

Ketahanan dan Karakter Fenotipe Galur Mutan (M_2) Cabai terhadap *Chilli Veinal Mottle Virus*

(Resistance and Phenotypic Character of Chili M_2 Mutant Lines Against *Chilli Veinal Mottle Virus*)

Ifa Manzila^{1*}, Neni Gunaeni², Yenni Kusandriani², dan Tri P. Priyatno¹

¹Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111, Indonesia
Telp. (0251) 8337975; Faks. (0251) 8338820; *E-mail: ifamanzila@gmail.com

²Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Perahu 517, Kotak Pos 8413, Lembang 40391, Indonesia

Diajukan: 17 Maret 2015; Direvisi: 28 April 2015; Diterima: 3 Juli 2015

ABSTRACT

Chilli veinal mottle virus (ChiVMV) infection could reduce the quality and 60–100% of yield losses of chili. Among the chili varieties released, no one has been resistant to ChiVMV, mainly due to a high variation of ChiVMV strains and not well mapped. Therefore, finding a new source of ChiVMV resistant genes is pivotal role in order to assembly new varieties. Approach through *in vitro* mutation induction using mutagen *ethyl methane sulfonate* (EMS) is one of the efforts to increase genetic diversity. Previous studies has successfully acquired 800 M_2 lines through callus induction of Gelora variety with EMS. This study aimed to obtain M_2 lines resistant to ChiVMV and having a good agronomical characters. A total of 800 chili M_2 lines that derived from chili M_2 mutations using mutagen EMS has been tested in greenhouse to ChiVMV resistance and studied character phenotype. The results showed that of the 800 lines, there were 28 strains obtained showed a response tolerant and resistant to ChiVMV. Eight mutant lines of which have good agronomic characters. The mutant lines are M_2 .100, M_2 .108, M_2 .200, M_2 . 122, M_2 .238, M_2 .353, M_2 .420, and M_2 .517. Eight lines will be selected and further observed to obtain chili promising lines that are resistant to ChiVMV and high yielding.

Keywords: Chili (*Capsicum annuum* L.), mutation induction, resistance, ChiVMV.

ABSTRAK

Infeksi *Chilli veinal mottle virus* (ChiVMV) menurunkan kualitas dan kuantitas cabai serta kehilangan hasil mencapai 60–100%. Di antara varietas cabai yang dilepas, belum ada yang tahan terhadap serangan ChiVMV. Hal ini terutama disebabkan oleh variasi strain ChiVMV yang sangat tinggi di lapangan dan belum terpetakan dengan baik. Oleh sebab itu, pencarian sumber-sumber gen tahan ChiVMV perlu dilakukan. Pendekatan melalui teknik induksi mutasi *in vitro* menggunakan mutagen *ethyl methanesulfonate* (EMS) merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keragaman genetik. Dari hasil penelitian sebelumnya melalui induksi kalus cabai varietas Gelora dengan mutagen EMS telah berhasil diperoleh 800 galur M_2 . Tujuan penelitian ini adalah memperoleh sejumlah galur M_2 hasil induksi mutasi kimia varietas Gelora yang tahan ChiVMV dan berpenampilan agronomis baik. Sebanyak 800 galur M_2 cabai yang berasal dari mutasi menggunakan mutagen EMS telah diuji ketahanannya terhadap ChiVMV dan dipelajari karakter fenotipenya di rumah kaca. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari 800 galur yang diuji diperoleh 28 galur yang menunjukkan respons toleran dan tahan terhadap ChiVMV. Delapan galur di antaranya memiliki karakter agronomis baik. Galur-galur tersebut adalah M_2 .100, M_2 .108, M_2 .200, M_2 . 122, M_2 .238, M_2 .353, M_2 .420, dan M_2 .517. Delapan galur ini perlu diseleksi dan diobservasi lebih lanjut hingga diperoleh galur-galur harapan cabai yang tahan terhadap ChiVMV dan berdaya hasil tinggi.

Kata kunci: Cabai (*Capsicum annuum* L.), induksi mutasi, ketahanan, ChiVMV.

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas penting dalam perekonomian Indonesia karena sering terjadi gejolak harga yang tinggi dan berpengaruh terhadap inflasi. Instruksi presiden di Bukittinggi pada tahun 2014 memberikan prioritas terhadap sembilan komoditas utama pertanian, termasuk cabai, dalam rencana aksi peningkatan produksi pangan. Produktivitas cabai di Indonesia baru mencapai rerata 6,72 t/ha (Direktorat Bina Program Tanaman Pangan dan Hortikultura RI, 2010) masih jauh dibanding dengan potensi produksi sebesar 12,99 t/ha (BPS, 2010). Dalam upaya peningkatan produksi cabai, salah satu usaha yang dilakukan adalah dengan meminimalkan berbagai kendala produksi cabai nasional melalui penerapan teknologi budi daya yang tepat.

