

**LAPORAN HASIL PENELITIAN
HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL
TAHUN 2011**



JUDUL PENELITIAN:

**PERAKITAN HIBRIDA UNGGUL TOLERAN VIRUS
SEBAGAI UPAYA MENGATASI SERANGAN
CUCUMBER MOSAIC VIRUS PADA CABAI MERAH:
Seleksi Menggunakan Marka Molekuler**

Oleh:

**Dr. Ir. Catur Herison, M.Sc. (Ketua)
Ir. Sri Winarsih, M.Si. (Anggota)
Ir. Merakati Handayaningsih, M.Sc. (Anggota)**

**DIBIYAI OLEH DANA DIPA UNIB
NO.415/SP2H/PL/Dit.Litabmas/IV/2011, TANGGAL 14 APRIL 2011
BERDASARKAN SURAT PERJANJIAN
NO.246/H30.10/PL/2011, TANGGAL 18 APRIL 2011**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BENGKULU
NOVEMBER 2011**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN PENELITIAN HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL

**1. Judul Penelitian : PERAKITAN HIBRIDA UNGGUL TOLERAN VIRUS
SEBAGAI UPAYA MENGATASI SERANGAN
CUCUMBER MOSAIC VIRUS PADA CABAI MERAH:
Seleksi Menggunakan Marka Molekuler**

2. Bidang Ilmu Penelitian : Pertanian

3. Ketua Peneliti :

- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Catur Herison, MSc.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 19620724 198703 1001
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium
- f. Bidang Keahlian : Pemuliaan Tanaman
- g. Fakultas/Jurusan : Fakultas Pertanian / Budidaya Pertanian,
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Bengkulu
- i. Tim Peneliti :

No	Nama dan Gelar	Bidang Keahlian	Jurusan Fakultas	Perguruan Tinggi
1.	Ir. Sri Winarsih, M.Si.	Penyakit Tumbuhan	Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian	Unib
2	Ir. Merakati Handayaningsih, M.Sc.	Hortikultura	Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian	Unib

3. Biaya : Rp. 95.000.000,-

4. Lama waktu Penelitian : 10 Bulan

Mengetahui

Dekan Fakultas Pertanian

Bengkulu 14 November 2011

Ketua Peneliti,

Prof. Dr. Ir. Yuwana, M.Sc.

NIP. 19591210 198603 1 003

Dr. Ir. Catur Herison, M.Sc

NIP. 19620724 198703 1001

Menyetujui

Ketua Lembaga Penelitian

Drs. Sarwit Sarwono, M.Hum

NIP. 19581112 198603 1 002

RINGKASAN DAN SUMMARY

Ringkasan

Kendala dalam peningkatan produksi cabai merah diantaranya adalah varietas yang ditanam petani berpotensi hasil rendah dan serangan penyakit di lapangan, salah satunya virus. *Cucumber mosaic virus* (CMV) merupakan virus terpenting yang menyerang cabai karena dapat menurunkan produktivitas hingga 80%. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan varietas berpotensi hasil tinggi sekaligus toleran CMV. Penelitian ini bertujuan untuk merakit cabai hibrida unggul berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap CMV.

Hasil yang telah diperoleh pada Tahun Pertama adalah (1) terdapat sekurang-kurangnya 10 individu toleran CMV pada setiap populasi BC2, (2) diperoleh sidik jari DNA tetua recurrent (PBC378 dan PBC1354) sebagai MAS recurrent, (3) Seleksi menggunakan MAS recurrent menghasilkan individu A24, A25, A29 dari populasi BC2A ([378/[378/(378/1042)]-11]); B12, B37, B49 dari populasi BC2B ([378/[378/(378/C1024)]-6]); C16, C33, C34 dari populasi BC2C ([378/[378/(378/C1043)]-13]) adalah yang individu yang memiliki sifat toleran CMV dan mirip dengan tetua recurrent PBC378; individu D11, D33, D38 dari populasi BC2D ([1354/[1354/(1354/C1043)]-18]); dan E12, E20, E31 dari populasi BC2E ([1354/[1354/(1354/C1024)]-4]) adalah yang individu yang memiliki sifat toleran CMV dan mirip dengan tetua recurrent PBC1354, dan (4) dihasilkan benih populasi BC3 hasil persilangan BC2 terpilih dengan tetua recurrentnya. Melanjutkan hasil tahun pertama, kegiatan penelitian Tahun Kedua, meliputi (1) seleksi populasi BC3 untuk toleransi terhadap CMV, (2) seleksi MAS tetua recurrent terhadap BC3, (3) pembentukan populasi F4 (S1BC3), dan (4) seleksi individu S1BC3* untuk toleransi terhadap CMV.

Hasil penelitian Tahun Kedua adalah (1) diperoleh lima individu toleran dan secara visual mirip dengan tetua recurrentnya pada setiap populasi BC3 sehingga secara keseluruhan berjumlah 75 individu, yaitu B3A24-6, B3A24-8, B3A24-11, B3A24-18, B3A24-20, B3A25-1, B3A25-8, B3A25-13, B3A25-14, B3A25-22, B3A29-8, B3A29-13, B3A29-17, B3A29-22, B3A29-27, B3B12-1, B3B12-2, B3B12-4, B3B12-13, B3B12-25, B3B37-1, B3B37-3, B3B37-5, B3B37-9, B3B37-23, B3B49-10, B3B49-16, B3B49-30, B3B49-38, B3B49-40, B3C16-5, B3C16-12, B3C16-16, B3C16-21, B3C16-22, B3C33-5, B3C33-6, B3C33-7, B3C33-11, B3C33-13, B3C34-14, B3C34-18, B3C34-22, B3C34-24, B3C34-28, B3D11-3, B3D11-8, B3D11-13, B3D11-17, B3D11-18, B3D13-1, B3D13-2, B3D13-8, B3D13-10, B3D13-21, B3D38-4, B3D38-5, B3D38-6, B3D38-9, B3D38-10, B3E12-2, B3E12-5, B3E12-13, B3E12-17, B3E12-19, B3E20-11, B3E20-15, B3E20-20, B3E20-22, B3E20-32, B3E31-7, B3E31-11, B3E31-18, B3E31-19, dan B3E31-26; (2) seleksi menggunakan MAS dan karakter morfologi terhadap 75 individu diperoleh 11 genotipe toleran yang 99% mirip tetua recurrent PBC378 dan 15 genotipe toleran yang mirip tetua recurrent PBC1354; (3) diperoleh 26 lot benih S1BC3 hasil selfing individu toleran yang paling mirip tetua recurrent, (4) seleksi 15 lot benih S1BC3 mendapatkan individu yang mirip tetua recurrent dengan gen toleransi terhadap CMV yang homozigot yaitu S1B3A24-20-3,12; S1B3A29-13-2,15,19; S1B3A29-22- 8,14; S1B3B12-13 -4, 14; S1B3B37-9-5, 12, 17; S1B3B12-25-1,

19, 24; S1B3C16-5- 13, 16, 18, 19; S1B3C16-16- 5, 12, 14; S1B3C34-18-1, 4, 14; S1B3D11-8- 8; S1B3E12-17-21; S1B3E20-22- 14; S1B3E31-19-1.

Hasil penelitian Tahun Ketiga meliputi: (1) Individu S1BC3 toleran dengan gen toleransi terindikasi homosisot adalah S2B3A-29-13-47, S2B3B-12-13-2, S2B3B-49-40-3, S2B3B-49-40-6, S2B3C-16-5-25, S2B3C-16-5-28, S2B3C-16-22-34, S2B3C-34-14-15, S2B3C-34-18-9. Individu tersebut paling layak untuk digunakan dalam perakitan hibrida. (2) Perakitan hibrida antara individu S1BC3 toleran terpilih dengan tetua donor toleransi CMV dapat dilakukan dengan baik. (3) Pasangan tetua hibrida S1B3C-16-22-34 X C1042, S1B3B-49-40-6 X C1043, S1B3C-34-18-9 X C1042, S1B3B-12-13-2 X C1043, S1B3B-49-40-3 X C1043, dan S1B3C-16-5-25 X C1042 menunjukkan DGK yang baik dan hibrida yang dihasilkan memperlihatkan potensi heterobeltiosis yang tinggi. (4) Keragaan pertumbuhan dan komponen hasil hibrida yang terbaik adalah H17, H5, H4, H6, H14 dan H23 serta H20. Hibrida-hibrida tersebut menunjukkan komponen hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hibrida komersial Prada, sekalipun kualitas fisik secara visual yang masih lebih rendah

Hibrida terbaik yang dihasilkan dalam rangkaian penelitian ini masih perlu diuji multilokasi sebelum dilanjutkan dalam proses perlindungan varietas tanaman.

Summary

The most important constraints of hot pepper production are low yielding variety usually grown by farmers and viral diseases one most destructive of which is cucumber mosaic virus (CMV). This virus can decrease pepper productivity up to 80% in the field. The solution for such problems is by means of highyielding and CMV tolerant cultivars. The grand objective of this research is to develop highyielding and CMV tolerant hybrid cultivars.

The results of the Year I research were (1) there were at least 10 CMV tolerant individuals in each BC2 population; (2) DNA finger print of the recurrent parents (PBC378 and PBC1354) were identified and used as a marker assisted selection (MAS); (3) selection with MAS on BC2 population resulted in the most recurrent parent resemblance individuals among CMV tolerant individuals. Genotype A24, A25, A29 of BC2A ([378/[378/(378/1042)]-11]); B12, B37, B49 of BC2B ([378/[378/(378/C1024)]-6]), and C16, C33, C34 of BC2C ([378/[378/(378/C1043)]-13]) were CMV tolerance and resemble to their recurrent parent PBC378. Genotypes D11, D33, D38 of BC2D ([1354/[1354/ (1354/C1043)]-18]); and E12, E20, E31 of BC2E ([1354/[1354/ (1354/C1024)]-4]) were CMV tolerance and resemble to their recurrent PBC1354. (4) BC3 seeds were produced as a result of the cross between the BC2 selected individuals and their recurrent parent. In the Year II, the research were (1) Selection on BC3 population for tolerance to CMV, (2) MAS selection on BC3 for genetic similarity to their recurrent parent, (3) Development of F4 (S1BC3) population, and (4) Selection for most CMV tolerance individual of S1BC3*.

