

Metode Penularan Massal untuk Uji Penapisan Ketahanan Cabai Mutan terhadap *Begomovirus* (The Mass Transfer Method for Resistance Screening Test of Chilli Mutant to *Begomovirus*)

Gaswanto, R¹⁾, Syukur, M²⁾, Purwoko, BS²⁾, dan Hidayat, SH³⁾,

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat, Indonesia 40391

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB, Dramaga Bogor, Indonesia 16680

³⁾Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB, Dramaga Bogor, Indonesia 16680

E-mail: muhsyukur@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 6 Mei 2015 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 14 Juli 2015

ABSTRAK. Hasil iradiasi sinar gamma pada benih lima genotipe cabai telah menghasilkan populasi mutan M_2 yang harus diuji ketahanannya terhadap infeksi *Begomovirus* menggunakan serangga vektor *Bemisia tabaci*. Keefektifan metode penularan secara individu lebih tinggi dibandingkan metode penularan massal, namun jika uji penapisan diaplikasikan untuk suatu populasi yang besar maka metode yang cocok adalah penularan massal. Penelitian bertujuan (1) mendapatkan metode penularan massal yang keefektifannya sama dengan metode penularan individu, (2) mengetahui tanaman inang yang cocok untuk perbanyak serangga vektor *B. tabaci*, (3) mengetahui tingkat ketahanan cabai genotipe M_2 hasil iradiasi sinar gamma terhadap infeksi *Begomovirus*, dan (4) mengetahui perbedaan pertumbuhan dan hasil tanaman dari genotipe M_2 dan genotipe tetua M_0 saat terinfeksi *Begomovirus*. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kasa dan Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran sejak bulan Mei sampai dengan Agustus 2013. Kajian penularan massal menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan lima perlakuan dan tiap perlakuan diulang lima kali, sedangkan kajian jenis tanaman inang untuk perbanyak imago *B. tabaci* menggunakan rancangan yang sama diulang empat kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman terung ungu (*Solanum melongena*) dan kapas (*Gossypium hirsutum*) cocok dijadikan sebagai tanaman inang dalam usaha perbanyak serangga vektor *B. tabaci*. Penggunaan vektor *B. tabaci* dalam kondisi *viruliferous* (masa akuisisi 48 jam) dengan jumlah sekitar 20–30 ekor dalam satu kotak sungkup kain kasa dapat digunakan sebagai metode penularan massal untuk populasi 50 bibit tanaman cabai (kondisi 2–4 daun sejati) dengan keefektifan setara dengan metode penularan secara individu. Rerata dari 195 individu cabai genotipe Kencana M_2 dan SSP M_2 masuk dalam kategori tahan dan agak tahan terhadap infeksi *Begomovirus*, sedangkan rerata dari 195 individu cabai genotipe Seloka M_2 , Lembang-1 M_2 , dan Tanjung-2 M_2 masuk dalam kategori rentan-agak rentan. Perubahan karakter kuantitatif dari pertumbuhan dan hasil tanaman pada lima genotipe M_2 jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan genotipe tetua M_0 saat terinfeksi *Begomovirus*.

Katakunci: Metode penularan massal; *Capsicum annuum*; *Begomovirus*; *Bemisia tabaci*

ABSTRACT. Result of gamma rays irradiation on seeds of five chilli genotypes had obtained M_2 mutant population that should be screened their resistance level to *Begomovirus* by using insect vector *B. tabaci*. In general, effectiveness individual transfer method is more higher than mass transfer method. Nevertheless, if the screening test is applied for a large population, so the proper method is the mass transfer method. The research purposes were (1) to obtain a proper mass transfer method which its effectiveness was not different with individual transfer method, (2) to know the proper host plant for rearing insect vector *B. tabaci*, (3) to know resistance level of M_2 genotype derived from gamma rays irradiation to *Begomovirus*, (4) to know differential effect of M_2 genotype and M_0 wild genotype while infected by *Begomovirus* on growth and plant yield. The experiment was conducted at the Screen House and the Research Field of Indonesian Vegetable Research Institute (IVEGRI) from May until August 2013. A randomized block design was used in five replications for studying mass transfer method, whereas for studying proper host plant of rearing imago *B. tabaci* was used same design but in four replications. The result showed that the purple eggplant (*S. melongena*) and catoon plant (*G. hirsutum*) was a proper host plant for rearing of insect vector *B. tabaci*. Using of 20–30 numbers insect vector *B. tabaci* *viruliferous* (acquisition time 48 hours) in one cage which covered by screen net could be applied as a mass transfer method for 50 plant seedlings population (2–4 true leaves). Its effectiveness was not different with individual transfer method but more efficient in application. Mean of 195 individuals of Kencana M_2 and SSP M_2 were in category resistant and rather resistant to *Begomovirus* infection, whereas mean of 195 individuals of Seloka M_2 , Lembang-1 M_2 , and Tanjung-2 M_2 were in category susceptible-rather susceptible. Quantitative character changing of five M_2 genotypes were less than M_0 genotype while infected by *Begomovirus* on growth and plant yield.

Keywords: Mass transfer method; *Capsicum annuum*; *Begomovirus*; *Bemisia tabaci*

Penyakit daun keriting kuning pada cabai disebabkan infeksi *Begomovirus*. Di Indonesia, penyakit ini pertama kali dilaporkan oleh Hidayat *et al.* (1999) dan sekarang perkembangannya terus meluas ke berbagai sentra produksi cabai. Jika tanaman terinfeksi pada awal pertumbuhan bibit maka pertumbuhan tanaman menjadi kerdil dan tidak berbuah. Kehilangan hasil

akibat penyakit ini berkisar 20–100%. Epidemi penyakit dipengaruhi oleh peran aktif serangga vektor, kecukupan sumber inokulum di lapangan, penggunaan varietas rentan, serta faktor lingkungan yang sesuai untuk perkembangan serangga vektor dan patogen.

Sampai saat ini varietas cabai yang tahan terhadap infeksi *Begomovirus* hanya sedikit, padahal penggunaan

varietas tahan merupakan solusi yang aman, murah, mudah, dan ramah lingkungan (Nono *et al.* 1991). Kurangnya keragaman genotipe cabai yang dapat dijadikan sebagai sumber tetua gen ketahanan menjadi kendala dalam proses perakitan varietas tahan. Untuk meningkatkan keragaman genetik dapat dilakukan melalui pemuliaan mutasi dengan iradiasi sinar gamma. Sinar gamma memiliki energi yang cukup tinggi sehingga apabila melintasi materi tanaman dapat menimbulkan perubahan pada struktur atau komposisi materi genetik (genom, kromosom, gen, DNA) dan perubahan tersebut dapat diwariskan (*heritable*) pada keturunannya (Soeranto *et al.* 2001).