Rendahnya produktivitas cabai nasional disebabkan oleh berbagai serangan hama dan penyakit, salah satunya adalah infeksi virus *chilli veinal mottle virus* (ChiVMV) yang dikenal sebagai virus belang (Womdim *et al.*, 2001). Penyakit ini menyerang tanaman cabai sejak awal pertumbuhan hingga stadia panen sehingga sangat berpengaruh terhadap produktivitas cabai. Tanaman cabai yang terserang menghasilkan kuantitas dan kualitas buah yang rendah dengan kehilangan hasil mencapai 60–100%. Serangan tertinggi yang dapat menggagalkan panen sering terjadi pada kondisi curah hujan dan kelembapan lingkungan tinggi. Saat ini, pengendalian virus ChiVMV dilakukan dengan menekan perkembangan serangga vektor melalui aplikasi insektisida atau melakukan pergiliran tanaman dengan tanaman noninang. Belum ada varietas tahan yang dilaporkan mampu mengendalikan serangan ChiVMV di lapang. Sebenarnya AVRDC sudah menghasilkan sejumlah galur cabai tahan ChiVMV (AVRDC, 2004; Shah *et al.*, 2011), tetapi karena variasi strain ChiVMV yang sangat tinggi di lapang dan belum terpetakan dengan baik, perakitan varietas tahan ChiVMV menjadi sukar dilakukan. Di samping itu, kompleksnya virus patogen yang menyerang tanaman cabai membuat pemilihan sumber-sumber gen ketahanan semakin rumit.

Caranta *et al.* (1996) pertama kali melaporkan sumber gen ketahanan *pvr2* cabai terhadap ChiVMV yang berasal dari *Capsicum annuum*. Cabai lokal “Cili” dan cabai Meksiko genotipe “Serrano Huasteco” memiliki gen ketahanan terhadap ChiVMV. Duriat (1996) juga pernah melaporkan sejumlah varietas tahan terhadap ChiVMV, yaitu VC.160A, LV.3633CVMV-R, PBC.569-5CVMV-R, Taiwan 83–168, VC.16A, dan Toom. Hidayat *et al.* (2012) dan Opriana *et al.* (2012)

juga sudah mendapatkan galur IPB C521, IPB C1, dan IPB C10 yang tahan ChiVMV.

Pendekatan induksi mutasi somaklonal merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman cabai dalam pencarian galur-galur tahan ChiVMV pada varietas-varietas elite yang ada dan disukai masyarakat. Melalui pendekatan induksi mutasi somaklonal dan kimia *ethyl methanesulfonate* (EMS) pada cabai varietas Gelora telah berhasil didapatkan sejumlah mutan yang memiliki keragaman yang tinggi baik, dari sisi ketahanannya terhadap ChiVMV maupun terhadap karakter hasil dan sifat agronomis lainnya. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh sejumlah mutan turunan ketiga (M_3) hasil induksi mutasi dengan mutagen EMS yang tahan ChiVMV dan memiliki karakter fenotipe serta mendapatkan sumber gen tahan baru untuk mendukung perbaikan varietas elite cabai. Dari hasil penelitian sebelumnya telah diidentifikasi 20 galur (M_1) dari 488 progeni mutan somaklonal yang memiliki respons tahan terhadap ChiVMV (Manzila *et al.*, 2010). Galur-galur mutan (M_2) yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut perlu diuji lebih lanjut untuk melihat kestabilan sifat ketahanannya terhadap ChiVMV.

BAHAN DAN METODE

Materi genetik yang digunakan adalah galur mutan cabai (M_2) sebanyak 800 biji dan cabai varietas Gelora yang tidak dimutasi sebagai kontrol. Galur-galur mutan tersebut berasal dari varietas Gelora yang mendapat perlakuan mutasi melalui kombinasi kultur *in vitro* dan mutagen kimia EMS. Gelora termasuk varietas cabai yang masih banyak dibudidayakan masyarakat karena produktivitasnya tinggi, tetapi tidak tahan virus ChiVMV. Isolat yang digunakan adalah ChiVMV isolat Cikabayan (CKB) (Jawa Barat) yang memiliki virulensi yang tinggi.

Perbanyakan Sumber Inokulum

Perbanyakan sumber inokulum dilakukan di rumah kaca. Tanaman sumber inokulum yang digunakan adalah tanaman cabai yang terinfeksi ChiVMV isolat CKB. Tanaman cabai paprika cv. Beauty Bell, yang digunakan sebagai tanaman sumber inokulum, ditanam dalam 20 polibag berisi tanah gembur steril yang dicampur kompos dengan perbandingan 2 : 1. Setelah berumur 1 bulan, tanaman diinokulasi dengan ekstrak daun tanaman yang positif terinfeksi ChiVMV. Daun tanaman terinfeksi digerus di dalam mortar steril, ditambahkan larutan penyangga fosfat 0,01 M, (pH 7) dengan perbandingan 1 g daun terinfeksi virus dalam 5 ml larutan penyangga fosfat (1 : 5 b/v). Ekstrak tanaman (sap) segera diinokulasikan ke

tanaman uji. Setiap tanaman diinokulasi pada 2 helai daun termuda yang telah membuka penuh (30 hari setelah semai). Sebelum diinokulasi, permukaan atas daun ditaburi karborundum. Inokulasi dilakukan dengan mengoleskan sap pada permukaan daun secara searah. Segera setelah pengolesan sap dilakukan pembilasan sisa-sisa sap yang masih melekat pada permukaan daun dengan menggunakan air mengalir.