The result of Year II research were (1) there were five individuals identified tolerance to CMV and visually resemble to their recurrent parent on each BC3 population so that

they were totally 75 individuals, namely B3A24-6, B3A24-8, B3A24-11, B3A24-18, B3A24-20, B3A25-1, B3A25-8, B3A25-13, B3A25-14, B3A25-22, B3A29-8, B3A29-13, B3A29-17, B3A29-22, B3A29-27, B3B12-1, B3B12-2, B3B12-4, B3B12-13, B3B12-25, B3B37-1, B3B37-3, B3B37-5, B3B37-9, B3B37-23, B3B49-10, B3B49-16, B3B49-30, B3B49-38, B3B49-40, B3C16-5, B3C16-12, B3C16-16, B3C16-21, B3C16-22, B3C33-5, B3C33-6, B3C33-7, B3C33-11, B3C33-13, B3C34-14, B3C34-18, B3C34-22, B3C34-24, B3C34-28, B3D11-3, B3D11-8, B3D11-13, B3D11-17, B3D11-18, B3D13-1, B3D13-2, B3D13-8, B3D13-10, B3D13-21, B3D38-4, B3D38-5, B3D38-6, B3D38-9, B3D38-10, B3E12-2, B3E12-5, B3E12-13, B3E12-17, B3E12-19, B3E20-11, B3E20-15, B3E20-20, B3E20-22, B3E20-32, B3E31-7, B3E31-11, B3E31-18, B3E31-19, and B3E31-26. (2) combining selection by MAS and morphological trait on previously selected BC3 individuals for CMV tolerance yielded 11 tolerance genotypes 99.8% identical to the recurrent parent PBC378 and 15 tolerance genotypes 99.7% identical to PBC1354. (3) 26 seed lots of selected S1BC3; and (4) selection on 15 S1BC3 seed lots resulted in 25 most tolerance individuals, they were S1B3A24-20-3,12; S1B3A29-13-2,15,19; S1B3A29-22- 8,14; S1B3B12-13 -4, 14; S1B3B37-9-5, 12, 17; S1B3B12-25-1, 19, 24; S1B3C16-5- 13, 16, 18, 19; S1B3C16-16- 5, 12, 14; S1B3C34-18-1, 4, 14; S1B3D11-8- 8; S1B3E12-17-21; S1B3E20-22- 14; S1B3E31-19-1. The selected genotypes were the hybrid parents having additional CMV tolerance trait.

The results of Year III researchs were: (1) The S1BC3 toleran individuals with indicatedly homozygote tolerance controlling gene (s) were S2B3A-29-13-47, S2B3B-12-13-2, S2B3B-49-40-3, S2B3B-49-40-6, S2B3C-16-5-25, S2B3C-16-5-28, S2B3C-16-22-34, S2B3C-34-14-15, S2B3C-34-18-9. Those individuals were most suitable to be proceed in hybrids development in this study. (2) Hybrids were developed successfully by crosses of selected S1BC3 tolerance individuals with CMV donor parents. (3) Couples of parental of S1B3C-16-22-34 X C1042, S1B3B-49-40-6 X C1043, S1B3C-34-18-9 X C1042, S1B3B-12-13-2 X C1043, S1B3B-49-40-3 X C1043, dan S1B3C-16-5-25 X C1042 showed high SCA and yielded hybrids with high heterobeltiosis value. (4) Hybrids of H17, H5, H4, H6, H14, H23 and H20 showed higher yield component compared to other hybrids developed in this research and a commercial hybrid Pada.

Those prospective hybrids developed in this research were still in need of multilocation test to be able to proceed on plant variety property right program.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah, berkat rahmat-Nya pelaksanaan penelitian dan penyusunan Laporan Tahun Kedua dapat penulis susun. Penggabungan sifat toleran CMV ke dalam tetua hibrida, pengembangan dan aplikasi MAS tetua recurrent merupakan bagian dari rangkaian penelitian yang berjudul "Perakitan Hibrida Unggul Toleran Virus Sebagai Upaya Mengatasi Serangan *Cucumber Mosaic Virus* pada Cabai Merah: Seleksi Menggunakan Marka Molekuler". Hasil akhir penelitian Tahun ketiga ini adalah diperoleh hibrida-hibrida harapan yang memiliki toleransi terhadap CMV dan berdaya hasil baik.

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Dr. Ati S. Duriat, Bag. Virologi Balitsa Lembang, Bandung atas penyediaan inokulum CMV 02 RIV yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Lab Molekuler dan Elektroforesis (dulu RGCI) IPB beserta stafnya atas bantuan teknis dan fasilitas dalam analisis RAPD. Terima kasih juga disampaikan kepada Hestikasari SP untuk bantuan dalam pemeliharaan tanaman di Rumah Kaca.

Semoga laporan penelitian ini bermanfaat.

November 2011

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN DAN SUMMARY.....	i
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	9
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	15
2.1. Kultivar Hibrida.....	15
2.2. Cucumber Mosaic Virus pada Tanaman Cabai Merah.....	15
2.3. Toleransi Tanaman terhadap CMV.....	16
2.4. Marker Assisted Selection (MAS).....	18
2.5. Daya Gabung Umum dan Khusus serta Pendugaannya.....	20
2.6. Studi Pendahuluan yang Sudah Dilakukan.....	21
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	23
3.1. Tujuan Penelitian.....	23
3.2. Manfaat Penelitian.....	23
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
5.1. Uji progeni untuk rekonfirmasi homosigotas gen toleransi terhadap CMV pada S1BC3.....	30
5.3. Seleksi hibrida Berdasarkan DGK dan Heterosis untuk Daya Hasil dan Sifat Toleransi CMV.....	38
BAB VI. SIMPULAN DAN SARAN.....	50
6.1. Simpulan.....	50
6.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Sasaran, luaran dan indikator capaian kegiatan penelitian Tahun III	28
Tabel 3.	Daftar persilangan, jumlah buah dan jumlah benih yang dihasilkan	38
Tabel 4.	Daya gabung khusus dan heterosis peubah pertumbuhan vegetatif pada hibrida yang dirakit	41
Tabel 5.	Daya gabung khusus dan heterosis peubah komponen hasil pada hibrida yang dirakit	43
Tabel 6.	Daya gabung umum pertumbuhan vegetatif tetua yang digunakan dalam perakitan hibrida	44
Tabel 7.	Daya gabung umum komponen hasil tetua yang digunakan dalam perakitan hibrida	45
Tabel 7.	Keragaan pertumbuhan vegetatif hibrida yang dirakit.....	48
Tabel 8.	Keragaan komponen hasil hibrida yang dirakit	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tingkat keparahan dari serangan patogen CMV pada masa pertumbuhan vegetatif tanaman cabai menyebabkan pertanaman mengalami kegagalan produksi (puso). Foto diambil di Cinangneng, Bogor.	10
Gambar 2. Ilustrasi seleksi dengan bantuan marka molekuler dalam backcross breeding untuk mengintrogresikan suatu gen ke individu tertentu.	13
Gambar 3. Penampakan morfologi tanaman rentan (kanan) dan tanaman tahan (kiri) setelah diinokulasi CMV secara mekanik.	17
Gambar 4. Skema perakitan varietas hibrida unggul hasil tinggi dan toleran CMV	26
Gambar 5. Bagan alir tahapan penelitian	27
Gambar 6. Kondisi pertanaman pada akhir uji progeni	32
Gambar 7. Penampakan hasil ELISA pada populasi progeni. 5B = kontrol positif (daun tembakau sumber inokulum) dan 5G= kontrol negatif (buffer).	33
Gambar 8. Kondisi pertanaman dalam uji DGK.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrument Penelitian.....	55
Lampiran 2. Personalia Peneliti :.....	55
Lampiran 3. Pendaftaran Varietas Tanaman.....	56

BAB I. PENDAHULUAN

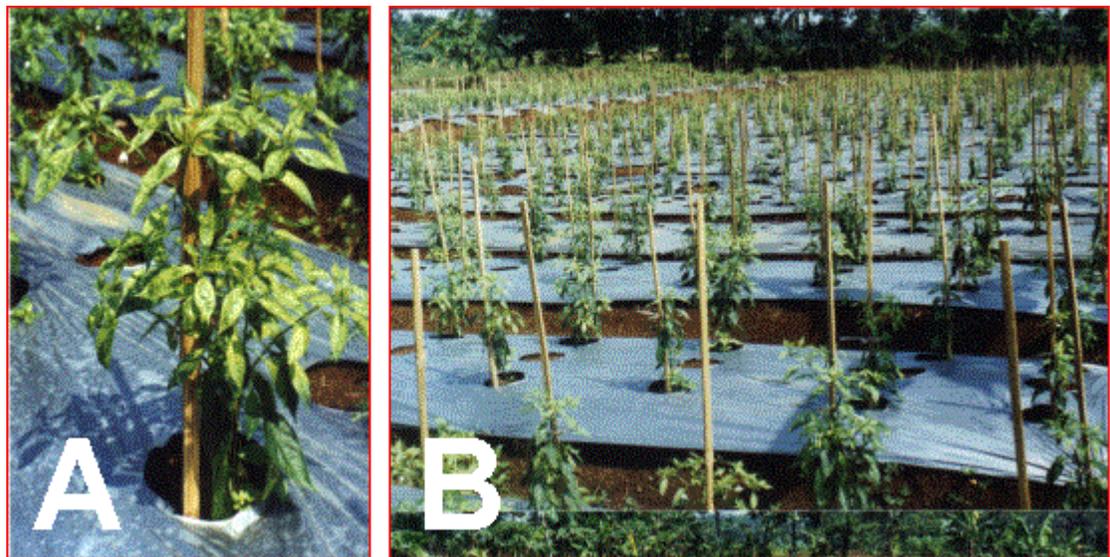
Cabai merah (*Capsicum annum L.*) adalah salah satu sayuran penting di Indonesia. Data statistik menunjukkan bahwa cabai merah mempunyai areal pertanaman yang terluas di antara tanaman sayuran yang diusahakan di Indonesia (BPS, 2007). Namun demikian produksi nasional hingga saat ini belum dapat memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Sebagai contoh, pada tahun 2006 pemerintah Indonesia harus mengimpor produk cabai sebanyak 11.885,5 ton (BPS, 2007).

