

Efektivitas Persilangan Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) Rentan dan Tahan Penyakit Busuk Batang *Phytophthora* (*Phytophthora capsici* Leon.)

Crossing Effectiveness Of Susceptible and Resistant *Phytophthora* Stem Rot (*Phytophthora capsici* Leon.) Pepper (*Capsicum annum* L.)

R. A. Prita Sari Putri* dan Afifuddin Latif Adiredjo

Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
 Jalan Veteran Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia

*) Email: rapritasari putri@gmail.com

ABSTRAK

Cabai (*Capsicum annum* L.) adalah tanaman sayuran yang mempunyai nilai ekonomi tinggi di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2016) produktivitas cabai nasional tahun 2015-2016 mengalami penurunan sebesar 0,18%. Salah satu penyebab penurunan produktivitas tersebut adalah patogen *Phytophthora capsici* Leon. Patogen tersebut menyebabkan penyakit busuk batang *Phytophthora*. Varietas tahan merupakan salah satu solusi alternatif untuk mencegah penurunan hasil akibat patogen *P. capsici*. Sampai saat ini, belum ada varietas cabai dengan produksi tinggi dan tahan terhadap *P. capsici*. Penelitian ini diperlukan untuk mendapatkan kombinasi persilangan antara tetua rentan dan tetua tahan yang efektif untuk pengembangan varietas cabai yang memiliki produksi tinggi dan tahan terhadap penyakit busuk batang *Phytophthora*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2017 hingga Oktober 2017 di Kebun Percobaan PT BISI International Tbk, Ngroto, Pujon, Malang. Bahan yang digunakan adalah dua aksesori cabai rentan TB1.10.2.27 dan CJ19 dari PT BISI International Tbk serta tiga aksesori cabai tahan CM334 dari AVRDC serta PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 yaitu hasil induksi haploid ganda PI 201238 dari PT BISI International Tbk. Efektivitas persilangan dinilai berdasarkan beberapa variabel pengamatan meliputi: keberhasilan persilangan dan jumlah biji per kombinasi persilangan serta skrining ketahanan yang meliputi: kejadian penyakit, keparahan

penyakit, RAUDPC, heterosis dan heterobeltiosis. Hasil penelitian ini didapatkan kombinasi persilangan antara tetua rentan TB1.10.2.27 sebagai tetua betina dan tetua tahan PR10.3.4.24 sebagai tetua jantan yang mampu menghasilkan buah dan biji dengan jumlah banyak serta tidak memiliki pengaruh tetua betina dan mempunyai sifat heterosis terhadap ketahanan penyakit busuk batang *Phytophthora*.

Kata kunci: *Capsicum annum* L., Ketahanan, Persilangan, *Phytophthora capsici* Leon.

ABSTRACT

Pepper (*Capsicum annum* L.) is a vegetable crop that has high economic value in Indonesia. Based on data from Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2016) showed that national productivity decrease in 2015-2016 by 0.18%. One causes of productivity decrease is *Phytophthora capsici* Leon. pathogen. The pathogen causes *Phytophthora* stem rot. Resistant varieties are an alternative solution to prevent reduction of yields due to pathogenic *P. capsici*. There is no pepper varieties that has high production and resistant to *P. capsici*. This research is needed to obtain a combination of crosses between susceptible and resistant parents which have high production and resistant to *Phytophthora* stem rot disease. The study was conducted from January 2017 to October 2017 at PT BISI International Tbk Experiment Garden,

Ngroto, Pujon, Malang, East Java. The materials used are two susceptible accessions pepper of TB1.10.2.27 and CJ19 from PT BISI International Tbk and three accessions resistant pepper of CM334 from AVRDC and PR10.3.3.6 and PR10.3.4.24 from the double haploid induction of PI 201238 from PT BISI International Tbk. The crossing effectiveness variables including : crossing ability dan number of seeds per crossing combination and than resistant screening seedling including : disease incident, disease severity, RAUDPC, heterosis and heterobeltiosis. This research thats found the combination crossing between susceptible parent TB1.10.2.27 as the female parent and resistant parent PR10.3.4.24 as male parent because has high produce fruit and seed, no maternal effect and has heterosis characteristic to Phytophthora stem rot disease resistant.