Iradiasi sinar gamma dalam kisaran dosis 200 sampai 800 Gy pada benih lima genotipe cabai telah dilakukan Syukur *et al.* (2013). Didapat informasi bahwa *lethal dose* 50 (LD_{50}) cabai genotipe Kencana, Lembang-1, SSP, Tanjung-2, dan Seloka berturut-turut 538,41 Gy; 448,84 Gy; 614,79 Gy; 422,64 Gy; dan 629,68 Gy. Selanjutnya dilakukan *selfing* pada tanaman cabai M_1 terpilih untuk tiap genotipe yang berasal dari benih yang diiradiasi sinar gamma dalam kisaran LD_{50} (400–600 Gy) untuk mendapatkan benih M_2 yang akan diuji tingkat ketahanannya terhadap infeksi *Begomovirus* melalui uji penapisan.

Pada pemuliaan mutasi, uji penapisan dapat mulai dilakukan pada populasi tanaman generasi kedua (M_2) yang menurut teori memiliki keragaman genotipe maksimal. Menurut Scully & Federer (1989) untuk mengurangi kemungkinan kehilangan genotipe unggul pada generasi M_2 dibutuhkan minimal sekitar 191 individu tanaman per genotipe (asumsi gen pengendali: 3 gen). Namun, permasalahannya penularan patogen *Begomovirus* pada uji penapisan untuk ketahanan tanaman cabai tidak dapat dilakukan secara sederhana dengan hanya mengusapkan cairan tanaman terinfeksi (*sap*), tetapi harus menggunakan serangga vektor *Bemisia tabaci* (Rusli *et al.* 1999, Aidawati *et al.* 2002). Hal ini disebabkan karena adanya hubungan khusus antara virus dengan vektornya. Menurut Rusli *et al.* (1999) penularan *Begomovirus* asal cabai dapat juga terjadi melalui penyambungan samping, namun efisiensi penularan lewat serangga vektor lebih tinggi.

Begomovirus termasuk jenis virus yang tidak stabil sehingga tidak dapat hidup terlalu lama di luar tubuh inangnya. Untuk dapat terjadi penularan secara alami dibutuhkan bantuan suatu vektor. *Bemisia tabaci* merupakan serangga yang dapat berperan sebagai vektor dari *Begomovirus*. Patogen *Begomovirus* ditularkan *B. tabaci* secara persisten karena keberadaan gen AV1 dalam genom *Begomovirus* mampu menghasilkan suatu protein yang berfungsi melindungi degradasi partikel virus saat masuk sistem

pencernaan *B. tabaci*. Supaya serangga vektor berhasil menularkan virus maka harus diketahui periode makan akuisisi dan inokulasi yang tepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penularan *Begomovirus* tidak terjadi jika periode makan akuisisi di bawah 15 menit, namun butuh waktu minimum 2 jam dengan periode makan inokulasi berkisar 24 hingga 48 jam (Uzcategui & Lastra 1978)

Menurut Ganefianti (2008) keefektifan penularan *Begomovirus* cukup tinggi jika menggunakan metode penularan tiap satu individu tanaman. Cara ini umum dilakukan untuk menghindari terjadinya *escape*. Namun, jika populasi tanaman uji cukup besar seperti populasi M_2 , tentunya diperlukan waktu, tenaga, biaya, dan jumlah serangga vektor yang cukup banyak. Padahal ada keterbatasan jumlah hasil kelimpahan serangga vektor *B. tabaci* bebas virus (*nonviruliferous*), yang kemungkinan disebabkan oleh faktor pemilihan jenis tanaman inang serta kondisi lingkungan selama proses perbanyakkan vektor. Untuk itu perlu dikaji penggunaan beberapa jenis tanaman inang serta kondisi lingkungan yang cocok untuk mendapatkan kelimpahan hasil serangga vektor *B. tabaci* yang bebas virus (*nonviruliferous*)

Hal lain yang harus diperhatikan adalah serangga vektor *B. tabaci* yang telah mengalami periode makan akuisisi harus segera dipindahkan untuk diinokulasikan pada tanaman uji. Proses pemindahan ini harus dilakukan dengan hati-hati karena *B. tabaci* yang mengalami kondisi *stress* cenderung tidak aktif di dalam sungkup penapisan. Berpatokan pada banyaknya jumlah individu tanaman uji yang harus ditapis serta keharusan terjadi periode akuisisi dan inokulasi pada serangga vektor *B. tabaci* maka perlu dibuat suatu metode penularan *Begomovirus* pada tanaman uji secara massal yang dapat menghindari terjadinya kondisi *stress* pada serangga vektor *B. tabaci*. Dengan demikian, *B. tabaci* dapat aktif menularkan virus dengan peluang yang sama pada sejumlah tanaman uji, yang pada akhirnya hasil uji penapisan tidak menjadi bias akibat *escape*.

Penelitian bertujuan untuk (1) mendapatkan metode penularan massal dari *Begomovirus* yang keefektifannya tidak berbeda dengan metode penularan secara individu, (2) mengetahui tanaman inang yang cocok untuk perbanyakkan serangga vektor *B. tabaci*, (3) mengetahui tingkat ketahanan cabai genotipe M_2 hasil iradiasi sinar gamma terhadap infeksi *Begomovirus*, dan (4) mengetahui perbedaan pertumbuhan dan hasil tanaman dari genotipe M_2 dan genotipe tetua M_0 saat terinfeksi *Begomovirus*. Hipotesis yang diajukan adalah (1) terdapat metode penularan massal untuk uji ketahanan tanaman terhadap *Begomovirus* yang efektif

seperti metode penularan secara individu, (2) diperoleh tanaman inang yang cocok untuk perbanyakkan serangga vektor *B. tabaci*, (3) terjadi perbedaan tingkat ketahanan cabai genotipe M_2 terhadap *Begomovirus*, dan (4) terjadi perbedaan pertumbuhan dan hasil tanaman antara genotipe M_2 dengan genotipe tetua M_0 saat terinfeksi *Begomovirus*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan sejak bulan Mei 2013 sampai dengan Agustus 2013 di Rumah Kasa, Kebun Percobaan Margahayu Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bahan yang digunakan adalah :

- (1) Bibit tanaman cabai tetua asal (M_0) dan bibit M_2 sebagai generasi ke-2 dari benih yang diiradiasi sinar gamma (400–600 Gy) dari lima genotipe cabai (Kencana, Lembang-1, SSP, Tanjung-2, Seloka). Digunakan genotipe IPBC-12 sebagai kontrol tahan terhadap infeksi *Begomovirus*. Bibit yang ditapis berumur 3 minggu setelah semai (MSS) yang merupakan fase kritis terhadap infeksi *Begomovirus* (Ganefianti 2010).
- (2) Sumber inokulum berupa tanaman cabai yang terinfeksi *Begomovirus* dari daerah Kersana-

Brebes yang telah diuji kebenarannya secara molekuler.

- (3) Telur dan imago *B. tabaci* yang diambil dari lahan pertanian terung ungu di daerah Kersana-Brebes.
- (4) Tanaman cabai, tomat, brokoli, terung ungu, kapas, mentimun, bayam duri, dan *babadotan*, pada fase vegetatif dan bersih dari keberadaan *B. tabaci* sebagai tanaman inang perbanyakkan *B. tabaci*.
- (5) Sungkup kain kasa berukuran 1 m x 1 m x 1 m sebagai tempat penularan *Begomovirus* secara massal.

