

# Identifikasi Gejala dan Kisaran Inang Enam Isolat *Begomovirus* Cabai di Indonesia (Symptom and Host Range Identification of Six Chilli *Begomovirus* Isolate in Indonesia)

Redy Gaswanto<sup>1)</sup>, Muhamad Syukur<sup>2)</sup>, Sri Hendrastuti Hidayat<sup>3)</sup>, dan Neni Gunaeni<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40791

<sup>2)</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

<sup>3)</sup>Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

E-mail: redwanto\_1@yahoo.co.id

Diterima: 15 Januari 2016; direvisi: 6 Juni 2016; disetujui: 17 Juni 2016

**ABSTRAK.** Perkembangan infeksi *Begomovirus* pada cabai di Indonesia tidak menutup kemungkinan adanya isolat baru yang berbeda gejala dan kisaran inangnya. Tujuan penelitian adalah melakukan identifikasi isolat *Begomovirus* cabai dari beberapa sentra produksi di Indonesia berdasarkan gejala dan kisaran inangnya. Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kasa Virologi Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) Lembang, dari Bulan Mei 2013 sampai dengan Agustus 2013. Isolat *Begomovirus* cabai diperoleh dari enam daerah, yaitu Leuwikopo-Bogor, Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, dan Karangploso-Malang. Isolat *Begomovirus* cabai tersebut diisolasi dan dipelihara pada benih tanaman cabai sehat varietas Tanjung-2 dengan cara ditularkan melalui serangga vektor *Bemisia tabaci* nonviruliferous. Deteksi isolat *Begomovirus* cabai secara *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan sepasang primer universal pAL1v1978/pAR1c715. Identifikasi gejala dan kisaran inang dilakukan pada sembilan jenis tanaman indikator, yaitu cabai, tomat, terung, kacang panjang, buncis, mentimun, babadotan, caisim, dan bayam duri. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Amplifikasi PCR menggunakan primer universal pAL1v1978/pAR1c715 terhadap enam isolat *Begomovirus* cabai berhasil memperoleh fragmen DNA berukuran 1.600 kb. Isolat *Begomovirus* cabai asal Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, dan Karangploso berhasil ditularkan pada tanaman indikator cabai, tomat, terung, mentimun, kacang buncis, kacang panjang, dan babadotan, namun tidak berhasil ditularkan pada tanaman caisim dan bayam duri. Pada tanaman cabai, isolat *Begomovirus* asal Brebes lebih virulen 3,3–10% untuk tingkat kejadian penyakit dengan masa inkubasi lebih cepat 2,7–3,7 hari dibandingkan isolat *Begomovirus* asal Bogor, Magelang, Kediri, Blitar, dan Malang. Untuk kepastian perbedaan enam isolat *Begomovirus* cabai secara molekuler, disarankan untuk analisis peruntukan DNA.

Kata kunci: *Begomovirus*; Gejala; Kisaran inang; Virulen

**ABSTRACT.** Possibility *Begomovirus* infection on chilli in Indonesia continually could appear a new isolate. The research was aimed at identifying chilli *Begomovirus* isolate from some chilli area in Indonesia according to their symptom dan host range. The research was conducted at virology's Laboratory and Screen Net House of the Indonesian Vegetable Research Institute (IVEGRI), from May to August 2013. Chilli *Begomovirus* isolates from six area were collected, namely: Leuwikopo-Bogor, Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, and Karangploso-Malang. All isolates were isolated and maintained to the healthy chilli seedling of Tanjung-2 variety transmitted by insect vector *B. tabaci* nonviruliferous. The molecular isolate detection by *polymerase chain reaction* (PCR) using a pair of universal primers pAL1v1978/pAR1c715. Nine indicator plants were used to identify their symptom and host range, namely chilli, tomato, eggplant, yardlong bean, bean, cucumber, ageratum, caisim, and wild spinach. A randomized block design was used with three replications. Amplification on six chilli *Begomovirus* isolates. Isolates from Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, and Karangploso were successfully transmitted to various indicator plants, i.e chilli, tomato, eggplant, cucumber, bean, yardlong bean, and ageratum weed, but failed on caisim and wild spinach. Isolate from Brebes was 3.3–10.0% more virulent (disease incident parameter) and 2.7–3.7% days shorter (incubation time parameter) than isolate from Bogor, Magelang, Kediri, Blitar, and Malang. DNA sequencing analysis is recommended to be done. Further DNA sequencing was recommended to confirm the molecular differences among the six chilli *Begomovirus* isolates.

Keywords: *Begomovirus*; Symptom; Host range; Virulen

Tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu sayuran penting di Indonesia karena memiliki kandungan nutrisi penting dan nilai ekonomi yang cukup tinggi. Secara umum perkembangan cabai di Indonesia berdasarkan luas panen, produksi, dan produktivitas pada periode 2010–2014 menunjukkan peningkatan. Dari tahun 2013–2014 rerata pertumbuhan luas panen cabai bertambah sekitar 2,16% setiap tahun, sedangkan produksi dan produktivitas bertambah sekitar 6,13% dan 2,58%

setiap tahun. Namun demikian, perkembangan di tiap provinsi ternyata cukup bervariasi, khususnya antarprovinsi Jawa dan di luar Jawa. Pada tahun 2014 Provinsi Jawa Tengah memiliki luas panen terbesar (25.322 ha), sedangkan untuk produksi tertinggi dihasilkan oleh Provinsi Jawa Barat (253.045 ton) dengan produktivitas sekitar 15,00 ton/ha. Namun demikian, hasil ini masih di bawah rerata produktivitas cabai dunia yang mencapai 16,11 ton/ha pada tahun 2011 (Dirjen Hortikultura 2014).

Salah satu faktor yang memengaruhi rendahnya produktivitas cabai nasional ialah adanya infeksi penyakit virus kuning keriting yang disebabkan *Begomovirus*. Di Indonesia, penyakit ini pertama kali dilaporkan oleh Hidayat *et al.* (1999) dan sekarang menjadi salah satu dari dua penyakit utama tanaman cabai di samping penyakit *Anthraco*se. Kehilangan hasil akibat infeksi *Begomovirus* berkisar 20–100% dan secara ekonomi kerugian yang diderita petani cabai dapat mencapai milyaran rupiah (Sulandari *et al.* 2001, Setiawati *et al.* 2008).

Perkembangan luas serangan *Begomovirus* pada pertanaman cabai di Indonesia sangat cepat. Pada tahun 2003, terjadi epidemi serangan *Begomovirus* pada beberapa sentra pertanaman cabai di Indonesia dengan luas serangan berkisar antara 6,2 – 60,0 ha, terutama di Pulau Jawa (Jawa Barat, Jawa Tengah, dan DI Yogyakarta). Kondisi ini masih relatif kecil jika dibandingkan dengan luas area pertanaman cabai di Indonesia yang mencapai 200.000 ha. Namun, pada tahun 2008 serangannya meluas, seperti di Jawa Tengah mencapai 575 ha terutama di daerah Magelang, diikuti Aceh (334 ha), Lampung (274 ha), dan DI Yogyakarta (240 ha) (Hidayat 2003). Kondisi terakhir menunjukkan bahwa *Begomovirus* telah menginfeksi pertanaman cabai merah di hampir seluruh sentra produksi di Indonesia dengan tingkat persentase insiden yang beragam.