Keyword: *Capsicum annum* L., Crossing ability, *Phytophthora capsici* Leon., Resistance

PENDAHULUAN

Cabai adalah salah satu tanaman sayuran dengan nilai ekonomi serta volume konsumsi yang tinggi di dunia, termasuk di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2016) menunjukkan bahwa produktivitas cabai nasional padatahun 2015-2016 mengalami penurunan sebesar 0,18%. Salah satu faktor penyebab penurunan produktivitas cabai adalah kerentanan terhadap hama dan penyakit.

Salah satu faktor penyakit penting yang menyerang tanaman cabai yaitu busuk batang Phytophthora. Patogen penyebab busuk batang Phytophthora adalah *Phytophthora capsici* Leon. Patogen tersebut menyerang seluruh bagian tanaman cabai seperti akar, batang, daun dan buah.

Metode pengendalian kimiawi belum mampu mengendalikan busuk batang Phytophthora. Varietas tahan *P. capsici* merupakan solusi alternatif untuk mencegah penurunan hasil akibat penyakit busuk

batang Phytophthora. Sampai saat ini, belum ada varietas cabai yang memiliki produksi yang tinggi dan tahan terhadap *P. capsici*. Oleh karena ini, pemulia berpeluang merakit tanaman cabai tahan dan produksi yang tinggi melalui proses persilangan antara tanaman cabai rentan tetapi memiliki produksi tinggi dengan tanaman cabai tahan *P. capsici*.

Kegiatan introgresi atau penggabungan gen pengendali sifat tertentu dalam satu individu terjadi melalui proses persilangan. Genotip tahan menjadi penentu kecepatan introgresi untuk memperoleh varietas tahan. Selain itu, kepekaan dari tetua rentan juga menentukan kecepatan introgresi. Menurut Walker dan Bosland (1999), semakin tinggi tingkat kerentanan dari suatu tetua, maka diperlukan tetua tahan dengan tingkat ketahanan lebih tinggi.

CM334 adalah aksesori tahan yang paling banyak digunakan peneliti untuk mengintrogresi ketahanan *P. capsici*. Sementara, CJ19 merupakan aksesori cabai dengan ketahanan terhadap *P. capsici* yang paling rendah. Nilai *Relative Area Under Disease Progress Curve* (RAUDPC) digunakan untuk menggambarkan tingkat ketahanan dan kerentanan tanaman cabai terhadap *P. capsici*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang efektivitas persilangan dari beberapa tetua rentan maupun tetua tahan yang akan digunakan dalam introgresi sifat ketahanan terhadap *P. capsici*.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2017 hingga Oktober 2017 di Kebun Percobaan PT BISI International Tbk, Ngroto, Pujon, Malang dengan ketinggian 1050 mdpl. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah seperangkat alat polinasi, alat tulis, dan kamera. Bahan yang digunakan adalah pupuk AB-Mix, pestisida, dan bahan tanam berupa dua aksesori rentan haploid ganda yaitu TB1.10.2.27 dan CJ19 dari PT BISI International Tbk serta tiga aksesori tahan yaitu CM334 dari AVRDC - The World Vegetable Center, PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 dari hasil induksi haploid

ganda PI 201238 dari PT BISI International Tbk. dan inokulum *P. capsici* yang berasal dari koleksi dari Torong, Desa Tawang Sari, Kecamatan Pujon, Malang.

Persilangan ini menggunakan persilangan bolak-balik atau resiprok antara tetua tahan CM334, PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 dengan tetua rentan TB1.10.2.27 dan CJ19 yang ditunjukkan pada Tabel 1. Setiap kombinasi persilangan diwakili oleh 3 tanaman. Setiap tanaman dipolinsi sebanyak 10 kali. Pengamatan dilakukan pada setiap individu tanaman. Variabel pengamatan persilangan meliputi keberhasilan persilangan, jumlah biji per kombinasi persilangan.

Skrining ketahanan dilakukan setelah mendapatkan generasi F1 dari hasil persilangan. Skrining ketahanan dilakukan untuk mengukur tingkat ketahanan generasi F1 dengan tetuanya. Sampel skrining ketahanan menggunakan tetua dan generasi F1. Skrining ketahanan dilakukan pada fase bibit (± 30 hari setelah semai) atau bibit cabai yang telah berdaun 6-8 dengan menginfestasi 5 mL inokulum *P. capsici* berkepadatan 2×10^3 zoospora.mL⁻¹, sehingga kepadatan sebesar 1×10^4 zoospora.mL⁻¹ pada masing-masing bibit tanaman cabai.