Pengumpulan Serangga Vektor *B. tabaci*

Imago serangga vektor *B. tabaci* diambil dan dikumpulkan sebanyak 800 ekor menggunakan alat *aspirator* dari pertanian terung ungu di daerah Kersana-Brebes. Selanjutnya serangga tersebut dibawa ke Lembang dengan cara dilepaskan pada tanaman terung ungu yang berada di dalam baki plastik yang disungkup kain kasa berukuran 35 cm x 30 cm x 15 cm.

Kajian Berbagai Jenis Tanaman Inang terhadap Kelimpahan Imago *B. tabaci*

Dalam kegiatan ini dilepaskan imago *B. tabaci* sebanyak 25 ekor pada tiap jenis tanaman inang yang ada dalam sungkup silinder berdiameter (\emptyset) 20 cm



Gambar 1. Pengumpulan serangga vektor *B. tabaci* yang dibawa dari daerah Kersana-Brebes ke Lembang (a) penyedotan imago *B. tabaci* menggunakan aspirator untuk dilepaskan pada berbagai tanaman inang (b), dan perbanyakkan imago *B. tabaci* pada berbagai tanaman inang (c) [Collecting insect vector *B. tabaci* that be taken from Kersana-Brebes area to Lembang (a), sucking imago *B. tabaci* using aspirator to be released on various host plants (b), and rearing of imago *B. tabaci* on various host plants]

dan tinggi 50 cm. Ada delapan jenis tanaman inang yang digunakan, yaitu cabai (*Capsicum annum*), tomat (*Lycopersicon esculentum*), brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), terung ungu (*Solanum melongena*), kapas (*Gossypium hirsutum*), mentimun (*Cucumis sativus*), babadotan (*Ageratum conyzoides*), dan bayam duri (*Amaranthus spinosus*). Pada kegiatan ini digunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan delapan perlakuan dan tiap perlakuan diulang empat kali. Penghitungan jumlah imago *B. tabaci* yang telah bebas virus (*nonviruliferous*) dilakukan pada umur 21 hari setelah pelepasan. Selanjutnya serangga tersebut digunakan pada uji penapisan.

Pelaksanaan Uji Penapisan

Persiapan uji penapisan dimulai dengan penyemaian benih cabai varietas Tanjung-2 yang dilakukan dalam pot plastik berdiameter (\emptyset) 6 cm sebanyak lima benih tiap pot. Setelah benih berkecambah, bibit yang berumur 3 MSS digunakan sebagai tanaman uji karena merupakan fase kritis terhadap infeksi *Begomovirus*. Persiapan imago *B. tabaci* yang telah membawa virus (*nonviruliferous*) dilakukan dengan cara mengumpulkan \pm 250 ekor imago *B. tabaci nonviruliferous* menggunakan alat *aspirator*, selanjutnya serangga tersebut dilepaskan pada tanaman cabai yang terinfeksi *Begomovirus* (periode makan akuisisi) selama 48 jam.

Aplikasi Metode Penularan *Begomovirus*

Pada aplikasi beberapa metode penularan *Begomovirus* secara massal dilakukan pengkajian optimasi perbandingan jumlah sumber inokulum dipadukan dengan penularan menggunakan serangga vektor *B. tabaci* dengan status kondisi bebas virus (*non viruliferous*) atau sudah membawa virus (*viruliferous*) dalam satu sungkup penapisan. Penelitian ditata dalam RAK dengan lima perlakuan dan tiap jenis perlakuan diulang lima kali. Tiap ulangan perlakuan penularan massal terdiri atas 50 individu bibit tanaman, sedangkan tiap ulangan perlakuan penularan individu terdiri atas 10 bibit tanaman. Pada semua perlakuan dilakukan infestasi *B. tabaci* untuk periode makan inokulasi selama 48 jam. Setelah itu serangga dimatikan dengan penyemprotan larutan deterjen.

Perlakuan yang diuji adalah (1) dalam satu baki plastik yang disungkup kain kasa dengan komposisi di dalamnya 10 pot plastik (5 bibit cabai/pot) + 1 pot tanaman inokulum + vektor *B. tabaci* kondisi *nonviruliferous* (20–30 ekor), (2) dalam satu baki plastik yang disungkup kain kasa dengan komposisi di dalamnya 10 pot plastik (5 bibit cabai/pot) + 2 pot tanaman inokulum + vektor *B. tabaci* kondisi *nonviruliferous* (20–30 ekor), (3) dalam satu baki

plastik yang disungkup kain kasa dengan komposisi di dalamnya 10 pot plastik (5 bibit cabai/pot) + 3 pot tanaman inokulum + vektor *B. tabaci* kondisi *nonviruliferous* (20–30 ekor), (4) dalam satu baki plastik yang disungkup kain kasa dengan komposisi di dalamnya 10 pot plastik (5 bibit cabai/pot) + vektor *B. tabaci* kondisi *viruliferous* (20 – 30 ekor), dan (5) penularan secara individu sebagai kontrol, yaitu tiap satu tanaman disungkup satu pot plastik yang di dalamnya telah berisi vektor *B. tabaci* dengan kondisi *viruliferous* (10 ekor/tanaman).

Aplikasi Metode Penularan Massal Terpilih

Metode aplikasi penularan massal terpilih diuji dengan menggunakan materi bibit cabai M_0 dan lima genotipe cabai M_2 (Kencana, Lembang-1, SSP, Tanjung-2, Seloka) ditambah satu genotipe kontrol (IPBC-12). Untuk setiap genotipe M_2 ditapis sebanyak 200 bibit tanaman tanpa menggunakan ulangan. Hal itu dilakukan karena secara teori tiap individu M_2 memiliki genotipe berbeda sehingga seleksi individu merupakan pilihan yang tepat. Selanjutnya semua bibit yang telah ditapis ditanam di lapangan untuk diamati pertumbuhan, perkembangan dan hasilnya.

Peubah pengamatan adalah sebagai berikut :