Evaluasi Tanaman Mutan M_2 Cabai terhadap Infeksi ChiVMV

Sebanyak 800 galur mutan (biji M_2) yang diperoleh dari hasil seleksi M_1 ditanam di dalam bak perkecambahan di rumah kaca. Tanaman M_1 adalah tanaman yang diperoleh dari hasil perlakuan mutasi dengan mutagen EMS. Setiap bak perkecambahan berisi 24 lubang tanam (34 bak perkecambahan). Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah, pupuk kandang, dan kompos dengan perbandingan 2 : 1 : 1 (b/b). Tanaman cabai kontrol positif dan negatif ditumbuhkan di dalam setiap bak perkecambahan sebagai pembanding. ChiVMV isolat CKB yang sudah diperbanyak pada tanaman cabai paprika digunakan untuk menginokulasi galur-galur uji. Inokulasi ChiVMV menggunakan metode inokulasi mekanis. Setiap tanaman diinokulasi pada 2 helai daun termuda yang telah membuka penuh (30 hari setelah semai). Pengamatan gejala penyakit dilakukan 1–21 hari setelah inokulasi.

Evaluasi terhadap ketahanan genotipe mutan cabai yang diuji dilakukan berdasarkan hasil deteksi ChiVMV dengan *indirect enzyme-linked immunosorbent assay* (I-ELISA) (Nalini *et al.*, 2006; Verma dan Gupta, 2010) untuk menduga titer virus 2 minggu setelah inokulasi. Nilai absorbansi ditentukan berdasarkan pengamatan menggunakan alat pembaca ELISA/spektrofotometer (Model 680 Microplate Reader, Bio-Rad). Pengelompokan respons tanaman mengikuti kriteria yang dikemukakan oleh Green (1991) yang dimodifikasi (Tabel 1).

Tabel 1. Pengelompokan tipe ketahanan tanaman berdasarkan reaksi terhadap infeksi ChiVMV.

Tipe ketahanan	Reaksi tanaman inang	
	Gejala	Kejadian penyakit (ELISA)
Tahan	-	-
Toleran	+/-	+
Rentan	++	++
Sangat rentan	+++	+++

- = tidak ada gejala, ELISA negatif, +/- = gejala lemah atau tidak ada gejala, ELISA positif, ++ = gejala sedang, ELISA positif, +++ = gejala berat, ELISA positif.

Deteksi ChiVMV Menggunakan Metode *indirect Enzyme-linked Immunosorbent Assay* (I-ELISA)

Deteksi dilakukan sebagai bentuk konfirmasi terhadap respons tanaman uji terhadap infeksi ChiVMV. Deteksi ChiVMV terhadap sampel tanaman uji dilakukan dengan metode I-ELISA. Tahapan uji diawali dengan tahap *coating*, sumuran plat mikrotiter diisi dengan 100 μ l antiserum (DSMZ) yang telah disuspensikan ke dalam bufer *coating*, dilanjutkan dengan inkubasi plat mikrotiter pada suhu 4°C selama satu malam. Pada hari berikutnya, plat dicuci dengan *phosphate buffered saline with Tween® 20* (PBST) (8 g NaCl, 0,2 g KH_2PO_4 , 1,15 g Na_2HPO_4 , 0,2 g KCl, 0,2 g NaN_3 , 5 ml Tween® 20, pH 7,4) sebanyak 5 sampai 7 kali. Daun tanaman bergejala digerus dalam *general extraction buffer* (GEB) (1,3 g Na_2SO_3 , 20 g PVP-40, 0,2 g NaN_3 , 2 g *powdered egg albumen*, 20 g Tween® 20, pH 7,4) yang ditambahkan merkaptotanol 1% dengan perbandingan 1 : 10 (b:v). Sap tanaman diambil sebanyak 100 μ l kemudian dimasukkan ke dalam sumuran plat mikrotiter. Plat mikrotiter diinkubasi selama 2 jam pada suhu 37°C. Plat mikrotiter kemudian dicuci 5 sampai 7 kali dengan PBST, selanjutnya enzim konjugat yang dilarutkan dalam ECL buffer (2 g *bovine serum albumin*, 20 g PVP-40, 0,2 g NaN_3) sebanyak 100 μ l dimasukkan ke dalam sumuran dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 2 jam, kemudian dibilas 5 sampai 7 kali dengan PBST. *P-nitrophenyl-phosphate* (PNP), yang telah dilarutkan dalam bufer PNP (0,1 g MgCl_2 , 0,2 g NaN_3 , 97 ml dietanolamin), sebanyak 100 μ l dimasukkan ke dalam sumuran plat mikrotiter dan diinkubasikan selama 30 menit sampai 60 menit pada suhu ruang.

Setelah waktu inkubasi, akan terjadi perubahan warna pada cairan di dalam sumuran plat mikrotiter, yaitu warna kuning, yang menandakan reaksi positif. Reaksi segera dihentikan dengan penambahan NaOH 3M. Selanjutnya, nilai absorbansi reaksi dianalisis secara kuantitatif dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 405 nm. Pengujian dinyatakan positif jika nilai absorbansi sampel uji dua kali atau lebih dari nilai absorbansi kontrol negatif. Varietas Gelora yang tidak dimutasi dan diinfeksi dengan virus digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan yang tidak diinfeksi dengan virus adalah kontrol negatif.