Tabel 1. Daftar kode dan kombinasi persilangan antar tetua

Kode Persilangan	Tetua Betina
	Tetua Jantan
F1(C34xTB1)	C34 x TB1
F1(C34xC19)	C34 x C19
F1(PR1xTB1)	PR1 x TB1
F1(PR1xC19)	PR1 x C19
F1(PR2xTB1)	PR2 x TB1
F1(PR2xC19)	PR2 x C19
F1(TB1xC34)	TB1 x C34
F1(TB1xPR1)	TB1 x PR1
F1(TB1xPR2)	TB1 x PR2
F1(C19xC34)	C19 x C34
F1(C19xPR1)	C19 x PR1
F1(C19xPR2)	C19 x PR2

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19

Pengamatan skrining ketahanan dilakukan pada setelah 14 hari setelah inokulasi yang meliputi :

1. Persentase Kejadian Penyakit

Perbandingan jumlah bibit yang mati terhadap jumlah total bibit dikonversikan ke dalam persentase seperti berikut :

$$\% = \frac{\sum \text{Bibit mati}}{\sum \text{Bibit total}} \times 100\%$$

2. Keparahan Penyakit

Perbandingan panjang gosong terhadap tinggi batang bibit yang dikonversikan dalam persentase sebagai berikut :

$$\% = \frac{\sum \text{Panjang gosong}}{\sum \text{Tinggi bibit}} \times 100\%$$

Kriteria Ketahanan kejadian maupun keparahan penyakit ditentukan berdasarkan nilai persentase dalam Kim *et al.* (1989) sebagai berikut : 0% = Sangat Tahan; >0–10% = Tahan; >10–20% = Agak Tahan; >20–30% = Agak Rentan; >30–50% = Rentan; >50% = Sangat Rentan.

3. Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) dan Relative Area Under Disease Progress Curve (RAUDPC)

Nilai AUDPC dihitung menggunakan rumus dari Shaner dan Finney (1977), sebagai berikut :

$$\text{AUDPC} = \sum_i^n \left[\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right] \times (t_{i+1} - t_i)$$

di mana:

- y_i = kejadian penyakit pada waktu t_i
- y_{i+1} = kejadian penyakit pada waktu t_{i+1}
- t_i = waktu (hari) pengamatan ke- i

Nilai RAUDPC dihitung menggunakan rumus dari Fry (1978), sebagai berikut:

$$\text{RAUDPC} = \frac{\text{AUDPC}}{t_i}$$

RAUDPC = kejadian penyakit
 t_i = waktu (hari) dari mulai inokulasi hingga bibit mati

5. Heterosis dan Heterobeltiosis

Mid-Parent Heterosis (MPH) dan *High-Parent Heterosis* (HPH) atau heterobeltiosis diduga dengan rumus dari Hallauer *et al.* (2010) sebagai berikut :

$$\text{MPH} = \frac{\mu_{F_1} - \mu_{MP}}{\mu_{MP}} \times 100\%$$

di mana :

μ_{F_1} = nilai rerata contoh F1
 μ_{MP} = nilai rerata contoh *mid-parent* dari kedua tetua

$$\text{HPH} = \frac{\mu_{F_1} - \mu_{HP}}{\mu_{HP}} \times 100\%$$

di mana :

μ_{F_1} = nilai rerata contoh F1
 μ_{HP} = nilai rerata contoh tetua terbaik

Analisis uji t untuk membandingkan dua rerata pada setiap karakter. Pendugaan nilai t hitung dilakukan dengan menggunakan rumus Singh dan Chaudhary (1977) sebagai berikut :

$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

di mana, t_{hit} =nilai t hitung, \bar{x}_1 = nilai rerata contoh 1, \bar{x}_2 = nilai rerata contoh 2, n_1 = jumlah individu contoh 1, n_2 = jumlah individu contoh 2, s_1^2 =nilai varian contoh 1, s_2^2 =nilai varian contoh 2

