan bagian dari tesis program magister penulis pertama. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan berbagai pihak selama pelaksanaan penelitian ini, terutama kepada Ir. Yoyo Sulyo, MS. dari Instalasi Penelitian Tanaman Hias, Segunung, Jawa Barat atas bantuannya dalam kegiatan survei lapangan, dan Ir. Kikin H. Mutaqin, MSi. yang membantu dalam dokumentasi hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Agrios GN. 1997. Plant pathology. 4th ed. New York: Academic Pr.

Behjatnia S, Dry B, Krake LR, Conde BD, Conelly MI, Randles JW, Rezaian MA. 1996. New potato spindle tuber viroid and tomato leaf curl geminivirus strains from a wild *Solanum* sp. Phytopathology 86:880-886.

Bock KR. 1982. Geminivirus disease. Plant Dis 66:266-270.

Couch JA, Fritz PJ. 1990. Isolation of DNA from plants high in polyphenolics. Plant Molec Biol Reptr 8(1):8-12.

Dellaporta, SL, Wood J, Hicks JB. 1983. Aplaud DNA minipreparation: version II. Plant Mol Biol Reptr 1(4): 19-21.

Francki RIB, Hatta T. 1980. Clorosis striate mosaic Virus. Description of plant viruses. CMI No. 221.

Gilbertson RL, Hidayat SH, Martinez RT, Leong SA, Faria JC, Morales F, Maxwell DP. 1991. Differentiation of bean infecting geminiviruses by nucleic acid hibridization probes and aspects of bean golden mosaic in Brazil. Plant Dis 75:336-342.

Harrison BD. 1985. Advances in gemini virus research. Annu Rev of Phytopathol 23:55-82.

Hidayat SH, Gilbertson RL, Hanson SF, Morales FJ, Ahlquist P, Russel DR, Maxwell DP. 1993. Complete nucleotide sequences of the infection cloned DNA of bean dwarf mosaic geminivirus. Phytopathology 83:181-187.

Hidayat SH, Rusli ES, Nooraidawati. 1999. Penggunaan primer universal dalam polymerase *chain reaction* untuk mendeteksi virus gemini pada cabai. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah PFI, Purwokerto, hal 355-359.

Honda MI, Saito Y, Hongmeearkom PT, Kittisak K, Deema N. 1983. Mechanical transmission, purification and some properties of whitefly-borne mungbean yellow mosaic virus in Thailand. Plant Dis 67: 801-804.

Idris AM, Brown JK. 1998. Sinaloa tomato leaf curl geminivirus: biological and molecular evidence for a new subgroup III virus. Phytopathology 88:648-657.

Lazarowitz SG. 1987. The molecular characterization of geminiviruses. Plant Molec Biol Reportr 4(4):177-192.

Lotrakul P, Valverde RA, Clark CA, Sim J, De La Torre R. 1998. Detection of geminivirus infecting sweet potato in the United States. Plant Dis 82:1253-1257.

Martin JH. 1987. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae). Trop Pest Manag 33:298-322.

Mehta P, Wyman JA, Nakhla MA, Maxwell DP. 1994. Polymerase chain reaction detection of viruliferous *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) with two tomato-infecting geminiviruses. J Econ Entomol 87:1285-1290.

Morales F, Niessen A, Ramirez B, Castano M. 1990. Isolation and partial characterization of a geminivirus causing bean dwarf mosaic. Phytopathology 80:96-101.

Polston JE, Anderson PK. 1997. The Emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in western hemisphere. Plant Dis 81(12): 1358-1369.

Rojas MR, Gilbertson RL, Russel DR, Maxwell DP. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly transmitted geminiviruses. Plant Dis 77:340-347.

Trisusilowati EB. 1989. Studi sifat virus penyebab penyakit kerupuk pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Trisusilowati EB, Suseno R, Sosromarsono S, Barizi, Soedarmadi, Nur MA. 1990. Transmission, serological aspects and morphology of the tobacco krupuk virus. Indon J Trop Agric 1(2):75-79.

de Uzcategui RC, Lastra R. 1978. Transmission and physical properties of the causal agent of mosaico amarillo del tomae (tomato yellow mosaic). Phytopathology 68:985-988.

Wang HL, Gilbertson RL, Lucas WJ. 1996. Spatial and temporal distribution of bean dwarf mozaic geminivirus in phaseolus vulgaris and nicotiana benthamiana. Phytopathology 86:1204-1214.