Identifikasi Karakter Fenotipe Galur Mutan Cabai

Setiap tanaman uji yang diinokulasi ChiVMV dan memperlihatkan sifat tahan dipindahkan ke dalam polibag untuk dibiarkan tumbuh hingga panen. Parameter yang diamati berkaitan dengan karakter fenotipe adalah (1) tinggi tanaman (cm), diukur dari pangkal batang sampai pucuk cabang tertinggi setelah

panen kedua, (2) tinggi dikotomus (cm), diukur dari pangkal batang sampai cabang dikotomus setelah panen kedua, (3) jumlah cabang pertanaman, dihitung banyaknya cabang dalam satu tanaman setelah panen kedua, (4) lama masa pemanenan (hari) dihitung mulai waktu tanam (HST), 50% tanaman di dalam petak telah mempunyai buah masak pada percabangan pertama, (5) jumlah buah pertanaman, dihitung jumlah buah yang dipanen mulai panen pertama hingga 8 minggu kemudian, (6) bobot buah (g), dihitung dari bobot buah tiap panen selama 8 minggu dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah tanaman uji, (7) panjang buah (cm), diambil 10 buah tiap ulangan, diukur dari pangkal buah sampai ujung buah pada saat panen kedua, (8) diameter buah (mm), diambil 10 buah tiap ulangan, diukur pada bagian pangkal, tengah, dan ujung pada buah panen kedua, (9) panjang tangkai buah (cm) diambil 10 buah tiap ulangan, diukur dari pangkal buah sampai ujung buah pada saat panen kedua, dan (10) bobot buah per tanaman (g), dihitung dari bobot buah tiap panen selama 8 minggu dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah tanaman contoh. Rancangan yang digunakan adalah analisis deskriptik, untuk melihat keragaman antar individu M_2 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbanyak Sumber Inokulum

Sebanyak 20 tanaman cabai paprika cv. Beauty Bell yang terinfeksi ChiVMV isolat CKB dan memperlihatkan respons gejala positif terinfeksi ChiVMV digunakan sebagai sumber inokulum untuk menginokulasi 800 galur M_2 cabai melalui infeksi secara fisik menggunakan pelukaan karborundum. Gejala khas tanaman yang terinfeksi ChiVMV menunjukkan gejala belang-belang hijau gelap, bercak-bercak hijau gelap, kadang-kadang pola-pola tersebut menyatu ke tulang daun di dekatnya, daun meng-gulung ke atas, epinasti dan nekrosis (Gambar 1). Daun-daun yang terinfeksi secara umum menjadi kerdil dan mengalami malformasi. Hasil deteksi dengan metode ELISA pada tanaman dengan gejala terserang virus, teridentifikasi positif terinfeksi virus tunggal, yaitu ChiVMV. Strain virus yang sangat virulen memiliki tingkat replikasi yang tinggi di dalam sel tanaman dan menimbulkan gejala serangan yang cepat (Maule *et al.*, 2007). Hal ini ditunjukkan oleh masa inkubasi yang singkat dan keparahan gejala atau indeks penyakit yang tinggi. ChiVMV isolat CKB merupakan salah satu strain ChiVMV yang sangat virulen terhadap tanaman uji cabai paprika cv. Beauty Bell dengan masa inkubasi gejala kurang dari 7 hari. Menurut Shah *et al.* (2011), serangan strain yang virulen selain me-



Gambar 1. Tanaman cabai paprika cv. Beauty Bell terinfeksi ChiVMV (sumber inokulum).

nunjukkan gejala yang khas pada daun (Gambar 1), juga mengakibatkan menurunnya pembentukan bunga dan buah hingga tanaman menjadi tidak berbuah atau ukuran buah menjadi kecil.

Evaluasi Tanaman Mutan Somaklonal M_2 Cabai terhadap Infeksi ChiVMV

Hasil pengamatan gejala pada galur-galur mutan cabai M_2 yang diinokulasi dengan ChiVMV isolat CKB menunjukkan adanya respons yang berbeda. Dari 800 galur M_2 yang uji, 772 galur terinfeksi sangat parah hingga tidak menghasilkan buah, dan hanya 28 galur mutan cabai yang bersifat tahan dan toleran. Galur-galur rentan yang terinfeksi ChiVMV isolat CKB memperlihatkan gejala daun-daun cekung, tulang daun menebal, dan mengalami malformasi. Akibatnya, proses fotosintesis tanaman terhambat dan pembentukan bunga tidak sempurna.

Selanjutnya, 28 galur mutan cabai yang terseleksi tahan terhadap ChiVMV dievaluasi lebih lanjut menggunakan metode I-ELISA untuk mengetahui tingkat perkembangan virus di dalam jaringan tanaman. Hasil analisis ELISA menunjukkan bahwa beberapa galur yang tahan dan tidak menunjukkan gejala serangan ChiVMV ternyata positif terinfeksi virus, seperti pada galur $M_2.123$, $M_2.200$, $M_2.300$, $M_2.400$, $M_2.600$, $M_2.160$, dan $M_2.711$ (Tabel 2). Konsentrasi partikel virus di dalam jaringan terdeteksi cukup tinggi dengan nilai absorbansi antara 1.206–1.841 nm. Galur-galur tersebut dikategorikan sebagai galur yang toleran terhadap ChiVMV karena meskipun partikel virus mampu berkembang dalam jaringan tanaman, tanaman tetap mampu tumbuh dengan baik. Galur-galur yang dikategorikan tahan karena tidak memperlihatkan gejala serangan ChiVMV dan partikel virusnya terbukti tidak berkembang di dalam jaringan tanaman adalah $M_2.113$, $M_2.139$, $M_2.146$, $M_2.149$, $M_2.153$, $M_2.167$, $M_2.170$, $M_2.153$, $M_2.100$, $M_2.201$, $M_2.122$, $M_2.238$, $M_2.353$, $M_2.420$,

$M_2.517$, $M_2.613$, $M_2.801$, $M_2.902$, $M_2.114$, $M_2.148$, dan $M_2.159$ (Tabel 2). Menurut Agrios (2005), tanaman yang dikategorikan tahan terhadap virus patogen adalah yang mampu menghambat replikasi dan penyebaran virus antarsel sebagaimana ditunjukkan oleh rendahnya konsentrasi partikel virus di dalam jaringan tanaman.