Selain itu, untuk menduga pengaruh tetua betina (*maternal effect*) ditentukan menggunakan uji t dengan membandingkan rerata contoh F1 dan F1 resiprokal dengan menggunakan rumus Hallauer *et al.* (2010) sebagai berikut :

$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{x}_{F_1} - \bar{x}_{F_{1r}}}{\sqrt{\frac{s_{F_1}^2}{n_{F_1}} + \frac{s_{F_{1r}}^2}{n_{F_{1r}}}}}$$

di mana, t_{hit} =nilai t hitung, \bar{x}_1 = nilai rerata contoh 1, \bar{x}_2 = nilai rerata contoh 2, n_1 = jumlah individu contoh 1, n_2 = jumlah individu contoh 2, s_1^2 =nilai varian contoh 1, s_2^2 =nilai varian contoh 2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Persilangan

Persilangan dengan menggunakan tetua tahan sebagai tetua betina menghasilkan persentase keberhasilan yang rendah dari pada menggunakan tetua rentan sebagai tetua betina. Rerata keberhasilan persilangan dengan

menggunakan tetua rentan TB1.10.2.27 dan CJ19 sebagai tetua betina sebesar 27,8% dan 18,9% (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa tetua rentan lebih baik digunakan sebagai tetua betina. Tetua rentan memiliki respon stigma yang lebih baik sehingga lebih optimal dalam pembentukan buah (Ofosu-Anim *et al.*, 2006; Brown, 2007).

Sedangkan, rerata keberhasilan persilangan dengan menggunakan tetua tahan PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 sebagai tetua jantan sebesar 33,3% dan 30%. Rerata tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan rerata keberhasilan persilangan tetua tahan CM334 sebagai tetua jantan sebesar 6,7% (Tabel 3). Hasil tersebut juga berbanding lurus dengan rerata jumlah biji per kombinasi persilangan. Hal ini menunjukkan bahwa tetua tahan lebih efektif digunakan sebagai tetua jantan. Tetapi, tidak semua tetua tahan bisa digunakan sebagai tetua jantan karena CM334 tetua dengan rerata keberhasilan persilangan dan jumlah biji yang rendah. Rendahnya keberhasilan persilangan tetua jantan CM334 diduga disebabkan oleh viabilitas polen yang rendah karena terpengaruhi oleh tingginya kebugaran tanaman terhadap suatu penyakit sehingga mengurangi fungsi reproduksi (Pickersgils, 1993; Simms dan Triplett, 1994; Burdon dan Thrall, 2003; Richins *et al.*, 2010)

Sementara itu, kombinasi persilangan yang menggunakan tetua betina TB1.10.2.27 dan CJ19 dengan tetua jantan PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 menghasilkan keberhasilan persilangan dan jumlah biji yang tinggi sehingga dikatakan efektif. Tabel 4 menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang nyata pada keberhasilan persilangan TB1.10.2.27 x PR10.3.3.6 dengan TB1.10.2.27x PR10.3.4.24 dan CJ19 x PR10.3.3.6 dengan CJ19 x PR10.3.4.24 sehingga persilangan tersebut dapat digunakan untuk pengembangan varietas tahan. Kombinasi persilangan tersebut juga mengindikasikan bahwa tetua rentan sebagai tetua betina mempengaruhi nilai keberhasilan persilangan. Tetua rentan sebagai tetua betina memiliki responsivitas stigma yang tinggi sehingga berpengaruh pada hasil buah. (Ofosu-Anim *et al.*, 2006)

Tabel 2. Keberhasilan persilangan pada kategori tetua betina

Kombinasi Persilangan	Keberhasilan Persilangan (%)	Jumlah biji
C34 x TB1	13,3	106
C34 x C19	10,0	60
Rerata Betina C34	11,7	83
PR1 x TB1	13,3	251
PR1 x C19	6,7	98
Rerata Betina PR1	10,0	175
PR2 x TB1	6,7	64
PR2 x C19	3,3	59
Rerata Betina PR2	5,0	62
TB1 x C34	6,7	144
TB1 x PR1	36,7	1241
TB1 x PR2	40,0	1010
Rerata Betina TB1	27,8	798
C19 x C34	6,7	46
C19 x PR1	30,0	1206
C19 x PR2	20,0	620
Rerata Betina C19	18,9	624