Produksi rata-rata cabai merah di Indonesia sekitar 6,3 ton per hektar (BPS, 2007) yang termasuk rendah dibandingkan dengan Cina (14,5 ton/ha) atau Spanyol (31,1 ton/ha) (Rubatzky dan Yamaguchi, 1997). Rendahnya produksi tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain kualitas genetik varietas cabai yang ditanam mempunyai potensi produksi rendah dan karena serangan hama dan penyakit yang menyebabkan tanaman tidak mampu mencapai tingkat produksi potensialnya. Salah satu penyakit terpenting pada pertanaman cabai merah di lapangan adalah serangan *cucumber mosaic virus* (CMV) karena mampu menurunkan produktivitas tanaman hingga 80%.

Pada berbagai kasus diketahui kerugian akibat infeksi CMV dapat mencapai 100%, bila serangan dimulai pada fase pertumbuhan awal (Gambar 1). Gambar 1 merupakan representasi tingkat keparahan dari infeksi CMV di lapangan. Kondisi pertanaman yang diamati di lahan petani cabai desa Cinangneng, Kab. Bogor, menunjukkan kegagalan pertumbuhan tanaman cabai merah akibat serangan CMV yang parah. Sekalipun sudah dengan teknologi budidaya yang baik, kultivar hibrida komersial dari benih impor yang ditanam petani cabai tidak akan mampu berproduksi dengan baik jika terserang CMV.

Cucumber mosaic virus adalah patogen virus yang ditularkan oleh serangga sehingga sangat sulit untuk dikendalikan. Virus ini diketahui dapat hidup pada banyak jenis tanaman inang, baik tanaman budidaya maupun gulma yang ada di lapangan. Dengan demikian berbagai upaya teknologi budidaya untuk memutus siklus perkembangan CMV dan menghilangkan sumber inokulum di lapangan sangat sulit untuk dilakukan.

Berbagai teknologi yang dikembangkan untuk mengatasi infeksi CMV sampai saat ini belum ada yang terbukti efektif (Duriat et al., 1996).



Gambar 1. Tingkat keparahan dari serangan patogen CMV pada masa pertumbuhan vegetatif tanaman cabai menyebabkan pertanian mengalami kegagalan produksi (puso). Foto diambil di Cinangneng, Bogor.

(A). Contoh tanaman umur 50 hari setelah di lapang dengan serangan CMV yang sangat berat. Daun menjadi belang-belang dan keriting, serta tanaman menjadi kerdil.

(B). Kondisi pertanian cabai di lapangan saat terjadinya infeksi CMV. Seluruh tanaman yang ada menjadi terserang CMV karena penyebaran virus ini dapat terjadi sangat cepat dengan bantuan serangga. Dalam waktu yang singkat, pertanian cabai seluas dua hektar terserang CMV sehingga menyebabkan kerugian puluhan juta rupiah bagi petani.

Metode pengendalian yang paling praktis dan bisa diharapkan keberhasilannya untuk patogen CMV adalah dengan menggunakan kultivar cabai yang resisten. Kultivar cabai yang resisten dapat mencegah infeksi CMV kapanpun patogen ini akan menginfeksi pertanian, penerapannya tidak memerlukan keahlian khusus dan tidak memerlukan tambahan biaya sehingga relatif murah, serta ramah terhadap lingkungan (tidak menyebabkan polusi). Oleh karena itu kegiatan penelitian diarahkan pada upaya merakit

kultivar cabai unggul yang resisten terhadap infeksi CMV, yang diharapkan akan dapat mengatasi permasalahan serangan penyakit akibat CMV di lapangan.

Alternatif solusi bagi permasalahan tersebut adalah penggunaan varietas hibrida berdaya hasil tinggi yang sekaligus memiliki sifat toleran terhadap CMV. Sifat genetik daya hasil tinggi dari hibrida secara potensial mampu meningkatkan produksi pada kondisi yang diinginkan. Sifat toleran terhadap serangan CMV berguna untuk mengantisipasi serangan virus tersebut di lapangan. Dengan varietas hibrida yang memiliki karakteristik seperti itu diharapkan kendala peningkatan produktivitas cabai merah dapat teratasi. Oleh karena itu penelitian ke arah perakitan hibrida unggul berdaya hasil tinggi sekaligus toleran CMV sangat penting untuk dilakukan.

Dalam penelitian sebelumnya, telah dilakukan studi terhadap potensi heterosis persilangan berbagai galur koleksi dan diperoleh beberapa hibrida F1 cabai yang memiliki potensi daya hasil dan keragaan buah yang sebanding dengan kultivar hibrida komersial yang berasal dari benih impor. Namun demikian, galur hibrida F1 tersebut ternyata masih juga rentan terhadap infeksi CMV. Kegiatan penelitian Strategis Nasional ini dilakukan dalam rangka menambahkan karakter toleran terhadap CMV sehingga pada akhirnya dapat dikembangkan hibrida unggul dalam negeri yang memiliki daya hasil tinggi dan toleran terhadap infeksi CMV.

Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya juga telah berhasil diidentifikasi plasma nutfah cabai yang membawa gen ketahanan terhadap CMV. Aksi gen pengendali sifat ketahanan terhadap CMV pada plasma nutfah (tetua donor P1, rr) tersebut juga telah diketahui, yaitu dikendalikan oleh gen yang sifatnya resesif (gen rr) (Herison, 2002). Dalam penelitian Strategis Nasional ini dilakukan kegiatan transfer gen ketahanan tersebut dari tetua donor P1 ke tetua-tetua yang digunakan untuk menghasilkan galur cabai hibrida harapan (tetua recurrent P2, RR) melalui hibridisasi. Pemandahan gen rr ke tetua recurrent sehingga menghasilkan tetua recurrent yang toleran CMV (P2, rr) merupakan langkah awal untuk merakit kultivar hibrida F1 unggul yang berdaya hasil tinggi sekaligus toleran terhadap CMV.

Upaya pemindahan gen-gen pengendali ketahanan dari tetua donor P1 (rr) ke tetua recurrent P2 (RR) dilakukan dengan metode backcross (silang-balik). Langkah-langkah prinsip dalam metode silang-balik ini adalah: (1) menyilangkan tetua donor dengan tetua recurrent, (2) membuat silang-balik dengan tetua recurrent, dan (3) mengidentifikasi individu hasil silang balik sehingga diperoleh individu BC1 terpilih. Kegiatan silang-balik dan identifikasi individu BC turunan silang balik tersebut harus dilakukan secara berulang-ulang hingga beberapa generasi (10-15 generasi backcross). Pada akhir kegiatan silang-balik, individu terpilih yang terakhir disilang-dalamkan (selfing) untuk mendapatkan tetua P2 baru yang tahan CMV dan genetiknya dalam keadaan homosigot. Individu terpilih tersebut disebut sebagai tetua P2* (rr), yang tahan terhadap CMV. Dengan pendekatan menggunakan teknik konvensional, kegiatan backcross breeding tersebut akan memakan waktu yang sangat lama karena gen resistensi terhadap CMV tersebut dikendalikan oleh gen resesif.

Meskipun secara teoritis metode ini memungkinkan untuk dilakukan, tetapi dalam prakteknya memerlukan waktu sangat lama dan volume pekerjaan yang sangat besar karena harus dilakukan backcross berulang-ulang hingga 10 - 15 kali. Oleh karena itu diperlukan bantuan teknik lain agar tujuan program backcross breeding yang dilakukan tersebut lebih cepat tercapai dan lebih efektif. Penggunaan marka molekuler diharapkan dapat membantu program tersebut. Untuk itu perlu dikembangkan marka molekuler untuk tanaman cabai sehingga dapat mempercepat identifikasi kembali individu yang sifatnya sama dengan tetua recurrent tetapi mempunyai gen (rr), yang diharapkan dapat tercapai melalui dua kali generasi backcross.

Marka molekuler dapat digunakan untuk membantu dan menggantikan daur backcross dan uji progeni yang harus dilakukan 10-15 kali jika digunakan metode konvensional. Dengan penerapan marka molekuler, individu terpilih dapat dihasilkan melalui dua atau tiga kali backcross dan satu kali selfing (Gambar 2).

progeni) dari individu BC1-nya, individu BC1 (RR) akan dapat dipisahkan dari individu BC1 (Rr).

Pada individu BC1 dalam kelompok kedua akan dapat dicari individu BC1 terpilih yang genomnya sama seperti P2, tetapi mendapatkan tambahan gen rr dari tetua donor P1. Dalam hal ini, individu BC1 terpilih akan mempunyai genom 99.9 % sama dengan genom tetua P2 tetapi membawa gen rr. Namun demikian hal tersebut sangat sulit diperoleh karena peluangnya sangat kecil. Untuk itu dalam penelitian ini backcross dilakukan hingga BC3 dimana pada setiap generasi dilakukan seleksi individu BC yang paling identik terhadap tetua recurrent tetapi membawa gen toleran CMV. Penentuan individu BC yang identik dengan tetua recurrent digunakan marka molekuler dan sifat morfologis tanaman.

Apabila transfer gen ketahanan dari tetua P1 (rr) ke tetua P2 (RR) melalui metode silang balik berhasil dilakukan dalam waktu singkat sehingga terbentuk tetua P2* (rr), maka kultivar hibrida berdaya hasil tinggi sekaligus tahan terhadap CMV akan dapat segera dihasilkan dengan melakukan persilangan antara tetua donor P1 (rr) dengan tetua P2* (rr).

BAB II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Kultivar Hibrida

Potensi heterosis, yaitu hasil persilangan yang berdaya hasil melebihi daya hasil kedua tetuanya menjadi dasar pengembangan kultivar hibrida (Fehr, 1987). Penggunaan kultivar hibrida telah terbukti dapat meningkatkan daya hasil dari berbagai tanaman pangan, melebihi daya hasil dari kultivar tradisional yang umumnya digunakan petani. Kultivar hibrida merupakan target utama pengembangan varietas cabai merah karena potensi daya hasil yang jauh lebih tinggi dibandingkan varietas galur (Crosby, 2008).