Terseleksinya 28 galur toleran dan tahan ChiVMV dari 800 galur M_2 cabai menunjukkan bahwa melalui mutasi kimia dengan EMS, keragaman ketahanan cabai M_2 terhadap ChiVMV dapat ditingkatkan. Senyawa EMS merupakan senyawa alkil yang mengubah guanin menjadi 7-etilguanin yang berpasangan dengan timin (Chopra, 2005). Senyawa ini banyak digunakan untuk meningkatkan keragaman genetika tanaman dan perbaikan kualitas tanaman. Pemuliaan mutasi dengan EMS umumnya menghasilkan mutan yang bermanfaat dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Van Harten, 1998). Karakter-karakter yang dipengaruhi oleh mutagen EMS antara lain karakter komponen hasil tanaman (Bhatia *et al.*, 1999), umur panen (Velasco *et al.*, 1999), dan ketahanan terhadap hama/penyakit hingga perubahan morfologi tanaman yang drastis (pendek/kerdil)

Tabel 2. Hasil deteksi 28 galur cabai mutan potensial tahan terhadap infeksi ChiVMV dengan metode ELISA.

Kode galur	Gejala	Nilai absorbsi (nm)	Tipe ketahanan
$M_2.113$	Tidak bergejala	0,17	Tahan
$M_2.123$	Tidak bergejala	1,39	Toleran
$M_2.139$	Tidak bergejala	0,14	Tahan
$M_2.146$	Tidak bergejala	0,16	Tahan
$M_2.149$	Tidak bergejala	0,17	Tahan
$M_2.153$	Tidak bergejala	0,13	Tahan
$M_2.167$	Tidak bergejala	0,13	Tahan
$M_2.170$	Tidak bergejala	0,13	Tahan
$M_2.153$	Tidak bergejala	0,14	Tahan
$M_2.100$	Tidak bergejala	0,14	Tahan
$M_2.200$	Tidak bergejala	0,96	Toleran
$M_2.300$	Tidak bergejala	1,56	Toleran
$M_2.400$	Tidak bergejala	1,84	Toleran
$M_2.600$	Tidak bergejala	1,21	Toleran
$M_2.160$	Tidak bergejala	1,21	Toleran
$M_2.201$	Tidak bergejala	0,13	Tahan
$M_2.122$	Tidak bergejala	0,14	Tahan
$M_2.238$	Tidak bergejala	0,13	Tahan
$M_2.353$	Tidak bergejala	0,18	Tahan
$M_2.420$	Tidak bergejala	0,14	Tahan
$M_2.517$	Tidak bergejala	0,12	Tahan
$M_2.613$	Tidak bergejala	0,19	Tahan
$M_2.711$	Tidak bergejala	1,45	Toleran
$M_2.801$	Tidak bergejala	0,13	Tahan
$M_2.902$	Tidak bergejala	0,15	Tahan
$M_2.114$	Tidak bergejala	0,17	Tahan
$M_2.148$	Tidak bergejala	0,19	Tahan
$M_2.159$	Tidak bergejala	0,15	Tahan
Kontrol positif (+)	Bergejala	2,57	Tidak tahan
Kontrol negatif (-)	Tidak bergejala	0,17	Tahan

(+) = bergejala, (-) = tidak bergejala.

dengan sedikit pengaruh pleotropi (satu gen yang dapat mengendalikan lebih dari satu karakter) (Bhatia *et al.*, 1999). Penggunaan EMS meningkatkan keragaman genetik dan menghasilkan mutan pisang yang tahan terhadap *banana bunchy top virus* (Imelda *et al.*, 2000). Mutagen EMS juga meningkatkan keragaman varian Abaka dan berhasil didapatkan mutan yang tahan terhadap penyakit layu Fusarium (Purwati *et al.*, 2007, 2008).

Keberhasilan mendapatkan cabai mutan yang tahan virus ChiVMV dapat menjadi modal penting untuk mengembangkan teknologi pengendalian penyakit virus pada tanaman cabai yang lebih efektif. Hingga saat ini, hampir semua varietas cabai yang dibudidayakan di Indonesia rentan terhadap infeksi virus (Hidayat *et al.*, 2012; Sulandari *et al.*, 2006; Taufik *et al.*, 2005). Berbagai tindakan pengendalian virus yang dilakukan masih kurang memberikan hasil yang memadai karena selain tidak adanya varietas cabai yang tahan, belum ada bahan kimia yang mampu membasmi virus. Diharapkan dari tahapan seleksi yang dilakukan pada generasi berikutnya akan diperoleh varietas unggul cabai tahan virus. Namun, virus patogen yang menyerang tanaman cabai sangat kompleks, sedikitnya ada delapan jenis virus yang telah teridentifikasi menginfeksi tanaman cabai (Yuliandani, 2003) dan yang memiliki sebaran virus paling luas di Indonesia adalah *cucumber mosaic virus* (CMV) dan ChiVMV (Taufik *et al.*, 2005). Oleh karena itu, ke depan sebaiknya target perakitan varietas unggul cabai tahan virus melalui mutasi tidak terbatas pada ChiVMV saja, tetapi juga perlu diseleksi terhadap virus-virus cabai lainnya.