Berdasarkan kesamaan sekuen DNA-nya, *Begomovirus* cabai Indonesia di bawah 90% dari spesies yang sudah dilaporkan sebelumnya di *GeneBank* dan diberi nama *pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV) (Mudmainah & Purwanto 2010). Hasil penelitian secara molekuler yang dilakukan Sulandari *et al.* (2006) terhadap genom *Begomovirus* yang dipotong menggunakan enzim restriksi EcoR1, BamH1, dan Pst1 diketahui ada dua tipe pola pemotongan yang mengarah pada perbedaan strain, yaitu tipe Yogyakarta meliputi isolat Sleman 1, Sleman 2, Sleman 3, Kopeng, Muntilan, Ngluwar, Cugenang, dan Lembang, sedangkan tipe Segunung meliputi isolat Segunung dan Bogor. Namun, virus merupakan organisme yang memiliki kemampuan untuk melakukan mutasi secara cepat disebabkan strukturnya yang sederhana berupa DNA atau RNA.

Pulau Jawa masih menjadi sentra utama produksi cabai di Indonesia (Dirjen Hortikultura 2014). Berdasarkan perkembangan infeksi *Begomovirus* di beberapa daerah, serta terjadinya perubahan iklim dan ekosistem di Pulau Jawa maka sangat dimungkinkan terjadinya isolat baru yang berbeda gejala dan kisaran inangnya. Untuk membuktikan hal tersebut maka dilakukan pengambilan sampel tanaman cabai terinfeksi *Begomovirus* dari enam daerah di Pulau Jawa, yaitu Bogor, Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, dan Malang.

Untuk mengetahui adanya perubahan kisaran inang dari isolat *Begomovirus* tersebut maka dilakukan uji penularan pada berbagai spesies tanaman dan gulma yang keberadaannya sering terdapat di sekitar lahan pertanaman cabai, termasuk juga tanaman dan gulma yang berdasarkan informasi hasil penelitian sebelumnya bukan merupakan inang *Begomovirus*.

Tujuan penelitian ialah melakukan identifikasi gejala dan kisaran inang beberapa isolat *Begomovirus* cabai yang diperoleh dari enam daerah di Indonesia untuk penentuan tingkat virulensinya. Informasi tentang identitas dan keragaman *Begomovirus* yang menginfeksi pertanaman cabai di berbagai lokasi di Indonesia akan sangat bermanfaat dalam usaha pengembangan metode pengendaliannya. Hipotesis yang diajukan adalah terdapat perbedaan gejala dan kisaran inang dari enam isolat *Begomovirus* cabai terhadap beberapa spesies tanaman indikator sehingga dapat ditentukan isolat virus yang paling virulen.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Kegiatan eksplorasi pengumpulan dan koleksi isolat *Begomovirus* cabai dilakukan pada enam daerah di tiga provinsi, yaitu Jawa Barat (Bogor), Jawa Tengah (Brebes, Magelang), dan Jawa Timur (Kediri, Blitar, Malang). Adapun penelitian identifikasi gejala dan kisaran inang, dari tiap isolat *Begomovirus* cabai dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kasa Virologi Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) Lembang, dari Bulan Mei 2013 sampai dengan Agustus 2013.

### Bahan yang digunakan

- (1) Enam isolat *Begomovirus* cabai hasil eksplorasi: Tanaman cabai yang bergejala daun keriting kuning khas *Begomovirus* dari tiap lokasi diambil dan dikoleksi. Masing-masing sampel diberi kode daerah (Bogor, Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, Malang). Selanjutnya virus diisolasi dan diperbanyak pada benih tanaman cabai varietas Tanjung-2 menggunakan metode penularan serangga vektor *Bemisia tabaci* (Rusli *et al.* 1999), kemudian dipelihara di rumah kaca untuk digunakan sebagai sumber inokulum dalam penelitian ini.
- (2) Sembilan spesies tanaman indikator, di antaranya kacang panjang (*Vigna unguiculata*) varietas KP-1, caisim (*Brassica sinensis*) varietas LV-145, buncis (*Phaseolus vulgaris*) varietas Horti-1, mentimun (*Cucumis sativus*) varietas Mars, cabai (*Capsicum*

*annuum*) varietas Tanjung-2, tomat (*Lycopersicon esculentum*) varietas Kaliurang, terung ungu (*Solanum melongena*), babadotan (*Ageratum conyzoides*), dan bayam duri (*Amaranthus spinosus*).

- (3) Sepasang primer universal *Begomovirus*, yaitu: pAL1v1978 (5'-GCATCTGCAG GCCACATYGTCTTYCCNGT-3') dan pAR1c715 (5'-GATTTCTGCAGTTDA TRTTYTCRTCCATCCA-3') untuk deteksi kebenaran isolat *Begomovirus* secara molekuler, dikonstruksi berdasarkan daerah genom *Begomovirus* yang memiliki tingkat konservasi tinggi, yaitu di daerah penyandi protein replikasi (Rojas et al. 1993).

### Pelaksanaan Percobaan

Benih sembilan jenis tanaman indikator disemai dan ditanam dalam *polybag* yang berisi tanah steril mengandung humus (perbandingan 4 : 1 volume/volume). Setelah membentuk daun sempurna maka benih tanaman uji tersebut diinokulasi enam isolat *Begomovirus* cabai selama 24 jam menggunakan sekitar 10 ekor *B. tabaci viruliferous* (periode akuisisi 48 jam) per tanaman dalam kotak sungkup kain kasa. Setelah waktu inokulasi terpenuhi, serangga vektor *B. tabaci* diambil dan dimatikan. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan dan jumlah 10 tanaman indikator per perlakuan per ulangan.

Deteksi kebenaran isolat *Begomovirus* cabai secara molekuler menggunakan teknik PCR mengikuti metode Rojas et al. (1993) sebagai berikut: DNA total diekstraksi dari tanaman sakit yang sudah dikeringkan dengan  $\text{CaCl}_2$ . Ekstraksi dilakukan menggunakan metode Dellaporta yang dimodifikasi. Sekitar 0,1 g daun cabai kering ditambah 3 ml bufer ekstraksi (tris-HCl 0,1 M; pH 8,0; EDTA 0,05 M; NaCl 0,5 M; dan 2-merkaptotanol 0,01 M) dilumatkan, kemudian disentrifugasi pada 16.000 g selama 10 menit. Supernatan ditambah 33  $\mu\text{l}$  SDS 1% dan diinkubasi pada suhu  $-65^\circ\text{C}$  selama 10 menit. Setelah ditambah 3 volume KoAc 5 M kemudian disentrifugasi pada 16.000 g selama 10 menit pada suhu  $4^\circ\text{C}$ . Supernatan ditambah 0,5 volume isopropanol bersuhu  $-20^\circ\text{C}$ , diinkubasikan pada suhu  $-20^\circ\text{C}$  selama 10 menit, selanjutnya disentrifugasi pada 16.000 g selama 15 menit pada suhu  $4^\circ\text{C}$ . Pelet dicuci dengan etanol 70% bersuhu  $-20^\circ\text{C}$  dan dikeringkan dalam vakum. Setelah kering, pelet diresuspensi dengan 100  $\mu\text{l}$  akuades dan disimpan pada suhu  $-20^\circ\text{C}$ . Amplifikasi DNA dilakukan menggunakan *ready to go PCR bead* (Amersham Pharmacia Biotech. Inc.),

menggunakan DNA 2  $\mu\text{l}$ , 1  $\mu\text{l}$  masing-masing primer dengan konsentrasi 1  $\mu\text{M}$  dan akuades sampai total volume reaksi mencapai 25  $\mu\text{l}$ . Amplifikasi dilakukan menggunakan mesin *PCR Gene Amp. PCR System 9700 PE Applied Biosystem* sebanyak 30 siklus, dengan tahapan pemisahan utas DNA pada  $94^\circ\text{C}$  selama 1 menit, penempelan primer pada DNA templet pada  $52^\circ\text{C}$  selama 1 menit dan sintesis DNA pada  $72^\circ\text{C}$  selama 2 menit. Hasil amplifikasi DNA selanjutnya dianalisis dengan elektroforesis pada gel agarosa 1% dalam larutan penyangga 0,5 x TBE (Tris borat-EDTA) dengan pewarnaan *etidium bromida*.