- (1) Jumlah imago *B. tabaci nonviruliferous*. Diamati pada 21 hari setelah pelepasan pada tanaman inang, sesuai dengan lama siklus hidup serangga *B. tabaci* dari telur hingga imago (Gameel 1977).
- (2) Masa inkubasi (*incubation time*) (HSI). Diamati setiap hari setelah dilakukan penularan *Begomovirus* hingga 25 HSI sebagai masa inkubasi tertinggi yang memungkinkan virus untuk menimbulkan gejala sistemik (Agrios 1978).
- (3) Penilaian gejala penyakit (*scoring disease symptom*). Dilakukan penilaian variasi gejala visual yang terjadi di lapangan (Gunaeni *et al.* 2012), yaitu 0 = tanaman tidak menunjukkan gejala virus (sehat), 1 = tanaman menunjukkan gejala mosaik ringan, 2 = tanaman menunjukkan gejala mosaik, alur kuning terlihat jelas (kontras), 3 = tanaman menunjukkan gejala mosaik, alur kuning terlihat jelas (kontras) dan terjadi perubahan bentuk pertumbuhan, dan 4 = tanaman menunjukkan gejala mosaik berat, alur kuning terlihat jelas (kontras), terjadi perubahan bentuk pertumbuhan, dan tanaman kerdil.
- (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 *Begomovirus* pada genotipe yang diuji 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 $I = 0, 1, 2$ sampai skor tertinggi, N = jumlah tanaman yang diamati, Z = skor tertinggi. Nilai IP yang didapat selanjutnya digunakan untuk mengelompokkan tingkat ketahanan genotipe cabai terhadap *Begomovirus* dengan kriteria (Dolores 1996) : imun (I) jika $IP = 0.00\%$, tahan (T) jika $IP \leq 10\%$, agak tahan (AT) jika $10\% < IP \leq 20\%$, agak rentan (AR) jika $20\% < IP \leq 30\%$, rentan (R) jika $30\% < IP \leq 50\%$, sangat rentan (SR) jika $IP > 50\%$.
- (6) Pertumbuhan dan perkembangan tanaman: (a) jumlah tanaman hidup dan mati (%) dihitung jumlah tanaman yang mati per total tanaman dari tiap perlakuan setelah dilakukan penularan (10 MSS), (b) tinggi tanaman pada saat panen terakhir (cm), (c) jumlah (unit buah), panjang (cm), diameter (mm), dan bobot satu buah (g).

Analisis data dilakukan menggunakan uji F dan jika terdapat perbedaan akan dilanjutkan menggunakan DMRT (*duncan multiple range test*) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Berbagai Jenis Tanaman Inang untuk Kelimpahan Hasil Serangga Vektor *B. tabaci*

Serangga vektor *B. tabaci* memiliki kisaran inang yang luas terutama dari familia *Compositae*, *Cucurbitaceae*, *Cruciferae*, dan *Solanaceae* (Sulandari

2006), namun diharapkan tanaman inang untuk perbanyak adalah yang sangat disukai *B. tabaci* dan mudah didapat dari lingkungan sekitar. Pada Tabel 1 dapat dilihat rerata jumlah imago *B. tabaci* yang paling banyak dihasilkan adalah pada tanaman terung ungu (60 ekor), walaupun tidak berbeda nyata dengan yang ada pada tanaman kapas (53 ekor), sedangkan yang paling sedikit pada tanaman bayam duri (delapan ekor). Kemungkinan hal ini disebabkan daun tanaman terung ungu dan kapas tidak memiliki zat aktif yang berbahaya untuk *B. tabaci*. Selain itu bentuk dan jumlah bulu *trichoma* pada permukaan daun terung ungu dan kapas lebih disukai *B. tabaci*, di samping juga morfologi daun yang permukaannya datar dan lebih luas, sehingga *B. tabaci* cocok bersarang dan meletakkan telur. Gunaeni *et al.* (2011) menyatakan ada korelasi positif yang terjadi antara jumlah keberadaan serangga vektor *B. tabaci* per tanaman dengan jumlah dan luas daun pada tanaman inang. Semakin banyak jumlah dan luas daun tanaman inang, akan semakin disukai serangga vektor *B. tabaci*.

Daun bayam duri tidak disukai *B. tabaci* karena keberadaan zat aktif tanin yang merupakan senyawa polifenol dengan rasa pahit. Karena keberadaan zat tanin ini maka aplikasi ekstrak nabati daun bayam duri pada tanaman cabai dapat menyebabkan terjadi penekanan untuk tidak disukai serangga *B. tabaci* hingga sebesar 93% sehingga diharapkan tanaman cabai dapat terbebas dari infeksi virus kuning (Duriat 2008).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa imago *B. tabaci* cenderung berkumpul pada bagian bawah permukaan daun. Hal ini sesuai dengan pendapat Hidayat *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa imago *B. tabaci* akan meletakkan telur tegak lurus

Tabel 1. Jumlah dan rerata imago serangga vektor *B. tabaci* pada berbagai jenis tanaman inang (*Amount and mean of imago of insect vector on several kind of host plants*)

Tanaman inang (Host plant)	Jumlah pelepasan individu imago (<i>Number of released imago individu</i>) Ekor/individu,	Jumlah individu imago setelah 21 hari pelepasan (<i>Number of imago individu 21 days after released</i>) Ekor/individu	Rerata perbanyakian tiap individu imago (<i>Mean of rearing imago per individu</i>) Ekor/individu
	(a)	(b)	(b/a)
Cabai (<i>C. annuum</i>)	25	20 d	0,80
Tomat (<i>L. esculentum</i>)	25	45 bc	1,80
Brokoli (<i>B. oleraceae</i> var. <i>italica</i>)	25	40 c	1,60
Terung ungu (<i>S. Melongena</i>)	25	60 a	2,40
Kapas (<i>G. hirsutum</i>)	25	53 ab	2,12
Mentimun (<i>C. sativus</i>)	25	37 c	1,48
Bayam duri (<i>A. spinosus</i>)	25	8 e	0,32
Babadotan (<i>A. conyzoides</i>)	25	17 de	0,68
KK (CV), %		17,66	

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 multiple range test at 0.05 level*)

pada permukaan daun bagian bawah dengan cara menyisipkan telurnya ke dalam jaringan epidermis daun.

Begomovirus ditularkan secara persisten sirkulatif tetapi tidak propagatif sehingga telur dan generasi imago selanjutnya menjadi bebas virus (*nonviruliferous*). Pada Tabel 1 dapat dilihat dari 25 ekor imago *B. tabaci*, ternyata rerata tiap satu imago hanya menghasilkan 0,8 – 2,4 ekor imago *B. tabaci nonviruliferous*. Padahal menurut Gameel (1977) imago yang berumur 1–4 hari dapat langsung menghasilkan telur tanpa melakukan perkawinan dan mampu menghasilkan rerata tujuh butir telur per hari. Rendahnya jumlah telur yang dihasilkan mungkin disebabkan serangga vektor *B. tabaci* asal Kersana-Brebes belum beradaptasi dengan kondisi lingkungan di Lembang yang bersuhu lebih rendah (19–24°C) dengan kelembaban sekitar 70–90%. Sudiono *et al.* (2001) menjelaskan bahwa perbedaan kondisi iklim dapat menyebabkan *B. tabaci* mengubah siklus hidup dan kelimpahan populasinya, sebagai contoh pada musim hujan populasi akan berkurang dan pada saat kemarau populasi akan meningkat. Serangga vektor *B. tabaci* menghendaki temperatur optimum 32,5°C untuk pertumbuhan populasinya sehingga populasinya akan meningkat tinggi pada saat musim kemarau. Oleh sebab itu penggunaan serangga vektor *B. tabaci* yang telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan tempat perbanyakannya penting untuk dipertimbangkan.