Identifikasi Karakter Fenotipe Galur Mutan Cabai

Untuk mempelajari lebih lanjut tingkat keragaman genetik 28 galur mutan cabai yang tahan dan toleran terhadap ChiVMV dibanding dengan tetua asalnya, diamati juga tingkat keragaman hasil dan karakter fenotipe lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa galur mutan (M_2) yang toleran dan tahan ChiVMV memiliki keragaman yang tinggi pada karakter hasil dan karakter fenotipe lainnya, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai koefisien keragamannya yang tinggi pada karakter jumlah buah per tanaman (114,1%), bobot buah per tanaman (109,1%), dan lama masa panen (74,1%) (Tabel 3, Tabel 4, dan Gambar 2). Segregasi atau tingkat keragaman yang tinggi tersebut memberi peluang untuk memilih galur-galur sesuai dengan sifat/karakter yang diinginkan, sedangkan keragaman karakter tinggi tanaman, tinggi dikotomus, dan jumlah cabang relatif rendah, yaitu berkisar antara 20,9–32,2%. Galur mutan $M_2.100$ dan $M_2.353$

memiliki jumlah buah dan bobot buah per tanaman paling tinggi dan masa panen paling lama.

Terdapat kecenderungan galur-galur M_2 cabai yang tahan ChiVMV memiliki batang tanaman dan dikotomus lebih tinggi dibanding dengan galur toleran (Tabel 3). Perbedaan yang lebih jelas terlihat pada jumlah buah dan bobot buah per tanaman. Galur tahan yang memiliki buah yang paling banyak adalah $M_{2.353}$ (52 buah per tanaman), diikuti oleh $M_{2.100}$ dan $M_{2.238}$ masing-masing, yaitu 45 dan 38 buah per tanaman (Tabel 3). Galur-galur toleran menghasilkan jumlah buah/tanaman yang rendah, kecuali galur $M_{2.200}$ (27 buah per tanaman). Oleh karena itu, target galur yang harus dipilih untuk dapat menekan kehilangan hasil akibat serangan ChiVMV haruslah galur yang memiliki ketahanan tinggi, bukan galur yang bersifat toleran. Terdapat delapan galur cabai M_2 yang dikategorikan tahan dan memiliki karakter fenotipe lebih baik serta hasil tinggi, yaitu $M_{2.100}$, $M_{2.108}$, $M_{2.200}$, $M_{2.122}$, $M_{2.238}$, $M_{2.353}$, $M_{2.420}$, dan $M_{2.517}$.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mutasi EMS memberikan peningkatan keragaman genetik

pada populasi cabai M_2 untuk karakter ketahanan terhadap ChiVMV dan komponen hasil. Tanaman yang termutasi ada kemungkinan akan mengalami segregasi pada M_2 -nya yang mengarah pada perbaikan sifat ke arah positif atau negatif (Crowder, 1986).

Dari 28 galur M_2 cabai yang terseleksi ketahanannya, umumnya tidak ada yang menunjukkan bobot buah per tanaman lebih berat dibanding dengan varietas Gelora, kecuali galur $M_{2.100}$ yang menyamai varietas Gelora. Galur cabai M_2 yang tahan ChiVMV namun tidak memiliki karakter fenotipe sebaik varietas asalnya, dapat digunakan sebagai sumber gen dalam perakitan cabai unggul tahan ChiVMV. Variasi dan perubahan strain ChiVMV di lapang tinggi dan cepat, memerlukan sumber gen ketahanan yang mencukupi untuk merakit varietas tahan yang bersifat *durable*, sehingga perlu kajian lebih lanjut terkait sifat dan mekanisme ketahanan dari setiap galur yang terseleksi. Untuk itu, ke-28 galur mutan cabai tersebut perlu diuji sifat ketahanannya dengan lebih banyak strain ChiVMV yang ada di Indonesia.

Tabel 3. Karakteristik sifat agronomis galur-galur M_2 cabai tahan ChiVMV.

Kode galur	Tinggi tanaman (cm)	Tinggi dikotomus (cm)	Jumlah buah per tanaman	Jumlah cabang	Lama masa panen (hari)
$M_{2.113}$	61,0	28,0	5,0	2	15,0
$M_{2.123}$	60,5	27,5	4,0	2	7,0
$M_{2.139}$	54,8	30,3	5,0	2	23,0
$M_{2.146}$	53,4	30,0	2,0	2	7,0
$M_{2.149}$	50,7	26,0	4,0	2	7,0
$M_{2.153}$	59,7	28,5	1,0	2	7,0
$M_{2.167}$	64,5	28,5	8,0	2	7,3
$M_{2.170}$	50,0	27,7	3,0	2	23,0
$M_{2.108}$	47,7	17,0	17,0	3	30,0
$M_{2.100}$	49,8	20,0	45,0	3	53,0
$M_{2.200}$	45,3	20,0	27,0	3	53,0
$M_{2.300}$	64,5	34,3	3,0	2	23,0
$M_{2.400}$	48,0	23,0	5,0	2	23,0
$M_{2.600}$	52,0	28,0	7,0	2	23,0
$M_{2.160}$	51,5	27,0	8,0	2	12,0
$M_{2.201}$	64,7	28,5	7,0	3	7,0
$M_{2.122}$	83,0	45,0	22,0	4	30,0
$M_{2.238}$	73,7	44,7	38,0	3	42,0
$M_{2.353}$	64,0	36,0b	52,0	4	60,0
$M_{2.420}$	79,0	45,5	20,0	3	40,0
$M_{2.517}$	72,0	37,3	17,0	4	25,0
$M_{2.613}$	68,0	34,0	13,0	5	23,0
$M_{2.711}$	84,0	45,0	11,0	3	28,0
$M_{2.801}$	75,0	45,0	1,0	4	7,0
$M_{2.902}$	64,0	35,0	2,0	2	7,0
$M_{2.114}$	51,0	20,0	3,0	3	7,0
$M_{2.148}$	52,5	21,0	2,0	2	7,0
$M_{2.159}$	30,0	15,0	3,0	2	7,0
Kontrol (+)	43,3	20,0	2,0	2	10,0
Kontrol (-)	66,7	27,0	39,0	3	49,0
Rerata	59,8	30,3	12,0	2,7	21,5
Ragam	156,6	79,8	186,3	0,7	254,8
KK (%)	20,9	29,5	114,1	32,2	74,1