Penelitian untuk menghasilkan kultivar hibrida dan untuk memproduksi benih hibrida memang memerlukan biaya yang relatif lebih mahal, sehingga harga benih hibrida juga lebih mahal dibandingkan benih tradisional (lokal). Namun demikian dengan daya hasil yang jauh lebih baik, penggunaan benih hibrida yang lebih mahal masih sangat menguntungkan dan akan tetap menjadi pola pengembangan benih tanaman di masa yang akan datang. Selain itu, benih hibrida memberikan insentif ekonomi kepada produsen benih karena dapat digunakan untuk melindungi varietas yang dikembangkan.

2.2. Cucumber Mosaic Virus pada Tanaman Cabai Merah

Gejala infeksi CMV pada tanaman cabai merah sangat bervariasi. Salah satu yang paling umum adalah tanaman menjadi amat kerdil dan tidak produktif, daun berwarna hijau muda kusam tanpa ada batas belang yang jelas (mottle). Selain itu, kadang-kadang daun menunjukkan gejala penciutan yang sangat parah (shoestring), mosaik, bercak melingkar klorosis atau nekrosis, dan pola daun oak (Green dan Kim, 1994). Gejala yang muncul pada buah adalah bercak klorosis atau nekrosis, permukaan buah kasar, warna kusam dan kelainan bentuk (Black *et al.*, 1991). Pada suhu tinggi, seperti di daerah tropis, masa inkubasi virus mosaik lebih singkat, penyebaran virus antar bagian tanaman lebih cepat, dan konsentrasi virus dalam tanaman lebih tinggi (Matthews, 1991).

Virus mosaik mentimun (CMV) ditularkan secara nonpersisten oleh lebih dari 60 spesies aphid, terutama *Aphis gossypii* dan *Myzus persicae*. Pada cabai merah, *M. persicae* tampaknya merupakan vektor yang paling efisien di daerah dingin, sedangkan *A.*

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian yang diusulkan ini adalah merakit varietas hibrida unggul cabai merah yang memiliki daya hasil tinggi sekaligus toleran terhadap CMV. Hibrida unggul tersebut akan diperoleh melalui persilangan pasangan tetua hibrida yang keduanya memiliki sifat toleran terhadap CMV. Dalam penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah dilakukan tahapan-tahapan untuk menggabungkan sifat toleran CMV ke dalam tetua hibrida menggunakan metode Backcross dan telah dihasilkan generasi Backcross ke-2 (BC2). Dalam penelitian yang diusulkan, penggabungan sifat tersebut akan dilanjutkan hingga generasi ke-4 (BC4) sehingga diperoleh tetua hibrida yang memiliki sekurang-kurangnya 95% tetua asal (recurrent) tetapi memiliki tambahan sifat toleran CMV yang selanjutnya akan digunakan dalam perakitan hibrida unggul toleran CMV.

Melanjutkan kegiatan Tahun Pertama dan Tahun Kedua, penelitian Tahun Ketiga ini bertujuan untuk menyelesaikan tahapan akhir proses introgresi gen pengendali toleransi terhadap CMV dari tetua donor ke dalam tetua recurrent, melakukan perakitan dan seleksi hibrida. Tujuan spesifik penelitian Tahun Ketiga ini adalah:

- menyeleksi individu S1BC3* untuk toleransi terhadap CMV.
- menyeleksi individu S1BC3* toleran yang homozigot melalui uji progeneri
- melakukan perakitan hibrida
- menyeleksi hibrida berdasarkan pada parameter Daya Gabung Khusus (DGK) dan potensi heterosis
- melakukan studi keragaan hibrida yang dirakit
- dan melakukan karakterisasi hibrida terbaik

3.2. Manfaat Penelitian

Kendala cekaman biotik, terutama virus, biasanya menyerang pertanaman cabai pada fase pertumbuhan vegetatif sehingga menghambat pertumbuhan tanaman yang terinfeksi. Di antara berbagai virus yang menyerang cabai merah, CMV merupakan yang paling merugikan. Infeksi CMV dapat menyebabkan terjadinya kerugian yang

sangat besar, karena tanaman terserang umumnya tidak produktif lagi. Beberapa peneliti melaporkan bahwa serangan CMV dapat mengurangi hasil tanaman hingga 80% bila serangan dimulai pada fase pertumbuhan awal seperti pada Gambar 1. Gambar 1 merupakan representasi tingkat keparahan dari infeksi CMV di lapangan. Kondisi pertanaman yang diamati di lahan petani cabai desa Cinangneng, Kab. Bogor, menunjukkan kegagalan pertumbuhan tanaman cabai merah akibat serangan CMV yang sangat parah. Sekalipun sudah dengan teknologi budidaya yang baik, kultivar hibrida komersial dari benih impor yang ditanam petani cabai tidak mampu berproduksi dengan baik jika terserang CMV.

Cucumber mosaic virus adalah patogen virus yang disebarkan oleh serangga dan diketahui dapat hidup pada berbagai jenis tanaman inang, baik tanaman budidaya maupun gulma, sehingga upaya teknologi budidaya untuk memutus siklus perkembangan CMV dan menghilangkan sumber inokulum di lapangan sangat sulit dilakukan (Duriat *et al.*, 1996). Metode pengendalian yang paling praktis dan bisa diharapkan keberhasilannya adalah dengan menggunakan kultivar toleran.

Kegiatan penelitian ini diarahkan untuk merakit hibrida harapan berpotensi daya hasil tinggi yang toleran terhadap infeksi CMV. Dikembangkannya kultivar hibrida dengan karakteristik seperti itu maka akan sangat mendukung usaha peningkatan produksi cabai merah secara nasional. Jika perakitan hibrida telah berhasil dilakukan, maka perlu ditentukan identitas spesifik hibrida tersebut melalui karakterisasi secara morfologi, nutrisi dan molekuler yang akan menjadi ciri keunikan hibrida yang dihasilkan dan sangat berguna jika akan diajukan untuk mendapatkan paten.

Tahapan penelitian yang dilakukan pada tahun ketiga adalah merupakan satu bagian penelitian yang sangat penting dalam hal menyelesaikan proses penggabungan gen pengendali toleransi terhadap CMV dari tetua donor ke dalam tetua hibrida yang dilanjutkan dengan perakitan dan studi keragaan hibrida yang dirakit.

Signifikansi penelitian ini secara keseluruhan antara lain adalah:

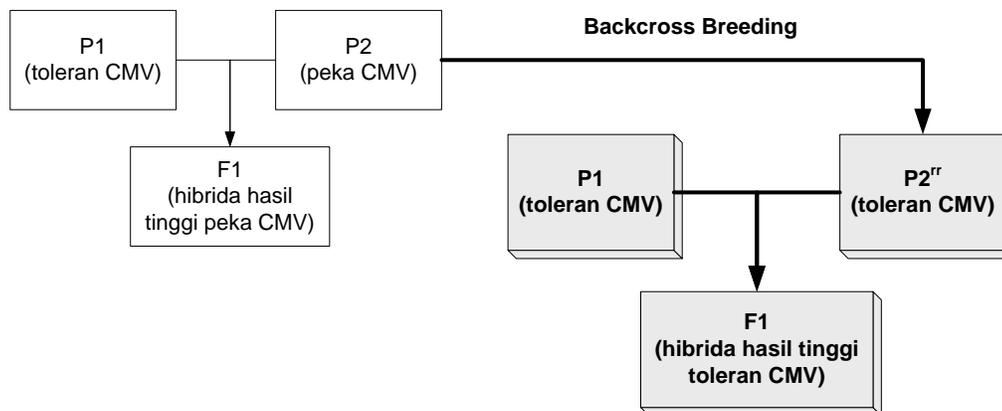
- Hasil penelitian ini diharapkan merupakan alternatif pemecahan masalah rendahnya produktivitas cabai yang diusahakan petani. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan perbaikan varietas yang genetik memiliki sifat hasil

tinggi dan toleran CMV. Hibrida unggul toleran CMV tersebut akan mampu meningkatkan produktivitas cabai.

- Penggunaan hibrida unggul yang toleran CMV dapat meningkatkan pendapatan petani karena produksi cabai rata-rata petani diharapkan akan dapat meningkat.
- Hasil penelitian ini juga merupakan pemecahan bagi berbagai persoalan yang terkait dengan kultivar hibrida impor karena dalam penelitian ini akan dikembangkan hibrida unggul domestik berdaya hasil tinggi yang sesuai dengan kondisi ekologis Indonesia.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Varietas hibrida unggul toleran CMV hanya dapat dihasilkan melalui hibridisasi dua tetua yang memiliki potensi heterobeltiosis tinggi dan keduanya toleran terhadap CMV (Gambar 4). Dalam penelitian ini, perakitan cabai hibrida unggul tersebut dilakukan dengan mengintrogresikan karakter toleransi terhadap CMV ke dalam pasangan tetua yang menunjukkan potensi heterobeltiosis tinggi. Oleh karena salah satu dari pasangan tersebut merupakan tetua toleran CMV (C1024, C1042, dan C1043) maka introgresi gen toleran CMV akan dilakukan terhadap tetua hibrida yang lain (PBC378 dan PBC1354). Penggabungan karakter toleran CMV ke dalam tetua hibrida tersebut dilakukan dengan metode Backcross karena sifat toleransi terhadap CMV dikendalikan oleh gen mayor. Setelah penggabungan tersebut selesai dilakukan maka dilanjutkan dengan perakitan hibrida harapan toleran CMV, seleksi dan pengujian lapang, serta karakterisasi hibrida unggul yang dihasilkan.



Gambar 4. Skema perakitan varietas hibrida unggul hasil tinggi dan toleran CMV

Kegiatan Tahun Ketiga ini adalah bagian dari rangkaian penelitian yang secara keseluruhan dapat dilihat pada Bagan Alir (Gambar 5) dengan sasaran dan luaran seperti pada Tabel 1.