Keefektifan Aplikasi Beberapa Metode Penularan *Begomovirus* Secara Massal

Pengamatan optimasi metode penularan virus secara massal dilakukan sampai 4 minggu setelah inokulasi (MSI) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Masa inkubasi untuk perlakuan empat berupa penularan massal dengan menggunakan vektor *B. tabaci* dalam kondisi *viruliferous* dengan jumlah sekitar 20–30 ekor untuk 50 tanaman uji ternyata tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol berupa penularan secara individu, yaitu berkisar 13 – 13,2 hari setelah inokulasi (HSI), sedangkan metode penularan massal lainnya dengan menggunakan serangga vektor *B. tabaci* dalam kondisi *nonviruliferous* (perlakuan 1,2,3) ternyata membutuhkan waktu inkubasi yang lebih lama untuk terjadinya gejala infeksi, yaitu sekitar 20–20,6 HSI. Hal ini disebabkan serangga vektor *B. tabaci nonviruliferous* memerlukan waktu akuisisi terlebih dahulu untuk dapat menginokulasi dan menginfeksi tanaman sehingga masa inkubasinya menjadi lebih lama.

Penularan *Begomovirus* terjadi secara persisten. Setelah virus masuk dalam tubuh serangga vektor, *B. tabaci* akan beredar melalui saluran pencernaan,

menembus dinding usus, bersirkulasi dalam cairan tubuh serangga (*hemolymph*), kemudian dikeluarkan lagi melalui kelenjar dan cairan liur (*saliva*) dalam mulutnya. Pada saat *B. tabaci* menghisap cairan makanan dari tanaman sehat maka virus ikut masuk ke dalam tanaman bersama dengan cairan dari mulut serangga tersebut. Menurut Uzcategui & Lastra (1978) periode akuisisi *B. tabaci* minimum selama 2 jam dengan periode laten 20 jam. Periode akuisisi di bawah 15 menit tidak akan menimbulkan gejala.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa perlakuan empat berupa penularan massal menggunakan vektor *viruliferous* ternyata tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol berupa penularan secara individu untuk peubah jumlah tanaman terinfeksi dan kejadian penyakit. Kedua metode penularan tersebut mampu menyebabkan terjadinya persentase kejadian penyakit sekitar 79,20–87,20%. Metode penularan massal menggunakan vektor *B. tabaci* dalam kondisi *nonviruliferous* (perlakuan 1,2,3) hanya mampu menyebabkan persentase kejadian penyakit sekitar 32,40 – 47,20% sehingga hampir setengah dari total populasi individu tanaman yang ditapis terjadi *escape*.

Faktor jumlah tanaman inokulum dalam sungkup sangat berpengaruh terhadap peubah jumlah tanaman terinfeksi dan kejadian penyakit untuk perlakuan 1,2, dan 3 berupa metode penularan massal dalam kondisi serangga vektor *nonviruliferous*. Semakin banyak jumlah tanaman inokulum maka akan semakin banyak jumlah tanaman terinfeksi sehingga persentase kejadian penyakit juga meningkat, walaupun tetap masih lebih rendah jika dibandingkan dengan penularan massal menggunakan vektor dalam kondisi *viruliferous*. Jika dilihat dari keefektifannya maka perlakuan penularan massal menggunakan vektor *B. tabaci* dalam kondisi *viruliferous* dengan jumlah sekitar 20–30 ekor dapat digunakan sebagai cara penularan massal untuk populasi sekitar 50 individu tanaman dengan hasil penularan tidak berbeda nyata dengan penularan secara individu sehingga dapat menekan kemungkinan terjadinya *escape* di dalam uji penapisan.

Penggunaan vektor *B. tabaci* dalam kondisi *non viruliferous* untuk penularan massal tetap harus terus dikaji karena untuk mendapatkan vektor *B. Tabaci* kondisi *viruliferous* yang tidak *stress* dibutuhkan suatu keterampilan khusus untuk dapat melakukannya sehingga masih tidak efisien dalam pelaksanaannya. Beberapa hal yang perlu dikaji kembali untuk perbaikan metode penularan massal menggunakan vektor *B. tabaci* dalam kondisi *non viruliferous*, antara lain adalah menyangkut jumlah vektor yang dibutuhkan, jumlah kecukupan tanaman inokulum

Tabel 2. Keefektifan beberapa metode penularan *Begomovirus* menggunakan serangga vektor *B. tabaci* (Effectiveness of several *Begomovirus* transfer method by insect vector *B. tabaci*)

Perlakuan (Treatments)	Masa inkubasi (Incubation time) HSI (DAI)	Jumlah tanaman terinfeksi (Infected plant number) n=50 tanaman (plant)	Kejadian penyakit (Disease incident) %
Dalam kotak sungkup kasa: 10 pot plastik (5 bibit per pot) + 1 pot tanaman inokulum + 20–30 ekor vektor <i>B. tabaci nonviruliferous</i> (In one cage covered by screen net: 10 plastic pot (5 seedlings per pot) + 1 pot inoculum plant + 20–30 vector <i>B. tabaci nonviruliferous</i>)	20,40 b	16,20	32,40 a
Dalam kotak sungkup kasa: 10 pot plastik (5 bibit per pot) + 2 pot tanaman inokulum + 20–30 ekor vektor <i>B. tabaci nonviruliferous</i> (In one cage covered by screen net: 10 plastic pot (5 seedlings per pot) + 2 pot inoculum plant + 20–30 vector <i>B. tabaci nonviruliferous</i>)	20,60 b	21,20	42,60 b
Dalam kotak sungkup kasa: 10 pot plastik (5 bibit per pot) + 3 pot tanaman inokulum + 20–30 ekor vektor <i>B. tabaci nonviruliferous</i> (In one cage covered by screen net: 10 plastic pot (5 seedlings per pot) + 3 pot inoculum plant + 20–30 vector <i>B. tabaci nonviruliferous</i>)	20,00 b	23,60	47,20 b
Dalam kotak sungkup kasa: 10 pot plastik (5 bibit per pot) + 20-30 ekor vektor <i>B. tabaci viruliferous</i> (akuisisi 48 jam) (In one cage covered by screen net : 10 plastic pot (5 seedlings per pot) + 20–30 vector <i>B. tabaci viruliferous</i> (acquisition 48 hours)	13,20 a	39,60	79,20 c
Penularan individu (kontrol): 1 tanaman disungkup pot plastik + 10 ekor <i>B. tabaci viruliferous</i> (akuisisi 48 jam) (Individual transfer method (control): 1 plant covered by cup plastic + 10 <i>B. tabaci viruliferous</i> (acquisition 48 hours)	13,00 a	43,60	87,20 c

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 in the same columns are not significantly according to Duncan's multiply range test at 0,05 level)

di dalam sungkup, kapasitas ruang sungkup, serta lingkungan penularan (suhu, kelembaban, angin, dan sinar matahari) yang memungkinkan terjadinya mobilitas vektor di dalam sungkup sehingga penularan yang efektif dapat terjadi.