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19

Tabel 3. Keberhasilan persilangan pada kategori tetua jantan

Kombinasi Persilangan	Keberhasilan Persilangan (%)	Jumlah biji
TB1 x C34	6,7	144
C19 x C34	6,7	46
Rerata Jantan C34	6,7	95
TB1 x PR1	36,7	1241
C19 x PR1	30,0	1206
Rerata Jantan PR1	33,3	1224
TB1 x PR2	40,0	1010
C19 x PR2	20,0	620
Rerata Jantan PR2	30,0	815
C34 x TB1	13,3	106
PR1 x TB1	13,3	251
PR2 x TB1	6,7	64
Rerata Jantan TB1	11,1	140
C34 x C19	10,0	60
PR1 x C19	6,7	98
PR2 x C19	3,3	59
Rerata Jantan C19	6,7	72

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19

Tabel 4. Analisis Uji t keberhasilan persilangan dan jumlah biji per kombinasi persilangan

Kombinasi Persilangan	Uji t	
	Keberhasilan Persilangan	Jumlah Biji
C34 x TB1 VS C34 x C19	1,000 ^{tn}	1,344 ^{tn}
PR1 x TB1 VS PR1 x C19	1,414 ^{tn}	2,412 [*]
PR2 x TB1 VS PR2 x C19	0,707 ^{tn}	0,074 ^{tn}
TB1 x C34 VS TB1 x PR1	-4,025 ^{**}	-5,580 ^{**}
TB1 x C34 VS TB1 x PR2	-5,657 ^{**}	-4,482 ^{**}
TB1 x PR1 VS TB1 x PR2	0,378 ^{tn}	0,917 ^{tn}
C19 x C34 VS C19 x PR1	-4,000 ^{**}	-4,795 ^{**}
C19 x C34 VS C19 x PR2	-5,000 ^{**}	-5,514 ^{**}
C19 x PR1 VS C19 x PR2	1,732 ^{tn}	2,296 [*]

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19 ; tn = tidak berbeda nyata, (*) = berbeda nyata, (**) = tidak berbeda sangat nyata.

Sedangkan pada Tabel 5 menunjukkan tidak terjadi perbedaan nyata pada jumlah biji persilangan yang menggunakan tetua rentan sebagai tetua betina dan tetua tahan sebagai tetua jantan. Hal ini mengindikasikan bahwa tetua jantan mempengaruhi jumlah biji tanaman. Tetua jantan mampu menghasilkan polen viabel yang baik sehingga membuahi lebih banyak

ovul dari tetua betina (Shivanna et al., 1991).

Skrining Ketahanan

Skrining ketahanan menunjukkan bahwa CM334 termasuk kriteria rentan, kriteria PR10.3.3.6 agak tahan dan kriteria PR10.3.4.24 sangat tahan. Hal ini menunjukkan bahwa CM334 lebih rentan

dari PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 (Tabel 6). Hasil tersebut bertentangan dengan hasil penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa CM334 adalah genotip tahan busuk batang *Phytophthora* (Candole dan Conner, 2010; Xu *et al.*, 2016). Sedangkan Hwang *et al.*, (1996) melaporkan bahwa PI 201238 yang merupakan galur asal dari PR10.3.3.6 dan PR10.3.4.24 mempunyai kriteria tahan terhadap busuk batang *Phytophthora*. Sementara itu, tetua TB1.10.2.27 maupun CJ19 memiliki kriteria ketahanan yang sama yaitu sangat rentan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua tetua tersebut membutuhkan donor ketahanan dengan tingkat ketahanan lebih tinggi (Susilo dan Sari, 2011). Namun, kedua tetua tersebut menunjukkan tingkat keparahan penyakit yang berbeda. Nilai keparahan penyakit CJ19 lebih tinggi dari TB1.10.2.27 sehingga CJ19 lebih rentan dari TB1.10.2.27 (Tabel 6).