Pada kegiatan penelitian sebelumnya, tahapan backcross telah sampai pada generasi BC3. Kegiatan penelitian pada Tahun Kedua telah diselesaikan: (1) seleksi individu-individu populasi BC3 toleran terhadap CMV, (2) seleksi individu BC3 toleran CMV identik dengan tetua recurrent menggunakan MAS, (3) pembentukan populasi F4 (S1BC3), dan (4) seleksi individu S1BC3* untuk toleransi terhadap CMV. Sebagai kelanjutannya, penelitian Tahun Ketiga difokuskan pada: (1) uji progeneri untuk menyeleksi individu S1BC3* toleran yang homozigot, (2) perakitan hibrida antara individu S1BC3* terpilih dengan tetua donor toleran CMV, (3) seleksi hibrida berdasarkan uji daya gabung khusus dan potensi heterosis, (4) studi keragaan hibrida yang dirakit, dan (5) karakterisasi hibrida terpilih.

Tabel 1. Sasaran, luaran dan indikator capaian kegiatan penelitian Tahun III

No	Kegiatan	Sasaran	Luaran	Indikator Capaian
1	Uji progeneri untuk rekonfirmasi homosigositas gen toleransi terhadap CMV pada S1BC3	Mendapatkan individu S1BC3 toleran CMV homosigot dan identik tetua recurrent (S1BC3 ^{rr}) melalui pengamatan gejala atau ELISA setelah inokulasi CMV secara mekanik	Individu S1BC3 toleran CMV yang identik tetua recurrent (S1BC3 ^{rr})	sekurangnya 5 individu S1BC3 yang memiliki toleransi homosigot
2	Perakitan hibrida toleran CMV	Mendapatkan hibrida hasil persilangan antara BC3 ^{rr} terpilih dengan tetua toleran CMV	Hibrida-hibrida yang memiliki sifat toleran CMV	sekurangnya dapat dirakit 15 hibrida toleran CMV
3	Seleksi hibrida berdasarkan DGK dan Heterosis untuk daya hasil dan sifat Toleransi CMV	Menyeleksi hibrida yang dirakit berdasarkan DGK dan heterosis dari karakter potensi daya hasil dan sifat toleran terhadap CMV	Hibrida-hibrida yang berpotensi hasil tinggi dan toleran CMV	sekurangnya ada 5 hibrida yang berpotensi daya hasil tinggi dan toleran CMV

No	Kegiatan	Sasaran	Luaran	Indikator Capaian
4	Studi keragaan hibrida yang dirakit	Mengetahui keragaan hibrida yang dirakit dan dibandingkan dengan hibrida komersial	keragaan pertumbuhan dan komponen hasil hibrida	diketahui performansi hibrida yang dirakit
5	Karakterisasi hibrida harapan	Mendapatkan karakteristik morfologi, dan molekuler (RAPD)	Karakteristik hibrida harapan	diketahui karakteristik morfologi, dan molekuler (RAPD) hibrida harapan

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada lima tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan pada tahun kedua yang saling mendukung satu sama lain dan dilakukan secara bertahap, yaitu (1) Uji progeneri untuk rekonfirmasi homosigositas gen toleransi terhadap CMV pada S1BC3, (2) Perakitan hibrida toleran CMV, (3) Seleksi hibrida berdasarkan DGK dan Heterosis untuk daya hasil dan sifat Toleransi CMV, (4) Uji lapang pendahuluan hibrida terseleksi, dan (5) Karakterisasi hibrida harapan. Hingga Laporan Kemajuan I ini disusun, kegiatan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

5.1. Uji progeneri untuk rekonfirmasi homosigositas gen toleransi terhadap CMV pada S1BC3

Metode

Penelitian dilakukan tanpa menggunakan rancangan percobaan. Material genetik yang digunakan adalah generasi selfing dari S1BC3 toleran CMV (S2BC3) yang meliputi 28 famili yaitu S2B3A-24-20-3,12; S2B3A-29-13-2,15,19; S2B3A-29-22-8,14; S2B3B-12-13-4,14; S2B3B-37-9-5,12,17; S2B3B-12-25-1, 19, 24; S2B3C-16-5- 13, 16, 18, 19; S2B3C-16-16- 5, 12, 14; S2B3C-34-18-1, 4, 14; S2B3D-11-8- 8; S2B3E-12-17-21; S2B3E-20-22- 14; S2B3E-31-19-1. dimana:

BC3A= PBC378/[PBC378/{PBC378/(PBC378/C1024)}-11]-;

BC3B= PBC378/[PBC378/{PBC378/(PBC378/C1042)}-6]-;

BC3C= PBC378/[PBC378/{PBC378/(PBC378/C1043)}-13]-;

BC3D= PBC1354/[PBC1354/{PBC1354/(PBC1354/C1043)}-18]-;

BC3E= PBC1354/[PBC1354/{PBC1354/(PBC1354/C1024)}-4]-;

Bahan lain yang digunakan meliputi bahan kimia pertanian berupa pupuk urea, SP36, KCl, insektisida dan fungisida; carborundum dan buffer fosfat.

Dua puluh benih dari masing-masing famili S2BC3 ditanam dalam wadah pembibitan volume 200 ml yang berisi media campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1 (v/v) steril. Sterilisasi dilakukan dengan sterilan tanah. Bibit

dipelihara hingga berumur 4 minggu untuk dievaluasi tingkat toleransinya terhadap CMV.

Untuk menguji tingkat toleransi terhadap CMV, bibit diinokulasi virus CMV secara mekanis sebanyak dua kali, yaitu saat fase kotiledon dan fase daun sejati pertama untuk memastikan supaya seluruh tanaman dapat terinfeksi. Inokulasi dilakukan dengan cara mengusapkan cairan inokulum ke permukaan tanaman yang telah ditaburi Carborundum (600 mesh) dengan *cotton-bud* secara hati-hati. Carborundum berfungsi untuk membuat pelukaan mikro, sehingga inokulum virus dapat masuk ke dalam sel tanpa mematikan sel tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan inokulum CMV strain 02 RIV yang diisolasi dari tanaman cabai merah (diperoleh dari Balai Penelitian Sayuran, Lembang). Strain 02 RIV adalah strain CMV yang paling virulen karena dapat menginfeksi cabai merah pada kisaran kultivar yang paling luas dan menimbulkan gejala paling parah (Duriat, 1996; Rustikawati *et al.*, 2006). Sebelum digunakan, inokulum terlebih dahulu diperbanyak pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum*) kultivar 'Xanthi' selama empat minggu di dalam kotak kedap serangga. Inokulum disiapkan dengan cara menggerus daun tembakau yang bergejala, di dalam bufer fosfat (0.01M, pH7) dengan perbandingan 1:3 (bobot/volume). Ekstrak kemudian disaring dan digunakan sebagai inokulum.

Pengamatan dilakukan terhadap periode inkubasi, tingkat gejala, dan marka RAPD terkait toleransi terhadap CMV. Periode inkubasi adalah lamanya waktu yang diperlukan sejak partikel virus masuk ke tanaman hingga menimbulkan gejala. Periode inkubasi dihitung sebagai jumlah hari dari saat inokulasi dilakukan hingga pertama kali muncul gejala pada setiap tanaman yang diuji pada setiap genotipe, selanjutnya dirata-ratakan. Untuk mengetahui apakah tanaman menunjukkan gejala atau tidak digunakan pembanding tanaman yang tidak diinokulasi.

Intensitas gejala diukur berdasarkan indeks gejala serangan CMV sebagaimana digunakan dalam Herison *et al.* (2003) sebagai berikut: 0 (tidak ada gejala), 1 (gejala mosaik atau belang ringan, atau tidak ada penyebaran sistemik), 2 (gejala mosaik atau

belang sedang), 3 (gejala mosaik atau belang berat tanpa penciutan atau kelainan bentuk daun), 4 (gejala mosaik atau belang berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun), dan 5 (gejala mosaik atau belang sangat berat dengan penciutan atau kelainan bentuk daun yang parah, 'shoestring', kerdil, atau mati).

Hasil penelitian

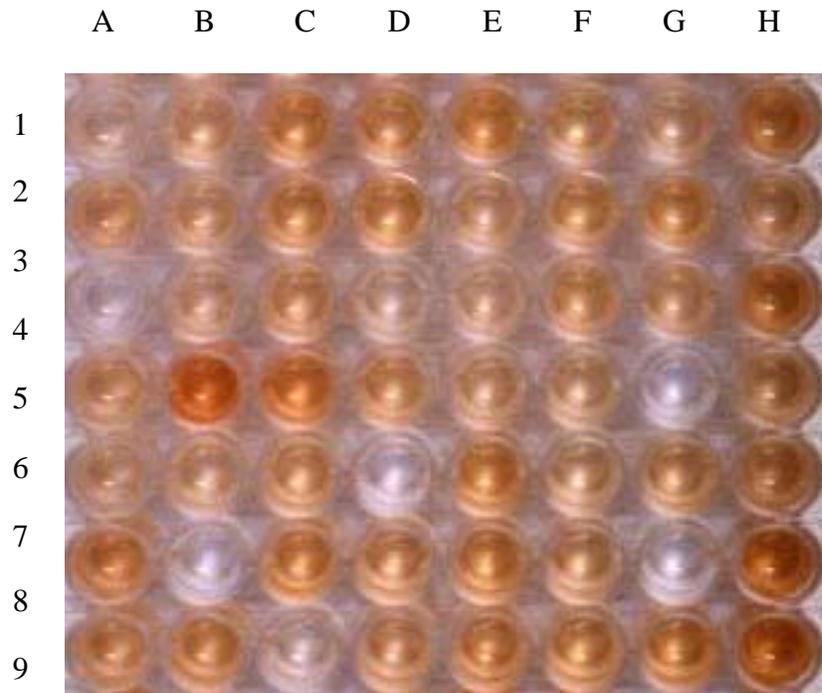
Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi yang diturunkan dari hasil selfing individu backcross generasi ketiga (BC3) yang terindikasi toleran pada penelitian sebelumnya ada yang masih memperlihatkan gejala yang tidak bervariasi (homogen), tetapi ada juga populasi yang memiliki variasi gejala antar individu. Gejala yang teramati berkisar antara 0 sampai dengan 2. Rendahnya tingkat gejala yang teramati tersebut berkaitan dengan tingkat toleransi tetuanya. Gejala yang teramati dapat dilihat pada Gambar 5 dan hasil skoring setiap individu progeni disajikan pada Tabel 2.