Aplikasi Metode Penularan Massal Terpilih untuk Uji Penapisan Genotipe Cabai M₂

Selama uji penapisan terjadi kematian tanaman sebesar 4,1%, tetapi bukan akibat infeksi *Begomovirus* melainkan karena faktor kerusakan mekanik akibat penyiraman. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa secara umum semua cabai genotipe M₂ sebagai generasi ke-2 hasil iradiasi sinar gamma pada benih dalam kisaran LD₅₀ (400–600 Gy) mengalami perubahan rerata tingkat persentase kejadian penyakit yang lebih rendah dibandingkan cabai genotipe tetua M₀. Cabai genotipe Kencana M₂ mengalami persentase kejadian penyakit yang paling kecil (29,17%),

sedangkan cabai genotipe Lembang-1 M₂ mengalami persentase kejadian yang paling tinggi (72,16%) dibandingkan cabai genotipe M₂ lainnya. Dengan demikian, dosis iradiasi sinar gamma (400–600 Gy) yang dilakukan pada benih genotipe tetua M₀ menyebabkan terjadi perubahan karakter ketahanan tanaman terhadap infeksi *Begomovirus* pada cabai genotipe M₂ menuju ke arah yang lebih baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Omar *et al.* (2008) bahwa nilai *lethal dose* (LD₅₀) pada benih cabai adalah sekitar 445 Gy. Arti LD₅₀ adalah perlakuan dosis yang menyebabkan terjadinya kematian pada setengah dari jumlah populasi yang diiradiasi sinar gamma, namun merupakan dosis optimal dalam pemuliaan mutasi karena akan diperoleh jumlah tanaman mutan yang maksimal (Dwiatmini *et al.* 2009). Namun demikian, tidak ada cabai genotipe M₂ yang persentase tingkat kejadian penyakitnya lebih rendah dibandingkan kontrol cabai genotipe IPBC-12 (21,35%), artinya

tidak ada yang tingkat ketahanannya melebihi kontrol cabai genotipe IPBC-12.

Menurut Ganefianti (2008) ada korelasi yang nyata antara peubah kejadian penyakit dengan masa inkubasi, nilai gejala, dan intensitas penyakit. Semakin tinggi tingkat kejadian penyakit maka masa inkubasi menjadi lebih singkat dengan nilai gejala dan intensitas penyakit menjadi lebih tinggi pula. Terbukti cabai genotipe Kencana M₂ dan SSP M₂ memiliki masa inkubasi yang panjang (16,39–16,43 HSI) dengan rerata nilai (*score*) tanaman terinfeksi yang lebih rendah (1,39–1,83) serta rerata tingkat persentase intensitas penyakit yang lebih rendah juga (10,00–16,67%) jika dibandingkan dengan cabai genotipe tetua M₀ dan cabai genotipe M₂ lainnya. Dengan demikian, secara rerata cabai genotipe Kencana M₂ masuk ke dalam kategori tahan dan SSP M₂ masuk kategori agak tahan terhadap infeksi *Begomovirus* (Tabel 3). Mekanisme ketahanan tanaman cabai terhadap *Begomovirus* masih diduga berkaitan dengan asam salisilat sebagai *signal endogenous* dalam transmisi SAR yang berhubungan dengan induksi ekspresi gen PR-1 (Yalpani *et al.* 1991), seperti yang ditunjukkan oleh hasil penelitian Ganefianti (2010), yaitu terjadi peningkatan kandungan asam salisilat pada genotipe IPBC-12 (kontrol tahan) dibandingkan genotipe rentan.

Cabai genotipe Kencana M₂, SSP M₂, dan IPBC-12 yang ditapis menggunakan inokulum *Begomovirus* dari Kersana-Brebes umumnya hanya menunjukkan gejala mosaik ringan, sedangkan genotipe lainnya bervariasi mulai dari mosaik ringan, kuning cerah, kuning keriting hingga kerdil. Polston & Anderson (1997) menyatakan gejala infeksi *Begomovirus* sangat

bervariasi tergantung pada *strain* virus, kultivar, umur tanaman saat terinfeksi, serta kondisi lingkungan.

Dawson (1999) menyatakan bahwa gejala daun berwarna kuning, keriting, dan mengkerut disebabkan virus bergerak dari sel satu ke sel lain hingga mencapai jaringan floem sehingga dapat bergerak cepat ke dalam daun-daun muda yang masih berkembang. Perubahan warna daun hanya akan terjadi jika suhu lingkungan di atas 25°C dan intensitasnya meningkat jika suhu lingkungan mencapai 40°C.

Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma dan Infeksi *Begomovirus* terhadap Pertumbuhan dan Hasil Cabai Genotipe M₂

Pengaruh hasil iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan hasil cabai genotipe M₂ dapat dilihat dari nilai perubahan cabai genotipe M₂ terhadap cabai genotipe tetua M₀ dari tanaman sehat. Untuk pengaruh infeksi *Begomovirus* dapat dilihat dari nilai perubahan yang terjadi antara cabai genotipe M₀ dan M₂ yang terinfeksi terhadap cabai genotipe M₀ dan M₂ tanaman sehat (Tabel 4). Secara genetik, tipe cabai keriting (Kencana, Lembang-1, SSP) rerata memiliki karakter tinggi tanaman dan jumlah buah per tanaman yang lebih tinggi dibanding tipe cabai besar (Tanjung-2, Seloka), namun untuk karakter diameter dan bobot per satu buah rerata tipe cabai besar lebih berat dibandingkan tipe cabai keriting genotipe tetua M₀ SSP memiliki karakter panjang (14,26 cm), diameter buah (10,83 mm), dan bobot per satu buah (6,87 g) yang lebih besar dan berat dibandingkan genotipe tetua M₀ Lembang 1 dan Kencana untuk tipe cabai keriting, namun untuk jumlah buah per tanaman yang paling

Tabel 3. Hasil uji penapisan genotipe cabai tetua asal (M₀) dan generasi M₂ (*The screening test result of chilli wild genotype (M₀) and generation M₂*)

Genotipe cabai (Chilli genotype)	Kejadian penyakit (Disease incident)	Masa inkubasi (Incubation time)	Nilai gejala (Symptom scoring)	Intensitas penyakit (Disease intensity)	Kategori (Category)
	%	HSI	1-4	%	
Kencana M0	66,84	15,03 ± 0,18	2,10 ± 0,08	35,47	Rentan
Kencana M2	29,17	16,32 ± 0,37	1,39 ± 0,09	10,00	Tahan
Lembang-1 M0	75,52	14,81 ± 0,13	2,20 ± 0,09	41,97	Rentan
Lembang-1 M2	72,16	14,95 ± 0,27	2,47 ± 0,09	46,01	Rentan
SSP M0	64,55	14,80 ± 0,20	2,15 ± 0,09	34,84	Rentan
SSP M2	36,13	16,19 ± 0,34	1,83 ± 0,12	16,67	Agak Tahan
Tanjung-2 M0	74,74	14,53 ± 0,15	2,38 ± 0,08	45,19	Rentan
Tanjung-2 M2	57,51	15,77 ± 0,30	2,06 ± 0,10	30,29	Rentan
Seloka M0	69,89	14,30 ± 0,20	2,32 ± 0,10	40,03	Rentan
Seloka M2	56,83	15,86 ± 0,26	2,06 ± 0,09	29,30	Agak Rentan
IPBC 12 (Kontrol)	21,35	17,05 ± 0,28	1,56 ± 0,13	8,33	Tahan