### Peubah Pengamatan

Pengamatan dilakukan setiap hari selama 1 bulan, meliputi:

1. Gejala penyakit (*disease symptom*): pengamatan secara visual berdasarkan perubahan warna, morfologi bentuk, dan ukuran daun pada tanaman indikator.
2. Penilaian gejala penyakit (*scoring disease symptom*), dilakukan penilaian variasi gejala visual yang terjadi di lapangan (Ganefiati et al. 2008), skoring gejala (0–5), 0 = tanaman tidak bergejala, 1 = daun kuning, 2 = daun kuning dan keriting, 3 = daun kuning, keriting melengkung ke bawah atau ke atas, 4 = daun kuning keriting melengkung ke bawah dan ke atas, dan 5 = daun kuning, keriting melengkung ke bawah dan ke atas serta tanaman menjadi kerdil.
3. Masa inkubasi (*incubation time*) (HSI): diamati setiap hari setelah dilakukan penularan *Begomovirus* hingga 25 HSI.
4. Kejadian penyakit (*disease incidence*) (%): dihitung berdasarkan proporsi tanaman yang terserang penyakit dalam suatu populasi tanpa memperhitungkan berat atau ringannya tingkat serangan. Rumusnya:  $KP = n / N \times 100\%$ , yang mana  $n$  = jumlah tanaman yang terserang,  $N$  = jumlah tanaman yang diamati.
5. Intensitas penyakit (*disease intensity*) (%): untuk menentukan tingkat keparahan infeksi tiap isolat *Begomovirus* cabai pada tiap jenis tanaman indikator dengan rumus (Yunita & Sudarsono 2004):  $IP = [\sum(n_i \times z_i)] / (N \times Z) \times 100\%$ , yang mana  $n_i$  = jumlah tanaman dengan skor ke- $i$ ,  $z_i$  = nilai skor penyakit dari  $I = 0-5$ ,  $N$  = jumlah tanaman yang diamati,  $Z$  = skor tertinggi (5). Nilai IP yang didapat selanjutnya digunakan untuk mengelompokkan tingkat ketahanan genotipe cabai terhadap *Begomovirus* dengan kriteria (Ganefiati et al. 2008): imun (I) jika  $IP = 0,00\%$ , tahan (T) jika  $IP \leq 10\%$ , agak tahan (AT) jika

10% < IP ≤ 20%, agak rentan (AR) jika 20% < IP ≤ 30%, rentan (R) jika 30% < IP ≤ 50%, sangat rentan (SR) jika IP > 50 %.

Analisis data dilakukan menggunakan uji F dan jika terdapat perbedaan maka dilanjutkan menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kegiatan Eksplorasi Isolat *Begomovirus* Cabai

Kegiatan eksplorasi isolat *Begomovirus* cabai di sentra produksi cabai Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur telah berhasil mengoleksi beberapa isolat *Begomovirus* cabai, di antaranya: Bogor (Jawa Barat), Brebes, Magelang, (Jawa Tengah), Malang, Blitar, Kediri (Jawa Timur). Hasil pengamatan di lapangan selama eksplorasi menunjukkan adanya variasi gejala tanaman cabai terinfeksi *Begomovirus* secara visual di tiap daerah, mulai dari tingkat ekspresi intensitas warna kuning dan gejala keriting pada daun, ukuran daun yang terinfeksi, ukuran tinggi tanaman, tingkat insiden

penyakit, serta tingkat keberadaan vektor di lingkungan sekitar. Hal ini sesuai dengan pendapat Sulandari *et al.* (2006) bahwa gejala utama yang ditimbulkan oleh infeksi *Begomovirus* pada tanaman cabai karena terjadi perubahan warna daun menjadi mosaik kuning, penebalan tulang daun, dan penggulangan daun. Infeksi lanjut menyebabkan daun-daun mengecil dan berwarna kuning terang, serta tanaman menjadi kerdil.

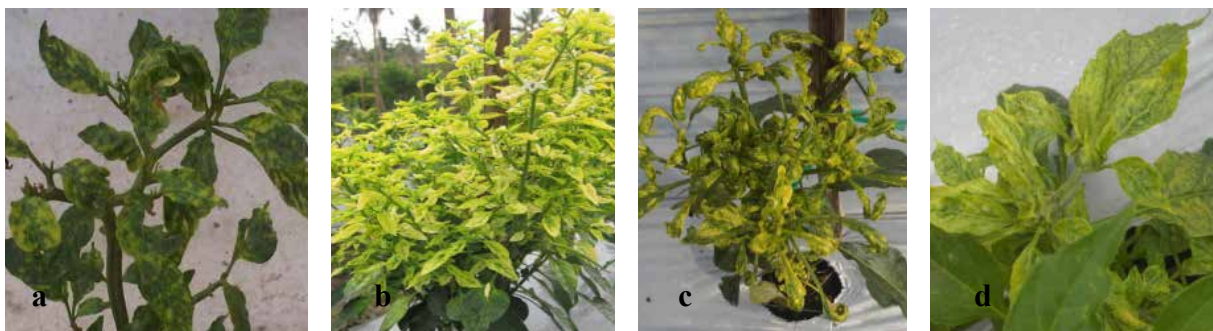
Umumnya gejala dominan tanaman cabai yang terinfeksi *Begomovirus* di daerah Brebes dan Magelang menunjukkan daun berwarna kuning dengan intensitas warna lebih terang dibandingkan di daerah lain, sedangkan gejala dominan di daerah Kediri, Blitar, dan Malang adalah daun keriting, bergelombang, terjadi penebalan dengan warna tidak terlalu kuning, serta tulang daun terlihat seperti membentuk jala. Adapun gejala daun cabai terinfeksi *Begomovirus* di daerah Bogor umumnya ialah mosaik kuning-hijau dan sedikit keriting (Gambar 1).

Adanya variasi gejala *Begomovirus* cabai di berbagai daerah dapat disebabkan beberapa kemungkinan.

**Tabel 1. Variasi gejala delapan isolat *Begomovirus* cabai secara visual (*Symptom variance of eight chilli Begomovirus isolate visually*)**

Isolat ( <i>Isolate</i> )	Variasi gejala di lapangan ( <i>Symptom variance at open field</i> )	Gejala dominan ( <i>Dominant symptom</i> )
Bogor	mc, cp, dk	Daun mosaik
Brebes	mc, ku, kj, kd	Daun warna kuning
Magelang	mc, vc, dk, kd	Daun warna kuning
Kediri	mc, tb, kr	Daun keriting, menebal, dan bergelombang
Blitar	mc, kj, kd	Daun mosaik, mengkerut, tulang daun seperti jala
Malang	mc, dk, hj, tb, kr	Daun keriting, menebal, dan bergelombang

mc : daun mosaik (*mosaic leaf*), vc : *vein clearing*; kj : daun mosaik, mengkerut (*leaf yellowing*); hj : warna daun hijau (*leaf green color*), dk hj : daun kecil hijau (*leaf small and green*), tb : tulang daun menebal (*leaf vein thickness*), kr : daun keriting dan bergelombang (*leaf curling and waving*), kd : kerdil (*stunt*), mf : malformasi (*malformation*) *mosaic, crinkle, vein clearing*), cp : *cupping*; dk : daun kecil (*leaf small*), ku : warna kuning



**Gambar 1. Beberapa gejala tanaman cabai terinfeksi *Begomovirus* (*Several disease symptom of infected chilli plants by Begomovirus*): daun mosaik (*mosaic leaf*) (a), daun kuning terang (*light yellowing leaf*) (b), daun keriting menebal (*thick curling leaf*) (c), daun mosaik, mengerut, tulang daun seperti jala (*mosaic-crinkle leaf, vein clearing*) (d)**