Kontrol (+) = M_0 , varietas asal yang tidak dimutasi dan diinfeksi dengan ChiVMV, kontrol (-) = M_0 , varietas asal yang tidak dimutasi dan tidak diinfeksi dengan ChiVMV, KK = koefisien keragaman.

Tabel 4. Karakteristik buah cabai galur-galur M_2 cabai tahan ChiVMV.

Kode galur	Rerata bobot buah (g)	Rerata diameter buah (cm)	Bobot buah per tanaman (g)	Panjang tangkai buah (cm)	Rerata panjang buah (cm)
M ₂ .113	5,4	1,0	27,0	2,7	5,90
M ₂ .123	5,2	1,0	20,7	2,2	10,70
M ₂ .139	5,3	1,0	26,5	4,7	6,80
M ₂ .146	6,1	1,0	12,2	2,2	10,10
M ₂ .149	5,1	1,0	21,7	2,8	7,80
M ₂ .153	4,3	1,1	4,3	1,1	2,70
M ₂ .167	3,4	0,8	27,2	2,2	6,80
M ₂ .170	6,2	1,6	18,6	5,2	6,30
M ₂ .108	3,7	0,4	62,7	3,3	9,50
M ₂ .100	5,0	1,2	226,8	4,0	7,00
M ₂ .200	5,5	1,2	149,0	3,7	9,40
M ₂ .300	4,1	1,0	12,3	2,3	6,30
M ₂ .400	4,7	1,0	23,7	2,7	6,00
M ₂ .600	4,3	1,0	30,0	4,8	5,10
M ₂ .160	4,3	0,9	34,6	2,5	5,00
M ₂ .201	4,6	0,9	31,9	2,0	5,50
M ₂ .122	2,9	1,7	63,6	3,3	7,40
M ₂ .238	4,1	1,8	155,4	3,1	7,90
M ₂ .353	2,3	1,9	117,5	2,7	5,50
M ₂ .420	4,2	1,8	83,0	3,7	8,50
M ₂ .517	4,4	1,8	75,3	3,4	7,90
M ₂ .613	4,0	1,8	52,5	4,5	9,30
M ₂ .711	5,2	1,9	57,6	4,2	10,20
M ₂ .801	1,6	1,8	1,6	3,0	8,00
M ₂ .902	3,9	1,8	7,9	3,0	10,2
M ₂ .114	5,0	1,3	15,0	2,0	4,8
M ₂ .148	4,0	1,5	8,0	2,7	4,9
M ₂ .159	4,6	1,5	13,8	2,5	5,0
Kontrol (+)	4,5	0,8	9,0	0,8	2,0
Kontrol (-)	5,9	1,1	229,3	5,1	6,0
Rerata	4,4	1,3	49,3	3,1	7,2
Ragam	1,1	0,2	2892,8	1,0	4,2
KK (%)	23,4	31,9	109,1	31,6	28,6

Kontrol (+) = M_0 , varietas asal yang tidak dimutasi dan diinfeksi dengan ChiVMV, kontrol (-) = M_0 , varietas asal yang tidak dimutasi dan tidak diinfeksi dengan ChiVMV, KK = koefisien keragaman.



Gambar 2. Bentuk buah galur cabai mutan. A = galur M_2 .100 (tahan), B = galur M_2 .153 (tahan), C = galur M_2 .902 (tahan), D = varietas Gelora (kontrol).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil seleksi ketahanan galur mutan cabai M_2 terhadap virus ChiVMV telah diperoleh 28 galur yang menunjukkan respons toleran dan tahan. Di antara 28 galur M_2 tersebut, sebanyak 8 galur memiliki karakter fenotipe dan hasil baik, yaitu M_3 .100, M_3 .108, M_3 .200, M_3 .122, M_3 .238, M_3 .353, M_3 .420, dan M_3 .517. Kedelapan galur perlu diseleksi lebih lanjut untuk

mendapatkan galur-galur harapan mutan yang tahan ChiVMV dan berdaya hasil tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai DIPA BB Biogen Nomor 1798.009.001.011. Kami mengucapkan terima kepada Wawan, S.Si., Pamuji Adi Nugraha, A.Md., Leni, S.Si.,