Imun (*immune*) (I) jika IP = 0.00 %, tahan (*resistant*) (T) jika IP ≤ 10%, Agak tahan (*rather resistant*) (AT) jika 10% < IP ≤ 20%, agak rentan (*rather susceptible*) (AR) jika 20% < IP ≤ 30%, rentan (*susceptible*) (R) jika 30% < IP ≤ 50%, Sangat rentan (*highly susceptible*) (SR) jika IP > 50 %, HSI = hari setelah inokulasi, DAI (*Days after inoculation*)

Tabel 4. Efek perubahan akibat iradiasi sinar gamma pada tanaman sehat dan terinfeksi *Begomovirus* (Effect of changing caused by gamma rays irradiation on healthy plant and infected by *Begomovirus*)

Peubah (Parameter)	Genotype (Genotype)															
	Kencana		NP CV	Lmb-1		NP CV	SSP		NP CV	Tjg-2		NP CV	Seloka		NP CV	IPBC-12 M ₀
	M ₀	M ₂		M ₀	M ₂		M ₀	M ₂		M ₀	M ₂		M ₀	M ₂		
Tinggi tanaman (Plant height), cm																
Sehat (Healthy)	62,28	72,17	9,9	52,43	53,29	0,9	59,31	59,75	0,4	34,61	37,92	3,3	52,01	55,09	3,1	47,56
Terinfeksi (Infected)	55,01	71,32		45,56	51,36		54,14	58,82		29,28	35,07		48,22	54,70		47,05
NP (CV)	-7,26	-0,85		-6,87	-1,93		-5,17	-0,93		-5,33	-2,85		-3,78	-0,39		-0,51
Jumlah buah (Fruit number), unit																
Sehat (Healthy)	171,09	180,05	8,9	122,37	119,36	-3,0	111,55	120,45	8,9	35,03	49,57	14,5	79,98	87,67	7,7	75,16
Terinfeksi (Infected)	146,87	174,02		106,65	95,29		91,09	114,40		22,99	39,02		66,05	73,50		71,19
NP (CV)	-19,6	-6,0		-15,7	-24,1		-20,4	-6,0		-12,0	-10,6		-13,9	-14,2		-3,9
Panjang buah (Fruit length), cm																
Sehat (Healthy)	10,78	12,84	2,1	10,65	10,49	-0,2	14,26	14,02	-0,2	10,85	11,17	0,3	13,49	13,60	0,1	6,52
Terinfeksi (Infected)	10,28	12,58		10,30	10,18		13,62	13,81		10,40	10,85		13,15	13,31		6,44
NP (CV)	-0,5	-0,3		-0,3	-0,3		-0,6	-0,2		-0,4	-0,3		-0,3	-0,3		-0,1
Diameter buah (Fruit diameter), mm																
Sehat (Healthy)	7,28	7,44	0,2	7,51	7,45	-0,1	10,83	11,44	0,6	14,98	15,20	0,2	16,36	15,83	-0,5	11,42
Terinfeksi (Infected)	7,02	7,32		7,28	7,30		10,59	11,33		14,53	15,05		15,83	15,72		11,35
NP (CV)	-0,3	-0,1		-0,2	-0,1		-0,2	-0,1		-0,4	-0,1		-0,5	-0,1		-0,1
Bobot per satu buah (Weight of one fruit), g																
Sehat (Healthy)	2,69	3,02	0,3	2,68	2,57	-0,1	6,87	6,86	0,0	7,19	7,73	0,5	7,68	7,86	0,2	4,89
Terinfeksi (Infected)	2,49	2,88		2,45	2,42		6,39	6,72		6,78	7,65		7,44	7,75		4,59
NP (CV)	-0,2	-0,1		-0,2	-0,2		-0,5	-0,1		-0,4	-0,1		-0,2	-0,1		-0,3

NP = Nilai perubahan (Changing value/CV)

banyak adalah genotipe tetua M₀ Kencana (166,43 buah). Untuk tipe cabai besar, genotipe tetua M₀ Seloka memiliki karakter panjang buah (13,49 cm), bobot per satu buah (7,68 g), dan jumlah buah per tanaman (79,98 buah) yang lebih besar dibandingkan dengan genotipe tetua M₀ Tanjung 2.

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa beberapa cabai genotipe M₂ rerata individu tanamannya mengalami nilai perubahan positif bertambah besar dan banyak. Cabai genotipe Kencana M₂ mengalami perubahan positif tertinggi pada karakter tinggi tanaman (72,17 cm) dan panjang buah (12,84 cm), sedangkan pada cabai genotipe Tanjung-2, M₂ mengalami perubahan positif tertinggi pada karakter jumlah buah per tanaman (49,57 buah) dan bobot per satu buah (7,73 g) dibandingkan dengan genotipe tetua M₀. Pada karakter diameter buah perubahan positif tertinggi terjadi pada cabai genotipe SSP M₂ (11,44 mm). Hal ini menandakan genotipe-genotipe tersebut lebih responsif menerima perubahan dari perlakuan iradiasi sinar gamma untuk setiap karakter. Secara umum, iradiasi sinar gamma menyebabkan terjadinya perubahan negatif seiring dengan peningkatan dosis iradiasi (Dhakshanamoorthy *et al.* 2010). Namun,

pada tanaman cabai pengaruh dosis iradiasi sinar gamma 400–600 Gy ternyata tidak semuanya mengarah pada perubahan yang negatif untuk karakter tinggi dan hasil tanaman, tergantung pada sensitivitas genotipe tetua M₀ masing-masing. Hal ini Dimungkinkan karena dosis iradiasi sinar gamma 400–600 Gy pada benih cabai merupakan nilai LD₅₀ yang diperkirakan dapat diperoleh mutan yang diinginkan dalam jumlah maksimal (Dwiatmini *et al.* 2009).

Menurut Funayama & Terashima (2006) akibat infeksi *Begomovirus* maka bentuk kloroplas menjadi abnormal dengan ukuran yang relatif lebih kecil dan jumlah tilakoid pada setiap grana menurun sehingga terjadi penurunan laju fotosintesis karena penurunan kemampuan mengabsorpsi cahaya. Hasil fotosintat tidak hanya digunakan tanaman untuk tumbuh, namun juga sebagian besar energinya dipakai untuk replikasi dan sintesis partikel virus. Akibatnya tanaman terganggu dalam pertumbuhan vegetatif dan generatif (Subekti *et al.* 2006). Buah cabai yang dihasilkan oleh tanaman sehat memiliki jumlah dan bobot buah yang lebih banyak dan bobot yang lebih berat dibandingkan tanaman terinfeksi virus.