Polston & Anderson (1997) menyatakan bahwa infeksi *Begomovirus* dapat menghasilkan gejala yang sangat bervariasi tergantung pada strain virus, kultivar, umur tanaman saat terinfeksi, serta kondisi lingkungan menyangkut suhu, kelembaban, topografi, serta aktivitas vektor *Begomovirus*. Menurut Sulandari et al. (2004) keragaman gejala tanaman akibat infeksi *Begomovirus* di lapangan dapat ditularkan oleh serangga vektornya pada inang yang sama ataupun yang masih dekat kekerabatannya sehingga tanaman dapat terinfeksi oleh satu jenis *Begomovirus* secara tunggal atau bergabung dengan jenis *Begomovirus* lainnya. Renteria-Canet et al. (2011) menambahkan bahwa infeksi campuran menjadi masalah penting karena merupakan sumber potensial dari keragaman Gemini virus. Hal ini disebabkan terjadinya rekombinasi yang menghasilkan varian atau bahkan spesies virus baru.

Infeksi *Begomovirus* pada varietas atau kultivar yang tahan umumnya tidak menunjukkan gejala atau hanya gejala ringan berupa klorosis pada daun dibandingkan gejala pada varietas rentan. Ketahanan ini dapat diwujudkan sebagai kemampuan tanaman untuk membatasi perkembangan virus pada sel tertentu sehingga virus tidak menyebar ke sel-sel lain (Greenleaf 1986). Fase benih (*seedling*) merupakan fase rentan dari tanaman cabai saat terinfeksi *Begomovirus*. Gejala tanaman yang terinfeksi setelah melewati fase benih biasanya lebih ringan dibandingkan saat fase benih. Menurut Ganefianti et al. (2008) tanaman cabai yang terinfeksi saat fase benih (berdaun 2–4) menimbulkan intensitas penyakit yang paling tinggi. Adanya perbedaan umur tanaman saat terinfeksi inilah kemungkinan menjadi salah satu penyebab terjadinya perbedaan gejala di tiap daerah eksplorasi isolat.

Berdasarkan hasil pengamatan pada enam daerah eksplorasi isolat, ternyata semua daerah eksplorasi lingkungannya menunjang untuk terjadi infeksi *Begomovirus*, di antaranya dekat dengan tanaman inang vektor *Bemisia tabaci* seperti tanaman terung ungu ataupun terdapat tanaman gulma yang dapat menjadi inang *Begomovirus* seperti tumbuhan babadotan (*Ageratum conyzoides*). Padahal diketahui serangga vektor *B. tabaci* sangat *polifag* karena mempunyai kisaran inang kurang lebih 600 spesies tanaman dari golongan tanaman dikotil dan monokotil. Hubungan *Begomovirus* dengan *B. tabaci* umumnya bersifat persisten, tidak mengalami replikasi dalam tubuh vektornya dan tidak ditularkan ke generasi berikutnya (Cohen et al. 1983, Aidawati et al. 2002).

Enam daerah eksplorasi berada di dataran menengah ke bawah yang memiliki suhu berkisar 25–30°C yang cocok untuk hidup dan aktivitas vektor *B. tabaci* (Subagyo & Hidayat 2014). Suhu

lingkungan yang lebih tinggi saat musim kemarau dapat menyebabkan juga terjadinya peningkatan jumlah populasi serangga vektor *B. tabaci*, yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya perbedaan intensitas gejala penyakit (Sudiono & Purnomo 2009).

Menurut Sulandari et al. (2001), gejala lanjut infeksi *Begomovirus* pada tanaman cabai ialah menjadi kerdil dan tidak berbuah. Namun demikian, jika infeksi terjadi pada saat tanaman telah melewati fase rentan maka umumnya masih tetap dapat menghasilkan buah, meskipun dengan ukuran buah yang kecil dan bentuk yang tidak normal. Di beberapa daerah eksplorasi, tanaman cabai terinfeksi masih tetap dapat menghasilkan buah, meskipun secara kualitas dan kuantitas tidak maksimal.

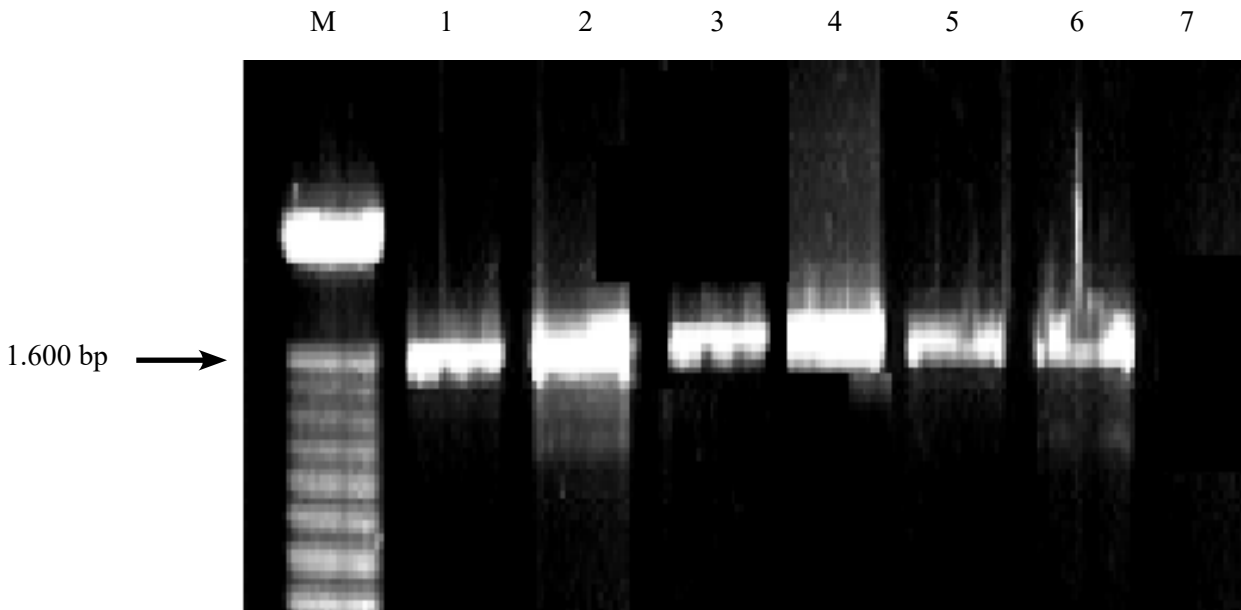
### Deteksi Kebenaran Enam Isolat *Begomovirus* Cabai Secara Molekuler

Gejala penyakit yang tampak di lapangan tidak dapat diandalkan untuk mendiagnosis virus penyebab penyakit. Deteksi virus secara serologi dan deteksi asam nukleat dengan *polymerase chain reaction* (PCR) serta perunutan DNA yang berkembang saat ini dapat membantu identifikasi virus secara akurat. Namun, deteksi virus secara serologi untuk *Begomovirus* masih sulit dilakukan karena adanya kendala dalam pengadaan virus murni untuk membuat antibodi (Paradisa 2012). Sementara itu, deteksi dengan PCR mudah dilakukan karena *Begomovirus* melakukan replikasi menggunakan sebuah DNA intermediet yang berbentuk sirkuler dan utas ganda (bentuk replikatif) yang dapat bertindak sebagai sebuah cetakan untuk amplifikasi PCR. Penggunaan teknik PCR untuk mendeteksi dan mengidentifikasi *Begomovirus* mempunyai keuntungan antara lain hanya membutuhkan sedikit contoh DNA dan jaringan tanaman yang diduga terserang (Santoso et al. 2008).