Gambar 5. Kondisi pertanaman pada akhir uji progeni

Dari 32 individu backcross generasi ketiga (BC3) yang terindikasi toleran hasil seleksi pada tahap sebelumnya, 9 diantaranya menghasilkan keturunan selfing yang memperlihatkan keseragaman toleransi (skor 0) pada seluruh individu yang diuji. Namun demikian konfirmasi dengan uji elisa pada sampel acak memperlihatkan pewarnaan yang sedikit lebih jelas dibandingkan dengan kontrol negatif (Gambar 6).

Hal tersebut menunjukkan bahwa masih ada sedikit titer virus pada genotipe S2BC3 yang tidak memperlihatkan gejala mosaik.



Gambar 6. Penampakan hasil ELISA pada populasi progeni. 5B = kontrol positif (daun tembakau sumber inokulum) dan 5G= kontrol negatif (buffer).

Berdasarkan pada uji progeni yang menghasilkan populasi yang seragam tidak menunjukkan gejala maka dipilih genotipe tetuanya (individu S1BC3) yang layak dilanjutkan sebagai tetua untuk merakit hibrida pada tahap selanjutnya. Genotipe tersebut meliputi S2B3A-29-13-47, S2B3B-12-13-2, S2B3B-49-40-3, S2B3B-49-40-6, S2B3C-16-5-25, S2B3C-16-5-28, S2B3C-16-22-34, S2B3C-34-14-15, S2B3C-34-18-9.

Populasi progeni yang menunjukkan keseragaman tinggi menunjukkan bahwa gen pengendali ketahanan, dalam hal ini terkait dengan muncul atau tidaknya gejala, yang dimiliki tetuanya adalah homozigot. Konstitusi gen homozigot tidak akan menghasilkan segregasi pada generasi selfing berikutnya. Sebaliknya, keragaman sifat toleransi dalam populasi yang menunjukkan variasi (tidak homogen) mengindikasikan bahwa gen pengendali yang ada pada tetuanya adalah heterosigot. Pemilihan tetua yang memiliki konstitusi genetik sifat toleransi yang homozigot adalah tahapan yang sangat penting dalam rangkaian seleksi menggunakan metode backcross. Genotipe terpilih homozigot akan memberikan kepastian bahwa sifat toleransi akan tetap ada pada keturunan selfing genotipe tersebut dari generasi ke generasi berikutnya. Sebaliknya jika yang terpilih adalah genotipe heterozigot maka sifat toleransi tersebut akan bersegregasi dan kemungkinan besar dapat hilang pada generasi keturunannya.

5.2. Perakitan Hibrida Toleran CMV

Kegiatan tahap ini bertujuan merakit hibrida yang diharapkan memiliki daya hasil tinggi dan toleran terhadap CMV. Perakitan akan dilakukan dengan persilangan antara tetua hibrida toleran CMV dengan tetua hibrida yang telah diintroduksi karakter toleran CMV dari tetua donor. Tahap penelitian ini adalah pembentukan hibrida sehingga tidak memerlukan rancangan percobaan. Material genetik yang digunakan meliputi tetua hibrida toleran CMV yang meliputi C1024, C1042 dan C1043, dan tetua hibrida yang telah diintroduksi karakter toleran CMV yang terdiri atas $PBC378^{rr(C1024)}$, $PBC378^{rr(C1042)}$, $PBC378^{rr(C1043)}$, $PBC1354^{rr(C1024)}$, $PBC1354^{rr(C1042)}$, dan $PBC1354^{rr(C1043)}$. Perakitan hibrida akan dilakukan dengan persilangan dua kelompok genotipe dengan model faktorial (Model North Carolina) dan diperoleh 24 hibrida F1.

Untuk kebutuhan perakitan hibrida, benih dari kedua kelompok disemai, ditanam dan diperlihara seperti pada tahap sebelumnya hingga memasuki fase generatif. Untuk mencapai fase pertumbuhan generatif bibit dipindah tanam ke dalam polibag yang berisi 10 kg media tanam. Media tanam yang digunakan adalah tanah yang dicampur dengan pupuk kandang 10%, atau setara dengan dosis 20 ton per hektar yang dikonversi

berdasarkan populasi tanaman 20.000 tanaman per hektar dan bobot media yang digunakan adalah 10 kg/tanaman. Pindah tanam dilakukan dengan mengeluarkan bibit dari wadah pembibitan kemudian memasukkannya ke dalam lubang tanam pada media tanam yang telah ditaburi karbofuran. Pupuk dasar yang digunakan meliputi campuran urea, SP36 dan KCl dengan dosis setara 100 kg urea, 200 kg SP36 dan 100 kg KCl.

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan, pengajiran dan pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan setiap pagi hari hingga mencapai kapasitas lapang. Pemupukan kedua dilakukan pada 6 MST dengan dosis setara 100 kg urea/ha. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap 10 hari sekali dengan campuran insektisida dan fungisida dengan dosis berturut-turut 2 ml/l dan 2 g/l. Tanaman diberi ajir bambu untuk menopang tanaman. Pemeliharaan lainnya adalah pembuangan semua tunas yang tumbuh di bawah cabang dikotomous, dan pemberian ajir untuk menjaga agar tanaman tidak roboh.

Hibridisasi dilakukan dengan skema tetua hibrida toleran CMV yang berasal dari PBC378 dan PBC1354 digunakan sebagai tetua betina, sedangkan tetua hibrida toleran CMV (C1024, C1042 dan C1043) digunakan sebagai tetua jantan. Teknik persilangan, pemanenan buah, dan ekstraksi biji dilakukan sebagaimana pada tahap sebelumnya. Persilangan diawali dengan melakukan kastrasi bunga tanaman tetua recurrent yang belum mekar dengan cara membuang benangsari secara hati-hati. Selanjutnya diambil tepung sari dari tanaman S1BC3*^{TT} dan diserbukkan ke kepala putik bunga tetua recurrent yang telah dikastrasi, dan bunga tersebut ditutup dengan kertas penutup untuk menghindari kontaminasi tepung sari dari bunga lain. Kertas penutup dibuka ketika buah sudah mulai terbentuk.

Buah dipanen ketika sudah matang penuh atau buah sudah berwarna merah sempurna. Biji diekstraksi dengan membuka buah dan membersihkan biji dari plasenta, selanjutnya dijemur hingga kering. Biji dari setiap buah dikumpulkan secara terpisah karena dapat mewakili segregasi satu populasi progeni backcross secara lengkap. Pada kegiatan ini dihasilkan sekurang-kurangnya 100 benih untuk setiap hibrida sebagai bahan pengujian lebih lanjut. Gambaran buah hasil persilangan dapat dilihat pada Gambar 7. Daftar

hibrida yang dibentuk beserta jumlah buah dan biji yang dihasilkan dapat disajikan pada Tabel 3.



Gambar 7. Persilangan dalam rangka pembentukan hibrida

Di dalam persilangan yang dilakukan, tidak seluruh bunga yang disilangkan dapat terbentuk buah. Tingkat keberhasilan yang dicapai rata-rata sekitar 60 persen. Oleh karena itu, dalam pelaksanaannya telah dilakukan persilangan bunga yang cukup intensif, bahkan hampir 80% bunga pada setiap tanaman digunakan untuk persilangan. Keberhasilan persilangan tampaknya juga sangat dipengaruhi oleh pasangan yang disilangkan. Ada pasangan persilangan yang tingkat keberhasilannya tinggi, tetapi ada juga yang relatif rendah. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan genetik dari tetua yang digunakan sekalipun persilangan sesama *Capsicum annuum* sangat kompatibel.

backcross dan 3 tetua donor toleran CMV. Dengan demikian diperoleh 105 satuan percobaan.

Pembibitan dilakukan sebagaimana sebelumnya. Pada fase kotiledon dan fase daun sejati pertama seluruh tanaman untuk perlakuan inokulasi, diinokulasi secara buatan menggunakan inokulum CMV 02 (dari Balitsa Lembang). Teknik inokulasi dilakukan sebagaimana sebagaimana pada tahap seleksi. Ketika bibit berumur 4 minggu, seluruh bibit ditanam pada polibag yang berisi media 10 kg. Media tanam yang digunakan adalah tanah yang dicampur dengan pupuk kandang 10%, atau setara dengan dosis 20 ton per hektar yang dikonversi berdasarkan populasi tanaman 20.000 tanaman per hektar dan bobot media yang digunakan adalah 10 kg/tanaman. Pindah tanam dilakukan dengan mengeluarkan bibit dari wadah pembibitan kemudian memasukkannya ke dalam lubang tanam pada media tanam yang telah ditaburi karbofuran. Pupuk dasar yang digunakan meliputi campuran urea, SP36 dan KCl dengan dosis setara 100 kg urea, 200 kg SP36 dan 100 kg KCl.

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan, pengajiran dan pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan setiap pagi hari hingga mencapai kapasitas lapang. Pemupukan kedua dilakukan pada 6 MST dengan dosis setara 100 kg urea/ha. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap 10 hari sekali dengan campuran insektisida dan fungisida dengan dosis berturut-turut 2 ml/l dan 2 g/l. Tanaman diberi ajir bambu untuk menopang tanaman. Pemeliharaan lainnya adalah pembuangan semua tunas yang tumbuh di bawah cabang dikotomous, dan pemberian ajir untuk menjaga agar tanaman tidak roboh.

Pengamatan dilakukan terhadap komponen pertumbuhan vegetatif, yang meliputi tinggi tanaman, tinggi cabang dikotomus pertama, jumlah cabang dikotomous, diameter kanopi dan bobot brankasan kering; komponen hasil yang meliputi jumlah buah total, ukuran buah (panjang dan diameter buah) dan bobot buah total.

Analisis data dilakukan dengan analisis ragam (ANOVA) mengikuti Steel dan Torrie (1981) yang dilanjutkan dengan partisi efek perlakuan untuk menghitung pengaruh tetua dan pengaruh persilangan (*crosses*). Efek persilangan selanjutnya dipartisi lebih lanjut

ke dalam efek Line (galur tetua yang disilangkan) dan tester. Pendugaan daya gabung dilakukan mengikuti Singh dan Chaudhary (1979).