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa semua karakter kuantitatif tinggi dan hasil tanaman cabai pada genotipe tetua M_0 dan M_2 yang terinfeksi *Begomovirus* mengalami perubahan ke arah negatif dibandingkan genotipe M_0 dan M_2 tanaman sehat. Namun, perubahan karakter kuantitatif pertumbuhan dan hasil tanaman pada cabai genotipe M_2 lebih kecil dibandingkan genotipe tetua M_0 saat terinfeksi *Begomovirus*. Hal ini menunjukkan pentingnya penggunaan cabai genotipe tahan terhadap adanya infeksi *Begomovirus* dalam usaha budidaya cabai dan perakitannya dapat dilakukan melalui pemuliaan mutasi lewat iradiasi sinar gamma.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tanaman terung ungu (*S. melongena*) dan kapas (*G. hirsutum*) cocok dijadikan tanaman inang dalam usaha perbanyak serangga vektor *B. tabaci*. Penggunaan serangga vektor *B. tabaci* pada kondisi *viruliferous* (masa akuisisi 48 jam) dengan jumlah sekitar 20–30 ekor dalam satu kotak yang disungkup kain kasa dapat digunakan sebagai metode penularan massal untuk uji penapisan 50 bibit tanaman cabai (kondisi 2–4 daun sejati) dengan keefektifan setara dengan metode penularan secara individu. Rerata dari 195 individu genotipe cabai Kencana M_2 dan SSP M_2 masuk dalam kategori tahan dan agak tahan terhadap infeksi *Begomovirus*, sedangkan rerata dari 195 individu genotipe cabai Seloka M_2 , Lembang-1 M_2 , dan Tanjung-2 M_2 masuk dalam kategori rentan-agak rentan.

Perubahan karakter kuantitatif dari pertumbuhan dan hasil tanaman saat kondisi terinfeksi *Begomovirus* pada genotipe cabai M_2 lebih kecil dibandingkan pada genotipe tetua M_0 .

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

1. Agrios, GN 1978, *Plant pathology*, 2nd ed., Academic Press, New York, San Fransisco, London.
2. Aidawati, N, Hidayat, SH, Suseno, R & Sosromarsono, S 2002, 'Transmission of an Indonesia isolate of tobacco leaf curl virus (Gemini Virus) by *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera : Aleyrodidae)', *Plant Pathol.*, vol.18, pp. 231-6.
3. Dawson, W 1999, 'Tobacco mosaic virus virulence and avirulence' *Phil. Trans.*, vol. 354, pp.645-51.
4. Dhakshanamoorthy, D, Selvaraj, R & Chidambaram, A 2010, 'Physical and chemical mutagenesis in *Jatropha curcas* L. to induce variability in seed germination, growth, and yield Traits', *Rom. J. Biol-Plant Biol.*, vol. 55, no.2, pp.113-25.
5. Dolores, LM 1996, 'Management of pepper viruses', in *AVNET-II Final Workshop Proceeding*, AVRDC, Tainan, Taiwan, pp.334-42
6. 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.
7. Dwiatmini, K, Kartikaningrum, S & Sulyo, Y 2009, 'Induksi mutasi kecombrang (*Etilingera elatior*) menggunakan iradiasi sinar gamma', *J. Hort.*, vol. 19, no. 1, hlm. 1-5.
8. Funamaya, S & Terashima, I 2006, 'Effect of eupatorium yellow vein virus infection on photosynthetic rate, chlorophyll content and chloroplast structure in leaves of eupatorium makinoi during leaf development', *Functional Plant Biology*, vol. 13, pp. 165-75.
9. Gameel, OJ 1977, *Bemisia tabaci* (Genn) dalam Kranz, J, Schmutterer, H & Kock, W (eds.), pp. 320-2
10. 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.
11. Ganefianti, DW 2010, 'Genetik ketahanan cabai terhadap *Begomovirus* penyebab penyakit daun keriting kuning dan arah pemuliaannya', Disertasi, Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor, 177 hlm.
12. Gunaeni, N, Gaswanto, R & Duriat, AS 2011, 'Hubungan morfologi tanaman tomat dengan preferensi *Bemisia tabaci* sebagai bentuk ketahanan pasif terhadap virus kuning', *Jurnal Fitomedika*, vol. 7, no. 3, hlm. 142-200.
13. Gunaeni, N, Wulandari, A, Uhan, TS & Hudayya, A 2012, *Pengendalian dengan menggunakan bahan ekstrak tanaman untuk menginduksi resistensi tanaman cabai merah terhadap virus kuning keriting*, Laporan APBN Balitsa 2012, 28 hlm.
14. 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.
15. Hidayat, SH, Chatchawakanpanich, O, Rusli, E & Aidawati, N 2006, '*Begomovirus* associated with pepper yellow leaf curl Disease in West Java Indonesia', *J. Mikrobiologi Indonesia*, vol. 11, no. 2, hlm. 87-9
16. Nono, W, Marchoux, RG, Pochard, E, Palloix, A & Selassie, KG 1991, 'Resistance of pepper lines to movement of Cucumber Mosaic Virus', *J. Phytopathol.*, vol. 137, pp. 21-32.
17. Omar, S, Haruna, RAO, Saamin, Shaharudin, NA, Majid & Muhamad, N 2008, 'Gamma radiosensitivity study on chili (*Capsicum annum*)', *American Journal of Applied Sciences*, vol. 5, no. 2, pp. 67-70.
18. 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
19. 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.

20. Scully, BT & Federer, WT 1989, 'Application of Genetics theory in breeding for multiple viral resistance', in Kyle, M (ed.), *Breeding for virus resistance in vegetables*, Academic Press, New York, pp. 167-95.
21. Soeranto, H, Nakanishi & Razzak, TM 2001, 'Mutation breeding in sorghum in Indonesia', *Radioisotope Journal*, vol. 50, no. 5, pp.169-75.
22. Subekti, D, Hidayat, SH, Nurhayati, E & Sujiprihati, S 2006, 'Infeksi *cucumber mosaic virus* dan *chili veinal mottle virus* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai', *J. Hayati*, vol.13, no. 2, hlm. 53-7
23. Sudiono, S, Hidayat, SH, Rusmilah, S & Soemartono, S 2001, 'Deteksi molekuler dan uji kisaran inang virus gemini asal tanaman tomat', *Prosiding. Kongres Nasional XVI*, PFI, Bogor, 22-24 Agustus.
24. Sulandari, S, Suseno, R, Hidayat, SH, Harjosudarno, 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
25. Syukur, M, Hidayat, SH, Udiarto, BK, Deviona & Gaswanto, R 2013, *Perakitan varietas mutan cabai tahan Begomovirus, berkualitas buah baik dan berdaya hasil 12 ton/ha*, Laporan hasil penelitian KKP3N 2013, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat, 60 hlm.
26. Uzcategui, RC & Lastra, R 1978, 'Transmission and physical properties of the causal agent of mosaico Amarillo del tomate (*tomato yellow mosaic*)', *J. Phytopathology*, vol. 68, pp. 985-8.
27. Yalpani, N, Silverman, P, Wilson, TMA, Kleier, DA & Raskin, I 1991, 'Salicylic acid is a systemic signal and inducer of pathogenesis-related protein in virus-infected tobacco', *The Plant Cell*, vol. 3, pp. 809-818.
28. 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