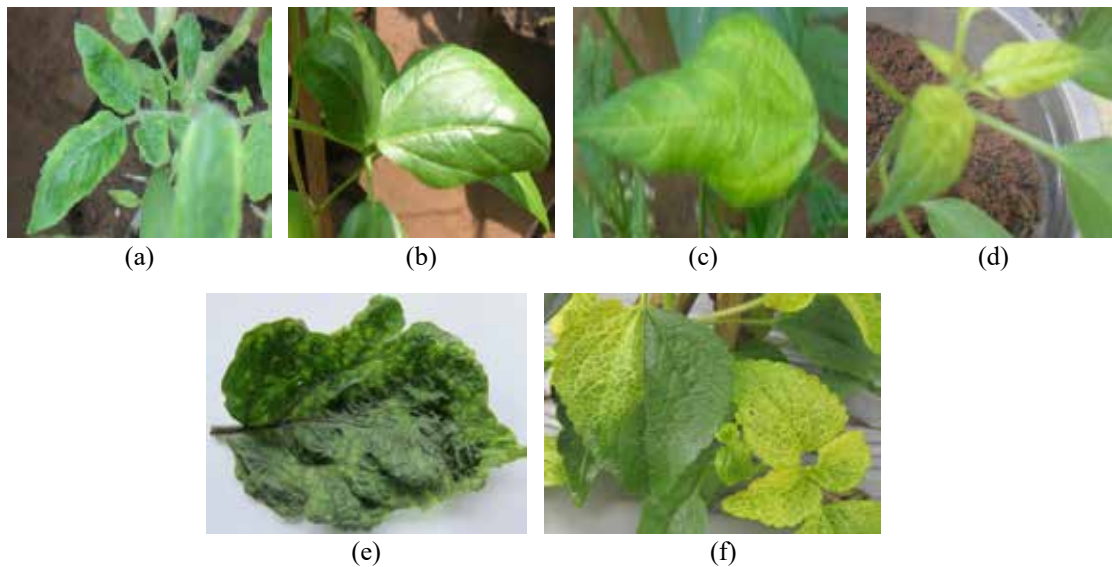
Hasil deteksi virus pada benih cabai yang diinfeksi enam isolat *Begomovirus* secara PCR menggunakan primer pAL1v1978/pAR1c715 berhasil memperoleh fragmen DNA berukuran 1600 kb (Gambar 2). Hal ini membuktikan bahwa bibit tanaman cabai tersebut benar terinfeksi oleh *Begomovirus* karena gejala visual yang sama dapat juga disebabkan jenis virus yang berbeda.

### Gejala dan Kisaran Inang Enam Isolat *Begomovirus* Cabai

Untuk mengetahui gejala dan kisaran inang tiap isolat *Begomovirus* cabai dari enam daerah di Indonesia maka dilakukan penularan pada sembilan jenis tanaman indikator. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan munculnya gejala penyakit virus adalah kondisi lingkungan, menyangkut suhu



**Gambar 2.** Hasil amplifikasi isolat *Begomovirus* cabai dari enam daerah yang berbeda menggunakan primer universal pAL1v1978/pAR1c715. M=1 kb marker DNA, 1-6 sampel daun (*leaf samples*): 1=Bogor (Jawa Barat), 2= Brebes (Jawa Tengah), 3= Magelang (Jawa Tengah), 4= Kediri (Jawa Timur), 5= Blitar (Jawa Timur), six = Malang (Jawa Timur), 7 = kontrol negatif (*Visualization of chilli Begomovirus isolate amplification from six different area using universal primers PALIV 1978/PARIC 715. M=1 kb marker DNA, 1-6 leaf samples: 1=Bogor (West Java), 2= Brebes (Central Java), 3= Magelang (Central Java), 4= Kediri (East Java), 5= Blitar (East Java), 6=Malang (East Java), 7= negative control*)



**Gambar 3.** Gejala infeksi isolat *Begomovirus* cabai asal Brebes pada tanaman indikator (30 HSI): tomat var. Kaliurang (a), kacang panjang var. KP-1 (b), kacang buncis var. Horti-1 (c), cabai var. Tanjung-2 (d), terung var. Ungu (e), babadotan (f) [*Infection symptom of chilli Begomovirus isolate from Brebes on indicator plants (30 DAI): tomato var. Kaliurang (a), yardlong bean var. KP-1 (b), bean var. Horti-1 (c), chilli var. Tanjung-2 (d), eggplant var. Ungu (e), ageratum (f)*]

dan kelembapan (Polston & Anderson 1997). Selama penelitian berlangsung, rerata suhu dan kelembapan di rumah kaca tempat percobaan berkisar 19–29°C (RH 70–90%). Perubahan warna daun hanya akan terjadi

jika suhu lingkungan di atas 25°C dan intensitasnya meningkat jika suhu lingkungan mencapai 40°C. Gejala daun berwarna kuning, keriting, dan mengerut disebabkan virus bergerak dari sel satu ke sel lain

**Tabel 2. Uji penularan isolat *Begomovirus* cabai pada beberapa jenis tanaman indikator bergejala (30 HSI) (*Transmitting test of chilli *Begomovirus* isolates on plant indicator types (30 DAI)*)**

Isolat ( <i>Isolate</i> )	Tanaman indikator bergejala ( <i>Symptom indicator plant</i> )						
	Kacang pgg ( <i>Yardlong bean</i> )	Cabai ( <i>Chilli</i> )	Buncis ( <i>Bean</i> )	Tomat ( <i>Tomato</i> )	Badotan ( <i>Ageratum</i> )	Mentimun ( <i>Cucumber</i> )	Terung ( <i>Egg plant</i> )
Masa inkubasi ( <i>Incubation time</i> ), HSI/DAI							
Blitar	9,33 b	18,66 a	13,66 a	9,00 a	9,66 a	22,23 a	23,00 a
Kediri	13,00 b	17,66 a	10,66 a	20,00 c	19,66 c	22,23 a	22,33 a
Brebes	8,67 b	15,33 a	7,33 a	10,00 ab	10,00 ab	23,33 a	22,33 a
Bogor	0,00 a	18,33 a	13,33 a	20,00 c	20,00 c	24,66 a	23,66 a
Malang	9,67 b	18,66 a	10,66 a	10,66 ab	15,00 bc	23,33 a	23,00 a
Magelang	9,00 b	16,00 a	9,33 a	14,33 b	15,33 bc	23,66 a	22,00 a
KK (CV), %	21,06	10,78	20,35	21,36	20,15	5,52	6,01
Kejadian penyakit ( <i>Disease incident</i> ), %							
Blitar	73,33 bcd	76,66 a	60,00 a	76,66 a	90,00 a	33,33 a	23,33 a
Kediri	76,67 cd	80,00 a	56,66 a	73,33 a	76,66 a	43,33 a	23,33 a
Brebes	90,00 d	83,33 a	66,66 a	86,66 a	90,00 a	30,00 a	26,66 a
Bogor	0,00 a	76,66 a	53,33 a	76,66 a	80,00 a	30,00 a	26,66 a
Malang	70,00 bc	76,66 a	60,00 a	73,33 a	86,66 a	40,00 a	26,66 a
Magelang	80,00 cd	73,33 a	63,33 a	83,33 a	83,33 a	43,33 a	26,66 a
KK (CV) %	14,29	13,01	18,43	9,13	12,31	26,43	31,76
Intensitas penyakit ( <i>Disease intensity</i> ), %							
Blitar	41,33 c (R)	39,33 a (R)	20,00 a (AR)	33,33 a (R)	50,00 a (R)	6,66 a (T)	4,66 a (T)
Kediri	36,66 b (R)	44,66 a (R)	20,66 a (AR)	32,00 a (R)	42,66 a (R)	8,66 a (T)	4,66 a (T)
Brebes	56,00 d (SR)	42,66 a (R)	25,33 a (AR)	34,66 a (R)	50,66 a (SR)	6,00 a (T)	5,33 a (T)
Bogor	0,00 a (I)	42,66 a (R)	18,66 a (AT)	36,00 a (R)	43,33 a (R)	6,00 a (T)	5,33 a (T)
Malang	32,66 b (R)	41,33 a (R)	22,66 a (AR)	32,66 a (R)	49,33 a (R)	8,00 a (T)	5,33 a (T)
Magelang	42,66 c (R)	36,66 a (R)	22,00 a (AR)	36,66 a (R)	46,66 a (R)	8,66 a (T)	5,33 a (T)
KK (CV), %	18,85	13,16	18,20	11,63	17,13	26,43	31,76