Hasil dan Pembahasan

Perkecambahan benih yang disemai sangat baik, rata-rata lebih dari 99% berkecambah dan tumbuh menjadi bibit yang baik. Pertumbuhan tanaman setelah ditransplanting ke dalam polibag besar juga sangat baik. Namun demikian karena kondisi kaca rumah kaca yang berkarat dan berlumut, menyebabkan pertumbuhan tanaman selanjutnya menjadi agak teretiolasi, yang ditandai dengan tinggi tanaman yang tinggi serta batang dan cabang yang relatif getas. Seluruh tanaman menunjukkan respon yang sama. Kondisi pertumbuhan awal tanaman percobaan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi pertanaman dalam uji DGK

Daya gabung khusus merupakan indikator keragaan suatu hibrida secara relatif dibandingkan terhadap hibrida dari pasangan persilangan lain dari tetua yang digunakan. Daya gabung khusus digunakan sebagai salah satu ukuran untuk menilai seberapa baik satu pasangan tetua untuk menghasilkan hibrida dibandingkan dengan hibrida-hibrida lain yang dirakit dari sekelompok tetua yang sama. Sementara itu heterosis adalah nilai relatif antara peningkatan performa suatu hibrida terhadap tetua terbaiknya. Kedua parameter tersebut sering digunakan untuk menyeleksi hibrida yang dihasilkan dari suatu kegiatan pemuliaan tanaman.

Seperti halnya nilai DGK, nilai potensi heterosis juga sangat bervariasi antara satu hibrida dengan hibrida lainnya pada satu peubah dengan peubah lainnya. Oleh karena nilai heterosis adalah nilai relatif antara hibrida dengan tetua terbaiknya, maka heterosis tidak terkait dengan nilai DGK. Sejumlah hibrid menunjukkan performa pertumbuhan vegetatif lebih baik dari tetuanya untuk satu peubah, tetapi tidak pada peubah lain. Besarnya nilai potensi heterosis juga bervariasi antara satu hibrida dengan hibrida lainnya. Berdasarkan nilai potensi heterosis pada pertumbuhan vegetatif, hibrida H1, H2, H16, H17, H20 dan H23 secara umum menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan hibrida lainnya (Tabel 4).

Sementara itu, nilai daya gabung khusus pada peubah komponen hasil juga sangat bervariasi. Pada variabel jumlah total buah, DGK pasangan tetua dari H1, H6, H9, H12, H17 dan H23 lebih baik dibandingkan dengan pasangan tetua lainnya (Tabel 5). Hal ini mengindikasikan bahwa persilangan pasangan tetua tersebut berpeluang menghasilkan hibrida yang memiliki jumlah buah total yang lebih baik dibandingkan dengan pasangan tetua lainnya.

Sedangkan pada variabel bobot total buah per tanaman, DGK pasangan tetua dari H1, H6, H9, H12, H14, H17, H22 dan H23 lebih baik dibandingkan dengan pasangan tetua hibrida lainnya. Variabel bobot buah adalah komponen hasil yang paling penting. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pasangan tetua yang menghasilkan hibrida tersebut berpotensi menghasilkan hibrid yang memiliki bobot buah per tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan pasangan tetua yang lain.

Pada peubah panjang buah, nilai DGK pasangan tetua dari hibrida H3, H5, H16 dan H21 adalah yang terbaik. Pasangan tetua dari hibrida tersebut berpotensi meningkatkan panjang buah dari hibrida yang dihasilkan. Sementara itu untuk peubah diameter buah, DGK pasangan tetua dari hibrida H6, H7, H11, H14 dan H23 adalah yang tertinggi, yang berarti pasangan tetua hibrida tersebut cenderung menghasilkan keturunan yang memiliki ukuran buah semakin besar. Namun demikian, hal ini belum tentu menjadi lebih baik, karena tidak selalu konsumen menyukai buah cabai berukuran besar.

Potensi heterosis untuk panjang buah yang terbaik ditunjukkan oleh hibrida H16, H7, H5, dan H8, sekalipun nilainya masih lebih rendah dari 25%. Sementara itu untuk peubah diameter buah, potensi heterosis tertinggi ditunjukkan oleh hibrida H1 sebesar 37% yang diikuti secara berurutan oleh H6, H5, H11 dan H4.

Berdasarkan pada nilai DGK dan heterosis terutama pada peubah bobot total buah per tanaman dengan memperhatikan peubah lainnya, maka pasangan tetua hibrida yang memiliki peluang terbaik menghasilkan hibrida harapan adalah pasangan tetua hibrida H17, H12, H23, H6, H9, dan H14.

Kajian terhadap daya gabung umum (DGU) tetua hibrida pada karakter pertumbuhan vegetatif menunjukkan bahwa tetua P7 memiliki DGU yang paling baik untuk sifat tinggi tanaman, diameter batang, jumlah cabang, dan diameter kanopi. Sedangkan untuk tinggi dikotomus, P8 memiliki daya gabung yang paling tinggi (Tabel 6). Hal ini mengindikasikan bahwa P7 merupakan tetua terbaik yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa pertumbuhan vegetatif pada generasi selanjutnya.

Tabel 6. Daya gabung umum pertumbuhan vegetatif tetua yang digunakan dalam perakitan hibrida

Tetua		Tinggi Tanaman	Diameter batang	Jumlah cabang	Diameter Kanopi	Tinggi dikotom.
P1	S1B3A-29-13-47	-0,75	0,13	0,13	16,90	2,46
P2	S1B3B-12-13-2	1,92	0,11	0,11	-24,88	0,24
P3	S1B3B-49-40-3	-8,42	-0,18	-0,18	6,68	-5,88
P4	S1B3B-49-40-6	0,47	-0,17	-0,17	-13,65	0,57
P5	S1B3C-16-5-25	0,47	-0,05	-0,05	-14,32	-2,10
P6	S1B3C-16-22-34	-5,31	0,25	0,25	-3,54	0,90
P7	S1B3C-34-14-15	10,25	0,52	0,52	14,24	-0,21
P8	S1B3C-34-18-9	1,36	-0,60	-0,60	18,57	4,01

Sementara itu, pada peubah komponen hasil, P1 dan P2 memiliki DGU yang paling baik untuk jumlah buah total. Tetua yang memiliki DGU terbaik untuk bobot buah total berturut-turut adalah P2, P6 dan P4. Untuk panjang buah, P2 dan P3 memiliki DGU tertinggi, sedangkan untuk diameter buah P2 dan P7 adalah yang tertinggi dan P6 yang terendah (Tabel 7).

bibit ditanam pada polibag yang berisi media 10 kg. Media tanam yang digunakan adalah tanah yang dicampur dengan pupuk kandang 10%, atau setara dengan dosis 20 ton per hektar yang dikonversi berdasarkan populasi tanaman 20.000 tanaman per hektar dan bobot media yang digunakan adalah 10 kg/tanaman. Pindah tanam dilakukan dengan mengeluarkan bibit dari wadah pembibitan kemudian memasukkannya ke dalam lubang tanam pada media tanam yang telah ditaburi karbofuran. Pupuk dasar yang digunakan meliputi campuran urea, SP36 dan KCl dengan dosis setara 100 kg urea, 200 kg SP36 dan 100 kg KCl.

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan, pengajiran dan pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan setiap pagi hari hingga mencapai kapasitas lapang. Pemupukan kedua dilakukan pada 6 MST dengan dosis setara 100 kg urea/ha. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap 10 hari sekali dengan campuran insektisida dan fungisida dengan dosis berturut-turut 2 ml/l dan 2 g/l. Tanaman diberi ajir bambu untuk menopang tanaman. Pemeliharaan lainnya adalah pembuangan semua tunas yang tumbuh di bawah cabang dikotomous, dan pemberian ajir untuk menjaga agar tanaman tidak roboh.

Pengamatan dilakukan terhadap komponen pertumbuhan vegetatif, yang meliputi tinggi tanaman, tinggi cabang dikotomus pertama, jumlah cabang dikotomous, diameter kanopi dan bobot brankasan kering; komponen hasil yang meliputi jumlah buah total, ukuran buah (panjang dan diameter buah) dan bobot buah total.

Analisis data dilakukan dengan analisis ragam (ANOVA) mengikuti Steel dan Torrie (1981) yang dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

Hasil Penelitian

Pertumbuhan vegetatif tanaman yang diamati berdasarkan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah cabang, tinggi cabang dikotomus dan diameter kanopi menunjukkan performa yang beragam antar hibrida yang diuji. Hibrida H20 menunjukkan performa tinggi tanaman yang paling tinggi yang diikuti oleh hibrida H23, sementara itu yang

terendah adalah hibrida H18. Hibrida H23 dan H12 memiliki diameter batang yang paling besar, sedangkan H24 dan Prada menunjukkan diameter batang yang paling kecil. Untuk jumlah cabang, hibrida H23 adalah yang terbaik diikuti oleh H20; sementara itu Prada memiliki jumlah cabang terendah. H23 dan H2 memiliki diameter kanopi terbesar, dan H18 adalah yang terkecil. H23 juga memiliki cabang dikotomous yang tertinggi dibandingkan dengan hibrida yang lain (Tabel 7). Secara keseluruhan maka terlihat bahwa hibrida H23 memiliki performa vegetatif yang paling baik, yang ditandai dengan pertumbuhan tajuk yang lebih besar dibandingkan dengan hibrida lain termasuk hibrida komersial Prada. Bahkan hibrida komersial tersebut memperlihatkan performa vegetatif yang relatif lebih rendah dibandingkan sejumlah hibrida yang dirakit.