Ade Ahmad, dan Aceu Wulandari, M.Si. yang telah membantu dalam penyiapan, pemeliharaan, dan pengamatan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, New York.
- AVRDC Progress Report. 2004. https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=SxK2U-HMO9C4uATrsYKIBA#q=AVRDC (accessed 4 July 2014).
- Badan Pusat Statistik. 2010. Produksi sayuran Indonesia. Jakarta. http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subjek=55¬ab=15 (diakses 17 Mei 2012).
- Bhatia, C.R., K. Nichterlein, and M. Maluszynski. 1999. Oilseed cultivars developed from induced mutations and mutations altering fatty acid composition. *Mut. Breed. Rev.* 12:1–36.
- Caranta, C., A. Palloix, G. Gebre-Selassie, V. Lefebvre, B. Moury, and A.M. Daubeze. 1996. A complementation of two genes originating from susceptible *Capsicum annuum* lines confers a new and complete resistance to *Pepper veinal mottle virus*. *Phytopathol.* 86:739–743.
- Chopra, V.L. 2005. Mutagenesis: Investigating the process and processing the outcome for crop improvement. *Curr. Sci.* 89(2):353–359.
- Crowder, L.V. 1986. Genetika tumbuhan. Terjemahan dari *Plant Genetic* oleh Lilik Kusdiarti. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Direktorat Bina Program Tanaman Pangan dan Hortikultura RI. 2010. Luas panen, rata-rata hasil dan produksi tanaman hortikultura di Indonesia. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Duriat, A.S. 1996. The status of pepper virus diseases in Indonesia. ADB germplasm improvement subnetwork planning meeting, 31 May–21 June. AVRDC, Tainan, Taiwan.
- Green, S.K. 1991. Guidelines for diagnostic work in plant virology. AVRDC Technical Bulletin 15:63.
- Hidayat, S.H., E. Opriana, I. Manzila, and S. Sujiprihati. 2012. Occurrence of *Chilli veinal mottle virus* (ChiVMV) in Indonesia and response of chili germplasms to ChiVMV infection. *J. ISSAAS* 18:2:55–61.
- Imelda, M., P. Deswina, S. Hartati, A. Estiati, dan S. Atmowijoyo. 2000. Chemical mutation by ethyl methane sulfonate (EMS) for bunchy top virus resistance in banana. *Ann Bogorien n.s.* 7:19–25.
- Manzila, I., S.H. Hidayat, I. Mariska, dan S. Sujiprihati. 2010. Pengaruh perlakuan *ethyl methane sulfonate* pada tanaman cabai (*Capsicum annuum*) dan ketahanannya terhadap *Chilli veinal mottle virus* (ChiVMV). *J. Agronomi* 38(3):205–211.
- Maule, A.J., C. Caranta, and M.I. Boulton. 2007. Sources of natural resistance to plant viruses: Status and prospects. *Mol. Plant Pathol.* 8:223–231.
- Nalini, M.S., M.D. Shylaja, H.S. Prakash, and H.S. Shetty. 2006. Production of polyclonal antibody to *Bean common mosaic virus* and its application in seed health testing. *Indian J. Microbiol.* 46:97–108.
- Opriana, E., H. Sri, dan S. Sriani. 2012. Ketahanan tiga genotipe cabai terhadap infeksi dua isolat *Chilli veinal mottle potyvirus*. *J. Agron. Indonesia* 40(1):42–47.
- Purwati, R.D., U. Budi, dan S. Sudarsono. 2007. Penggunaan asam fusarat dalam seleksi *in vitro* untuk resistensi terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. *J. Littri.* 7(2):80–91.
- Purwati, R.D., K.E. Sudjindro, dan S. Sudarsono. 2008. Keragaman genetika varian abaka yang diinduksi dengan *ethyl methane sulphonate* (EMS). *J. Littri.* 15(4):152–161.
- Shah, H., T. Yasmin, M. Fahim, S. Hameed, I.L. Haque, M. Munir, and K.A. Khanzada. 2011. Reaction of exotic and indigenous *Capsicum* genotypes against Pakistan isolates of *Chilli veinal mottle virus*. *Pak. J. Bot.* 43(3):1707–1711.
- Sulandari, S., R. Suseno, S.H. Hidayat, J. Harjosudarmo, dan S. Sosromarsono. 2006. Deteksi dan kajian kisaran inang virus penyebab penyakit daun keriting kuning cabai. *Hayati* 13:1–6.
- Taufik, M., A.P. Astuti, dan S.H. Hidayat. 2005. Survey infeksi *cucumber mosaic virus* dan *chilli veinal mottle virus* pada tanaman cabai dan seleksi ketahanan beberapa kultivar cabai. *J. Agrikultura* 16:146–152.
- Van Harten, A.M. 1998. Mutation breeding: Theory and practical application. Cambridge University Press, New York.
- Velasco, L., B. Perz-Vich, and J.M. Fernandez-Martinez. 1999. The role of mutagenesis in the modification of fatty acid profile of oilseed crops. *J. App. Genet.* 40(3):185–209.
- Verma, P. and U.P. Gupta. 2010. Immunological detection of *Bean common mosaic virus* in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Indian J. Microbiol.* 50:263–265.
- Womdim, N.R., I.S. Swai, M.L. Chadha, G.K. Selassie, and G. Marchoux. 2001. Occurrence of *Chilli veinal mottle virus* in *Solanum aethiopicum* in Tanzania. *Plant Dis.* 85(7):801.1.
- Yuliardani, D. 2003. Identifikasi penyakit mosaik pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). Skripsi S1, Institut Pertanian Bogor, Bogor.