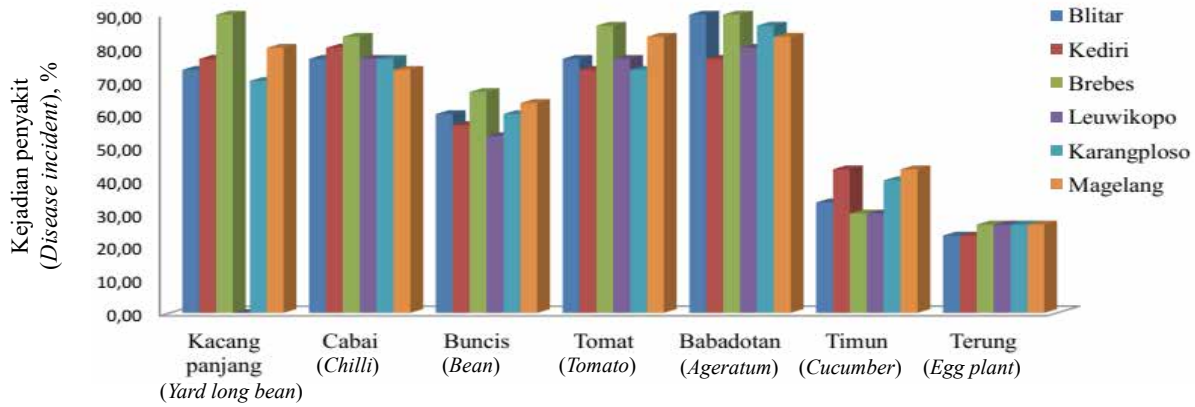
- Nilai rerata yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5% (*Mean followed by the same letters on the same columns are not significantly according to Duncan's multiply range test at 0.05 level*)
- Imun (*immune*) (I): IP = 0.00%; tahan (*resistant*) (T): IP ≤ 10%; agak tahan (*rather resistant*) (AT): 10% < IP ≤ 20%; agak rentan (*rather susceptible*) (AR): 20% < IP ≤ 30%; rentan (*susceptible*) (R): 30% < IP ≤ 50%; sangat rentan (*highly susceptible*) (SR): IP > 50%.
- KK (CV): koefisien keragaman (*coefficient variance*)

hingga mencapai jaringan *floem* sehingga dapat bergerak cepat ke dalam daun-daun muda yang masih berkembang. (Dawson 1999).

Hasil pengujian pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa hampir semua tanaman indikator dapat tertular isolat *Begomovirus* cabai, kecuali pada tanaman caisim dan bayam duri. Hasil penelitian ini selaras dengan yang telah dilakukan Aidawati *et al.* (2001) yang menunjukkan bahwa tanaman *Ageratum conyzoides*

(famili *Compositae*), *Phaseolus vulgaris* (famili *Fabaceae*); *Capsicum annuum* (famili *Solanaceae*), *Lycopersicon esculentum* (famili *Solanaceae*) dapat terinfeksi *Begomovirus* cabai asal isolat Guntung Payung Kalimantan Selatan.

Ketidakterpaparan penularan *Begomovirus* terhadap tanaman caisim (*Brassica sinensis*) dan bayam duri (*Amaranthus spinosus*) mengindikasikan bahwa kedua jenis tanaman tersebut imun terhadap infeksi



**Gambar 4. Kejadian penyakit akibat infeksi enam isolat *Begomovirus* cabai pada beberapa jenis tanaman indikator (30 HSI) [Disease incident caused by infection of six chilli *Begomovirus* isolates on indicator plant types (30 DAI)]**

isolat *Begomovirus* cabai. Kedua tanaman tersebut bukan merupakan tanaman inang dari patogen *Begomovirus*, karena mekanisme pertahanan yang terjadi antara inang dan patogen tidak mempunyai faktor pengenalan-spesifik (*specific recognition factor*) yang dapat dikenali oleh patogen sehingga patogen tidak menghasilkan zat untuk menginfeksi. Pada tanaman imun partikel virus tidak dapat melakukan replikasi (Greenleaf 1986). Pada kasus tanaman bayam duri, selain tanaman tersebut bukan inang dari patogen, juga terdapat zat aktif tanin yang merupakan senyawa polifenol dengan rasa pahit yang dapat menyebabkan terjadi penekanan untuk tidak disukai oleh serangga *B. tabaci* sebagai serangga vektor *Begomovirus* (Duriat 2008).

Khusus untuk isolat *Begomovirus* cabai asal Leuwikopo tidak berhasil ditularkan pada tanaman kacang panjang. Hal ini disebabkan beberapa kemungkinan, di antaranya tidak terjadi periode inokulasi pada tanaman indikator akibat *B. tabaci* kurang aktif untuk menularkan partikel virus pada tanaman indikator atau secara molekuler memang terjadi perbedaan strain antara isolat Leuwikopo dengan isolat lainnya. Seperti diketahui bahwa *Begomovirus* mempunyai dua jenis karakter molekuler yang unik, yaitu partikel tunggal (*monopartite*) dan ganda (*bipartite*). Ternyata *Begomovirus* yang berhasil menginfeksi tanaman kacang panjang di Indonesia umumnya memiliki genom *bipartite*, yaitu memiliki DNA-A dan DNA-B berdasarkan hasil deteksi menggunakan primer universal PAL1v1978/PAR1c715 dan PBL1v2040/PCR1c (Nurulita 2014, Nurulita *et al.* 2015). Untuk membuktikan terjadinya perbedaan strain dari isolat cabai asal Leuwikopo dengan asal lima daerah lainnya diperlukan kajian penelitian molekuler lebih lanjut.

Gejala infeksi *Begomovirus* yang ditimbulkan pada tanaman indikator bervariasi antarisolat, tetapi umumnya berupa penebalan tulang daun, tepi daun melengkung ke atas dan ke bawah, daun menguning, dan ukurannya menjadi kecil. Gejala infeksi virus di lapangan ada yang sama dan bervariasi karena ekspresi gejala dipengaruhi oleh jenis virus, kondisi lingkungan, dan kultivar tanaman (Rahim *et al.* 2015). Terjadinya keriting pada daun biasanya disebabkan oleh pertumbuhan yang berlebihan dari sel atau jaringan sel pada satu sisi atau pertumbuhan yang bersifat lokal pada sel suatu sisi tanpa diikuti pertumbuhan sel sisi yang lain. Hal ini diduga berhubungan dengan produksi hormon auksin yang diketahui berfungsi sebagai pengatur perpanjangan sel dan diferensiasi sel. Sel parenkhim palisade dari tanaman inang akan lebih rentan terhadap auksin daripada *spongy mesophyll* sehingga akibatnya terjadi pertumbuhan yang tidak seimbang antara kedua macam sel tersebut yang pada akhirnya menyebabkan daun nampak mengeriting (Sinaga 2003).