Keragaman antar hibrida juga terlihat dari komponen hasilnya. Hibrida H1 memiliki jumlah buah terbanyak dibandingkan dengan hibrida lain, yang kemudian diikuti oleh H17. Jumlah buah terendah ditunjukkan oleh hibrida H24. Sementara itu hibrida komersial yang digunakan sebagai pembanding menghasilkan jumlah buah yang relatif rendah. Hibrida H17 dan H5 menunjukkan bobot total buah tertinggi yang diikuti secara berturut-turut oleh H4, H6, H14 dan H23 serta H20. Hibrida-hibrida tersebut memiliki bobot buah total yang secara signifikan lebih baik dibandingkan dengan hibrida komersial Prada. Hibrida H5, H6, dan H7 memiliki panjang buah terpanjang, dan H2 dan H1 adalah yang terpendek. Diameter buah terbesar ditunjukkan oleh hibrida H14 yang diikuti oleh H6, dan yang terkecil adalah H24 (Tabel 8). Diameter buah hibrida yang diuji sebagian besar tidak berbeda dengan hibrida komersial Prada.

Berdasarkan pada karakteristik komponen hasil tersebut di atas, terutama bobot total buah dan jumlah buah, maka H17, H5, H4, H6, H14 dan H23 serta H20 adalah yang terbaik di antara hibrida yang dirakit. Ketujuh hibrida tersebut menunjukkan bobot buah total yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan hibrida komersial Prada. Namun demikian, sekalipun tidak menunjukkan performa pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hibrida-hibrida yang dirakit dalam penelitian ini, hibrida komersial Prada, secara visual menunjukkan kualitas buah

BAB VI. SIMPULAN DAN SARAN

6.1. Simpulan

1. Individu S1BC3 toleran dengan gen toleransi terindikasi homosigot adalah S2B3A-29-13-47, S2B3B-12-13-2, S2B3B-49-40-3, S2B3B-49-40-6, S2B3C-16-5-25, S2B3C-16-5-28, S2B3C-16-22-34, S2B3C-34-14-15, S2B3C-34-18-9. Individu tersebut paling layak untuk digunakan dalam perakitan hibrida.
2. Perakitan hibrida antara individu S1BC3 toleran terpilih dengan tetua donor toleransi CMV dapat dilakukan dengan baik.
3. Pasangan tetua hibrida H17, H12, H23, H6, H9, dan H14 menunjukkan DGK yang baik dan hibrida yang dihasilkan memperlihatkan potensi heterobeltiosis yang tinggi.
4. Keragaan pertumbuhan dan komponen hasil hibrida yang terbaik adalah H17, H5, H4, H6, H14 dan H23 serta H20. Hibrida-hibrida tersebut menunjukkan komponen hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hibrida komersial Prada, sekalipun kualitas fisik secara visual yang masih lebih rendah.

6.2. Saran

Hibrida terbaik yang dihasilkan dalam rangkaian penelitian ini masih perlu diuji multilokasi dan sebelum dilanjutkan dalam proses perlindungan varietas tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Archak, S. 2000. Plant DNA fingerprinting: an overview. <http://agbiotechnet.com/Reviews.asp>? [diakses 4 Januari 2009]
- Black, L.L., S.K. Green, G.L. Hartman, and J.M. Poulos. 1991. Pepper Diseases. A field guide. AVRDC. 98 p.
- BPS. 2007. Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-buahan di Indonesia. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- Cahill, D.J. and D.H. Schmidt. 2004. Use of Marker Assisted Selection in a Product Development Breeding Program. "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia.
- Crosby, K.M. 2008. Pepper. *In* J.Prohens, F. Nuez and M.J.Carena (Eds). Handbook of Plant Breeding. Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae. Springer Science+Business Media LLC. New York.
- Davies, J., Berzonsky, W. A. and G.D. Leach 2006. A comparison of marker-assisted and phenotypic selection for high grain protein content in spring wheat. *Euphytica* 152: 117-134.
- Dumeke, T. and R.P. Adam . 1994. The use of PCR-RAPD analysis plant taxonomy and evolution. p. 179-191. *In* Griffin , H.G., and A.M. Griffin (Eds.). PCR Technology Current Innovations. CRC Press. Inc. London.
- Duriat, A.S. 1996. Management of pepper viruses in Indonesia: problem and progress. *IARD J.* 18(3):45-50.
- Eliyanti, Rustikawati, C. Herison dan Sudarsono. 2004. Kajian daya gabung dan heterosis dalam rangka perakitan kultivar hibrida cabai merah. Prosiding Simposium Nasional Peripi di Balitro Bogor 5 – 7 Agustus.
- Ender, M., K. Terpstra and J. D. Kelly. 2008. Marker assisted selection for white mold resistance in common bean. *Mol. Breeding.* 2: 149-157.
- Fehr, W.R. 1987. Principle of Cultivar Development. Theory and Technique. Vol. I. MacMillan Pub. Co. New York. 536p.
- Green, S.K. 1991. Guideline for diagnostic work in plant virology. Technical Bulletin No. 15. 2nd Ed. AVRDC. 63p.
- Green, S.K. and J.S. Kim. 1991. Characteristic and Control of Viruses Infecting Peppers: A Literature Review. AVRDC. Technical Bull. 18.
- Green, S.K. and J.S. Kim. 1994. Sources of resistance to viruses of pepper (*Capsicum* spp.): A catalog. AVRDC. Tech. Bull. 20.

- Herison, C., Rustikawati, dan Sudarsono. 2004. Kajian genetik ketahanan terhadap CMV pada cabai merah persilangan C1037 x CA80867 dan C1043 x CA80867. (*Poster*). Simposium Nasional Peripi di Balitro Bogor 5 – 7 Agustus.
- Herison, C., Rustikawati, dan Sudarsono. 2002. Studi Potensi Heterobeliosis pada Persilangan Beberapa Galur Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Buletin Agronomi IPB Juli 2002*
- Herison, C., Rustikawati, dan Sudarsono. 2003. Screening of 69 hot pepper lines for resistance against Cucumber Mosaic Virus by mechanical inoculation. *Capsicum and Eggplant Newsletter 22:111-114*.
- Herison, C., Rustikawati, dan Sudarsono. 2004. Genetic nature of resistance against Cucumber Mosaic Virus in hot pepper. *Capsicum and Eggplant Newsletter 23:111-114*
- Herison, C., Rustikawati, Eliyanti dan Sudarsono. 2003. Penentuan protokol yang tepat untuk menyiapkan DNA genom cabai (*Capsicum* sp). *Akta Agrosia 6(2):38-43*
- Klein-Lankhorst, R.M., A. Vermunt, R. Weide, T. Liharska and P. Zabel. 1991. Isolation of molecular markers for tomato (*L. esculentum*) using random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Theor Appl Genet.* 83:108-114.
- Matthews, R.E.F. 1991. *Plant Virology*. 3rd Ed. Academic Press Inc. New York. 835p.
- Mun, H.Y., M.R. Park, H.B. Lee and K.H. Kim. 2008. Outbreak of Cucumber mosaic virus and Tomato spotted wilt virus on Bell Pepper Grown in Jeonnam Province in Korea. *Plant Pathol. J.* 24(1) : 93-96.
- Niks, R.E., P.R. Ellis, and J.E. Parlevliet. 1993. Resistance to Parasites. *In* M.D. Hayward, N.O. Bosemark, and I. Romagosa (Eds.). *Plant Breeding. Principles and Prospects*. Chapman and Hall. London. pp.442-447. aPrince, J.P., V.K. Lackney, C. Angeles, J.R. Blauth, and M.M. Kyle. 1995. A survey of DNA polymorphism within the genus *Capsicum* and the fingerprinting of pepper cultivars. *Genome*, 38: 224-231.
- Rahman, L., M.S. Khanam and H. Koh. 2008. QTL Analysis for Yield Related Traits Using Populations Derived from an indica-japonica Hybrid in Rice (*Oryza sativa* L.). *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 44, (3): 93–104
- Rubatzky, V.E., and M. Yamaguchi. 1997. *World Vegetables: Principles, Production and Nutritive Values*. 2nd ed. Chapman & Hall. USA. 843p
- Rustikawati, **C. Herison** dan Sudarsono. 2006. Kevirulenan Beberapa Strain Cucumber Mosaic Virus (CMV) pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Akta Agrosia 9(1):12-18*
- Ryu, J.G., S.J. Ko, Y.H. Lee, M.K. Kim, K.H. Kim, H.T. Kim and H.S. Choi. 2009. Incidence and Distribution of Virus Diseases on Paprika (*Capsicum annum* var. *grossum*) in Jeonnam Province of Korea. *Plant Pathol. J.* 25(1) : 95-98

- Saidi, M. and S. Warade. 2008. Tomato Breeding for Resistance to *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV): an Overview of Conventional and Molecular Approaches. Review. Czech J. Genet. Plant Breed. 44(3): 83–92
- Sambrook, J., E.F. Fritsch, and T. Maniatis. 1989. Molecular Cloning. 2nd Ed. Cold Spring Harbor Lab. Press. Cold Spring Harbor, New York. 489p.
- Sanghai-Maroot, M.A., K.M. Soliman, R.A. Jorgensen, and R.W. Allard. 1984. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamic. Proc. Natl. Acad. Sci. 36:186-192.
- Sari, C.I.N., R. Suseno, Sudarsono, dan M. Sinaga. 1997. Reaksi sepuluh galur cabai terhadap infeksi isolat CMV dan PVY asal Indonesia. Prosiding Kongres Nasional dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Palembang, 27-29 Oktober 1997. hal. 116-117.
- Towner, P. 1991. Purification of DNA. pp47-68. In T.A. Brown (Ed). Essential Molecular Biology. A Practical Approach. Oxford Univ. Press. New York.
- Waldron, J., C.P.Peace, I.R.Searle, A. Furtado, N.Wade, I.Findlay, M.W. Graham, and B.J. Carroll. 2002. Randomly Amplified DNA Fingerprinting: A Culmination of DNA Marker Technologies Based on Arbitrarily-Primed PCR Amplification. J Biomed Biotechnol. 2(3): 141–150.
- Wechter, W.P., M.P. Whitehead, C.E. Thomas, and R.A. Dean. 1995. Identification of Randomly Amplified Polymorphic DNA marker linked to the *Fom 2* Fusarium wilt resistance gene in muskmelon MR-1. The American Phytopathological Society. 1245-1249
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Ravalski and S.V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are usefull as genetic markers. Nucleic Acid Research 18(22): 6531-6535