Kecepatan introgresi dan penurunan nilai keparahan penyakit terbaik dari F1 dan F1 resiprokal ditunjukkan oleh F1(PR10.3.3.6 × TB1.10.2.27), F1(PR10.3.4.24 × TB1.10.2.27) dan F1(TB1.10.2.27 × PR10.3.4.24) (Tabel 6). Secara khusus, F1 (TB1.10.2.27 × PR10.3.4.24) adalah persilangan mempunyai ketahanan tinggi dan memiliki potensi jumlah biji tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa F1(TB1.10.2.27 × PR10.3.4.24) dianggap paling baik dari sisi keunggulan sifat agronomis dan ketahanan. Hal ini sejalan dengan pendapat Candole *et al.* (2012). bahwa kultivar tahan *P. capsici*

yang akan dirakit harus memiliki ketahanan yang tinggi serta sifat agronomis yang menguntungkan petani.

Pengaruh Tetua Betina

Hasil analisis menunjukkan bahwa F1(PR10.3.4.24×TB1.10.2.27) dan F1(TB1.10.2.27×PR10.3.4.24) menunjukkan bahwa tidak terjadi pengaruh tetua betina (Tabel 7). Apabila didasarkan pada kriteria efektivitas persilangan dan introgresi ketahanan, maka persilangan antara tetua rentan TB1.10.2.27, sebagai tetua betina, dengan tetua tahan PR10.3.4.24, sebagai tetua jantan, lebih layak untuk dipilih.

Apabila pewarisan ketahanan dikendalikan oleh gen di luar inti atau adanya pengaruh tetua betina (*maternal effect*) maka akan mempengaruhi pemilihan tetua sebagai tetua betina maupun jantan. Apabila terdapat pengaruh tetua betina, tetua tahan tidak dapat dijadikan sebagai tetua jantan karena karakter ketahanan tidak dapat diwariskan (Silfianah *et al.*, 2012)

Heterosis dan Heterobeltiosis

Nilai heterosis ketahanan yang diharapkan adalah nilai yang negatif karena semakin kecil nilai keparahan penyakit, maka akan semakin tahan genotip tersebut terhadap *P. capsici* (Irawati dan Sujiprihati, 2012). Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai heterosis negatif tinggi pada kategori tetua tahan sebagai tetua betina ditemukan pada

Tabel 5. Analisis uji t keberhasilan persilangan dan jumlah biji per kombinasi persilangan

Kombinasi Persilangan	Uji t	
	Keberhasilan Persilangan	Jumlah Biji
TB1 × C34 VS C19 × C34	0,707 ^{tn}	1,070 ^{tn}
TB1 × PR1 VS C19 × PR1	0,756 ^{tn}	0,117 ^{tn}
TB1 × PR2 VS C19 × PR2	3,464 ^{**}	1,965 ^{tn}
C34 × TB1 VS PR1 × TB1	0,000 ^{tn}	-3,105 [*]
C34 × TB1 VS PR2 × TB1	1,414 ^{tn}	0,950 ^{tn}
PR1 × TB1 VS PR2 × TB1	1,414 ^{tn}	3,902 ^{**}
C34 × C19 VS PR1 × C19	1,000 ^{tn}	-0,692 ^{tn}
C34 × C19 VS PR2 × C19	2,000 ^{tn}	0,016 ^{tn}
PR1 × C19 VS PR2 × C19	0,707 ^{tn}	0,494 ^{tn}

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19;
tn = tidak berbeda nyata, (*) = berbeda nyata, (**) = tidak berbeda sangat nyata.

Tabel 6. Hasil skrining ketahanan *P. capsici* pada tetua dan generasi F1

Generasi	Jumlah Individu	Kejadian Penyakit		Keparahan Penyakit
		%	Kriteria	RAUDPC
CM334	29	34	Rentan	0,27 ± 0,43
PR10.3.3.6	37	14	Agak Tahan	0,07 ± 0,18
PR10.3.4.24	38	0	Sangat Tahan	0,00 ± 0,00
TB1.10.2.27	36	97	Sangat Rentan	1,21 ± 1,05
CJ19	40	100	Sangat Rentan	3,26 ± 2,81
F1(C34×TB1)	29	41	Rentan	0,46 ± 0,63
F1(TB1×C34)	79	43	Rentan	0,73 ± 1,15
F1(PR×TB1)	76	24	Agak Rentan	0,15 ± 0,32
F1(TB1×PR1)	76	38	Rentan	0,50 ± 0,84
F1(PR2×TB1)	40	23	Agak Rentan	0,18 ± 0,38
F1(TB1×PR2)	77	29	Agak Rentan	0,22 ± 0,41
F1(C34×C19)	34	79	Sangat Rentan	1,47 ± 1,17
F1(C19×C34)	31	97	Sangat Rentan	3,32 ± 1,53
F1(PR1×C19)	87	89	Sangat Rentan	1,43 ± 0,87
F1(C19×PR1)	74	100	Sangat Rentan	2,26 ± 0,86
F1(PR2×C19)	40	80	Sangat Rentan	1,41 ± 1,10
F1(C19×PR2)	80	98	Sangat Rentan	1,64 ± 0,95