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil uji analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan terjadi perbedaan nyata antarisolat *Begomovirus* cabai untuk peubah masa inkubasi pada bibit tanaman kacang panjang, tomat, dan babadotan. Adapun untuk peubah kejadian dan intensitas penyakit perbedaan sangat nyata terjadi pada kacang panjang. Pada tanaman kacang panjang, isolat *Begomovirus* cabai asal Brebes, Blitar, dan Magelang menunjukkan kejadian dan intensitas penyakit lebih tinggi dibandingkan isolat lain. Pada tanaman cabai, buncis, tomat, babadotan, mentimun, dan terung, semua isolat menunjukkan tingkat kejadian dan intensitas penyakit yang sama. Namun demikian, pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa



khusus pada tanaman cabai, isolat *Begomovirus* cabai asal Brebes lebih virulen 3,3–10% untuk tingkat kejadian penyakit dengan masa inkubasi lebih cepat 2,7–3,7 hari dibandingkan isolat *Begomovirus* asal Bogor, Magelang, Kediri, Blitar, dan Malang.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Amplifikasi PCR menggunakan primer universal pAL1v1978/pAR1c715 terhadap enam isolat *Begomovirus* cabai berhasil memperoleh fragmen DNA berukuran 1.600 kb. Isolat *Begomovirus* cabai asal Brebes, Magelang, Kediri, Blitar, dan Malang berhasil ditularkan pada tanaman indikator cabai, tomat, terung, mentimun, kacang buncis, kacang panjang, babadotan, namun tidak berhasil ditularkan pada tanaman caisim dan bayam duri. Pada tanaman cabai, isolat *Begomovirus* cabai asal Brebes lebih virulen 3,3–10% untuk tingkat kejadian penyakit dengan masa inkubasi lebih cepat 2,7–3,7 hari dibandingkan isolat *Begomovirus* asal Bogor, Magelang, Kediri, Blitar, dan Malang. Untuk kepastian perbedaan enam isolat *Begomovirus* cabai secara molekuler maka disarankan untuk analisis peruntukan DNA.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah membantu mendanai penelitian ini melalui Program Kerja Sama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Nasional (KKP3N) Tahun Anggaran 2013 Nomor Kontrak 710/LB.620/I.1/2/2013.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Aidawati, N, Yusriadi & Hidayat, SH 2001, 'Kisaran inang virus gemini asal tanaman cabai dari Guntung Payung, Kalimantan Selatan', *Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*, Bogor, 23-24 Agustus 2001, hlm. 348-52.
2. Aidawati, N, Hidayat, SH, Suseno, R & Sosromarsono 2002, 'Transmission of an Indonesian isolate of tobacco leaf curl virus (gemini virus) by *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae)', *J. Plant Pathol.*, vol. 18, no. 5, pp. 231-6.
3. Aidawati, N, Hidayat, SH, Suseno, R, Hidayat, P & Sujiprihati, S 2005, 'Identifikasi gemini virus yang menginfeksi tomat berdasarkan pada teknik *polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism*', *J. Mikrobiol Indon.*, vol. 10, no. 1, hlm. 29-32.
4. Cohen, S, Duffus, JE, Larsen, RC, Liu, HY & Flock, RA 1983, 'Purification, serology, and vector relationships of squash leaf curl virus a whitefly transmitted gemini virus', *J. Phytopathol.*, vol. 3, pp. 1669-73.

5. Dawson, W 1999, 'Tobacco mosaic virus virulence and avirulence', *Phil. Trans.*, vol. 354, pp. 645-51.
6. Direktorat Jendral Hortikultura 2014, *Statistik hortikultura tahun 2013 (angka tetap)*, Kementerian Pertanian, Jakarta.
7. Duriat, AS 2008, 'Pengaruh ekstrak bahan nabati dalam menginduksi ketahanan tanaman cabai terhadap vektor dan penyakit kuning keriting', *J. Hort.*, vol. 18, no. 4, hlm. 446-56.
8. Ganefianti, DW, Sujiprihati, S, Hidayat, SH & Syukur, M 2008, 'Metode penularan dan uji ketahanan genotipe cabai terhadap *Begomovirus*', *Akta Agrosia*, vol. 11, no.2, hlm. 162-9.
9. Greenleaf, WH 1986, Pepper breeding, In: *Breeding vegetable crops*, AVI Pub. Co. Inc, Connecticut.
10. Hidayat, SH, Rusli, E & Aidawati, N 1999, 'Penggunaan primer universal dalam *polymerase chain reaction* untuk mendeteksi virus gemini pada cabe', *Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*, Purwokerto, 16-18 September 1999, hlm. 355-9.
11. Hidayat, SH 2003, 'Rangkuman hasil penelitian gemini virus di Indonesia: Sebagai bahan diskusi untuk menghadapi peningkatan infeksi gemini virus pada cabai', *Seminar sehari pengenalan dan pengendalian penyakit virus pada cabai*, Direktorat Perlindungan Hortikultura, Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura, Jakarta.
12. Mudmainah, S & Purwanto 2010, 'Deteksi *Begomovirus* pada tanaman cabai merah dengan I-Elisa test dan teknik PCR', *J. Agroland*, vol. 17, no. 2, hlm. 101-7.
13. Nurulita, S 2014, molecular characterization of *Begomovirus* infecting yard long bean (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* L.) and construction of its specific primers, *Thesis*, Bogor Agricultural University, 49 pp.
14. Nurulita, S, Hidayat, SH, Mutaqin, KH & Thomas, JE 2015, 'Molecular characterization of *Begomovirus* infecting yard long bean (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* L.) in Java, Indonesia', *J. Biotropia*, vol. 22, no.1, pp. 53-60.
15. Paradisa, Y B 2012, 'Pembuatan antibodi rekombinan *Begomovirus* Tesis, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta, 59 hlm.
16. Polston, JE & Anderson, PK 1997, 'The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in western hemisphere', *Plant Dis.*, vol. 81, no.12, pp.1358-69.
17. Rahim, YF, Tri, AD & Munif, G 2015, 'Deteksi virus yang menginfeksi kedelai di Jawa Barat', *J. Fitopatol. Indones.*, vol. 11, no. 2, hlm. 59-67.
18. Renteria-Canett, IR, Xoconostle-Cazares, B, Ruiz Medrano, R & Rivera-Bustamante RF 2011, 'Gemini virus mixed infection on pepper plants: Synergistic interaction between PHYVV and PepGMV', *Virology Journal*, vol. 8, pp. 104-17.
19. 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.*, vol. 77, pp. 340-7.
20. Rusli, ES, Hidayat, SH, Suseno, R & Tjahjono, B 1999, 'Virus gemini pada cabai: Variasi gejala dan studi cara penularan', *Bul. HPT*, vol. 11, no.1, hlm. 26-31.
21. Santoso, TJ, Hidayat, SH, Herman, M, Aswidinnoor, H & Sudarsono 2008, 'Identitas dan keragaman genetik *Begomovirus* yang berasosiasi dengan penyakit keriting pada tomat berdasarkan teknik *polymerase chain reaction* (PCR)-*restriction fragment length polymorphism* (RFLP)', *J. AgroBiogen*, vol. 4, no. 1, hlm. 9-17.

22. Setiawati, W, Udiarto, BK & Soetiarso, TA 2008, 'Pengaruh varietas dan sistem tanam cabai merah terhadap penekanan populasi hama kutu kebul', *J. Hort.*, vol. 18, no.1, hlm. 55-61.
23. Sinaga, MS 2003, *Dasar-dasar ilmu penyakit tumbuhan*, Penebar Swadaya, Jakarta.
24. Subagyo, VNO & Hidayat, P 2014, 'Neraca kehidupan kutu kebul *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) pada tanaman cabai dan gulma babadotan pada suhu 25°C dan 29°C', *Jurnal Entomologi Indonesia*, vol. 11, no.1, hlm. 1-8
25. Sudiono & Purnomo 2009, 'Hubungan antara populasi kutu kebul dan penyakit kuning pada cabai di Lampung Barat', *J. HPT Tropika.*, vol. 9, no. 2, hlm. 115-20
26. Sulandari, S, Suseno, R, Hidayat SH, Harjosudarmo, J & Sosromarsono, S 2001, 'Deteksi virus gemini pada cabai di daerah istimewa Yogyakarta', *Prosiding Kongres dan Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia XVI*, Bogor, 23-24 Agustus 2001.
27. Sulandari, S, Suseno, R, Hidayat, SH, Harjosudarmo, J & Sosromarsono, S 2004, 'Pembuatan antiserum dan kajian serologi virus penyebab penyakit daun keriting kuning cabai', *J. Pertan. Ind.*, vol. 10, no. 1, hlm. 42-52.
28. Sulandari, S, Suseno, R, Hidayat, SH, Harjosudarmo, J & Sosromarsono, S 2006, 'Deteksi dan kajian kisaran inang virus penyebab penyakit daun keriting kuning cabai', *J. Hayati*, vol. 13, no. 4, hlm. 1-6.
29. Udiarto, BK, Hidayat, P, Rauf, A, Pudjianto & Hidayat, SH 2012, 'Kajian potensi predator *coccinellidae* untuk pengendalian *Bemisia tabaci* (Gennadius) pada cabai merah', *J. Hort.*, vol. 22, no. 1. hlm. 76-84
30. Yunita & Sudarsono 2004, 'Metode inokulasi dan reaksi ketahanan 30 genotipe kacang tanah terhadap penyakit busuk batang *Sclerotium*', *J. Hayati*, vol. 11, no.2, hlm. 53-8.

**Lampiran 1. Masa inkubasi dan gejala visual dominan dari enam isolat *Begomovirus* cabai pada sembilan jenis tanaman indikator (30 HSI) (*Incubation time and dominant visual symptom of six chilli *Begomovirus* isolate on nine types indicator plants (30 DAI)*)**

Isolat ( <i>Isolate</i> )	Tanaman indikator ( <i>Indicator plant</i> )	Masa inkubasi ( <i>Incubation time</i> ) HSI (DAI)	Gejala visual dominan ( <i>Dominant visual symptom</i> ) 30 HSI (DAI)
Blitar	Kacang panjang var. KP-1	9	Daun warnanya menjadi sedikit kekuningan, tidak terjadi perubahan ukuran dan gejala keriting
	Cabai var. Tanjung 2	18	Mosaik, keriting
	Buncis var.Horti-1	13	Pada daun terjadi gejala mosaik yang sangat jelas, tepi daun mengkerut ke bawah, dan ukuran daun menjadi kerdil
	Tomat var. Kaliurang	13	Daun menjadi berwarna kuning, ukuran daun menjadi kecil, daun melengkung ke bawah
	Babadotan	9	Terjadi mosaik kuning pada daun, ukuran daun menjadi mengecil dan tepinya melengkung ke bawah.
	Ketimun var. Mars	22	Klorosis ringan pada daun
	Terung ungu	23	Klorosis ringan pada daun
	Caisim var. LV-145	-	Tidak keluar gejala
	Bayam duri	-	Tidak keluar gejala
Kediri	Kacang panjang var. KP-1	13	Warna daun menjadi samar kekuningan
	Cabai var. Tanjung 2	17	Mosaik, keriting
	Buncis var. Horti-1	10	Warna daun hijau kekuningan dan ukuran daun menjadi agak kecil
	Tomat var. Kaliurang	22	Warna hijau kekuningan (mosaik) dan melengkung ke bawah
	Babadotan	22	Daun mengalami mosaik dan menjadi berukuran kecil, melengkung ke bawah.
	Ketimun var. Mars	22	Klorosis ringan pada daun
	Terung ungu	22	Klorosis ringan pada daun
	Caisim var. LV-145	-	Tidak keluar gejala
	Bayam duri	-	Tidak keluar gejala
Brebès	Kacang panjang var. KP-1	8	Gejala sangat jelas terlihat, terjadi mosaik dengan daun melengkung ke bawah, ukuran daun menjadi mengecil
	Cabai var. Tanjung 2	15	Kuning, ukuran daun kecil
	Buncis var. Horti-1	7	Gejala jelas terlihat dimana daun menjadi kuning, melengkung ke bawah pada daun muda dan tua
	Tomat var. Kaliurang	13	Daun menjadi kekuningan dan melengkung ke bawah
	Babadotan	10	Daun menjadi kekuningan dan mengecil
	Ketimun var. Mars	23	Klorosis ringan pada daun
	Terung ungu	22	Klorosis ringan pada daun
	Caisim LV-145	-	Tidak keluar gejala
	Bayam duri	-	Tidak keluar gejala
Leuwikopo	Kacang panjang var. KP-1	-	Tidak keluar gejala
	Cabai var. Tanjung 2	17	Klorosis, daun keriting
	Buncis var.Horti-1	13	Daun berwarna kuning dengan gejala yang jelas terlihat, melengkung ke bawah
	Tomat var. Kaliurang	15	Daun melengkung ke bawah dan ke atas, sangat berbeda gejalanya dibandingkan isolat yang lain
	Babadotan	20	Daun menjadi kekuningan dan mengecil
	Ketimun var. Mars	24	Klorosis ringan pada daun
	Terung ungu	23	Klorosis ringan pada daun
	Caisim var. LV-145	-	Tidak keluar gejala
	Bayam duri	-	Tidak keluar gejala

**Lanjutan Lampiran 1.**

<b>Isolat (Isolate)</b>	<b>Tanaman indikator (Indicator plant)</b>	<b>Masa inkubasi (Incubation time) HSI (DAI)</b>	<b>Gejala visual dominan (Dominant visual symptom) 30 HSI (DAI)</b>
	Kacang panjang var. KP-1	9	Mulai terjadi klorosis
	Cabai var. Tanjung 2	18	Daun keriting, kasar, tebal
	Buncis var. Horti-1	10	Warna daun hijau kekuningan dan ukuran daun menjadi agak kecil
Karangploso	Tomat var. Kaliurang	22	Daun menjadi berwarna kuning, ukuran daun menjadi kecil, daun melengkung ke bawah
	Babadotan	15	Terjadi mosaik kuning pada daun, ukuran daun menjadi mengecil dan tepinya melengkung ke bawah.
	Ketimun var. Mars	23	Klorosis ringan pada daun
	Terung ungu	23	Klorosis ringan pada daun
	Caisim var. LV-145	-	Tidak keluar gejala
	Bayam duri	-	Tidak keluar gejala
	Kacang panjang var. KP-1	8	Terjadi mosaik dengan daun melengkung ke bawah, ukuran daun menjadi mengecil
	Cabai var. Tanjung 2	15	Kuning, tepi daun melengkung ke atas dan bawah
	Buncis var. Horti-1	9	daun menjadi kuning, melengkung ke bawah pada daun muda dan tua
Magelang	Tomat var. Kaliurang	17	Warna hijau kekuningan (mosaik) dan melengkung ke bawah
	Babadotan	15	Kuning dan warna hijau sedikit di jaringan sekitar tulang daun seperti jala
	Ketimun var. Mars	23	Klorosis ringan pada daun
	Terung ungu	22	Klorosis ringan pada daun
	Caisim LV-145	-	Tidak keluar gejala
	Bayam duri	-	Tidak keluar gejala