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19; RAUDPC = Relative Area Under Disease Progress Curve.

Tabel 7. Hasil uji t pendugaan pengaruh tetua betina berdasarkan ketahanan *P. capsici*

Generasi	Uji t
F1(C34×TB1) VS F1(TB1×C34)	-1,522 ^{tn}
F1(PR1×TB1) VS F1(TB1×PR1)	-3,414 ^{**}
F1(PR2×TB1) VS F1(TB1×PR2)	-0,489 ^{tn}
F1(C34×C19) VS F1(C19×C34)	-5,424 ^{**}
F1(PR1×C19) VS F1(C19×PR1)	-6,084 ^{**}
F1(PR2×C19) VS F1(C19×PR2)	-1,157 ^{tn}

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19; tn = tidak berbeda nyata, (*) = berbeda nyata, (**) = tidak berbeda sangat nyata.

Tabel 8. Heterosis dan Heterobeltiosis berdasarkan ketahanan *P. capsici*

Generasi	Mid Parent Heterosis (%)	High Parent Heterosis (%)
F1(C34×TB1)	-37,382	71,218
F1(TB1×C34)	-1,619	169,004
F1(PR1×TB1)	-76,682	122,388
F1(TB1×PR1)	-21,440	649,254
F1(PR2×TB1)	-69,967	∞
F1(TB1×PR2)	-63,861	∞
F1(C34×C19)	-16,534	443,911
F1(C19×C34)	88,109	1125,830
F1(PR1×C19)	-14,123	2032,836
F1(C19×PR1)	35,998	3277,612
F1(PR2×C19)	-13,366	∞
F1(C19×PR2)	0,981	∞

Keterangan : C34 = CM334, PR1 = PR10.3.3.6, PR2 = PR10.3.4.24, TB1 = TB1.10.2.27, C19 = CJ19.

F1(PR10.3.3.6×TB1.10.2.27) yaitu -76,682 dan F1(PR10.3.4.24×TB1.10.2.27) yaitu -69,967. Sementara, pada kategori tetua rentan sebagai tetua betina, nilai heterosis negatif tertinggi ditunjukkan oleh

F1(TB1.10.2.27×PR10.3.4.24) yaitu -63,861. Apabila efektivitas persilangan menjadi pertimbangan, maka persilangan antara TB1.10.2.27, sebagai tetua betina, dengan

PR10.3.4.24, sebagai tetua jantan, akan menjadi pilihan yang lebih baik.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa persilangan dengan menggunakan tetua rentan TB1.10.2.27 sebagai tetua betina dan tetua tahan PR10.3.4.24 sebagai tetua jantan dikatakan efektif karena mampu memperoleh biji dan buah dengan jumlah banyak, tidak memiliki pengaruh tetua betina dan mempunyai sifat heterosis terhadap ketahanan penyakit busuk batang *Phytophthora* sehingga kombinasi persilangan tersebut dapat digunakan sebagai bahan perakitan varietas tahan penyakit busuk batang *Phytophthora*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada PT BISI International Tbk yang telah memberikan bantuan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura. 2016.** Produksi, Luas Panen dan Produktivitas Sayuran di Indonesia Produktivitas (Ton/ Ha). Available at www.pertanian.go.id/Indikator/tabel-2-prod-lspn-prodvitas-horti.pdf.
- Brown, J.K.M. 2007.** Fitness costs of plant disease resistance. p. 1–11. *In* Wiley (ed.), *Encyclopedia of Life Sciences*. Revised. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- Burdon, J.J., and P.H. Thrall. 2003.** The fitness costs to plants of resistance to pathogens. *Genome Biology*. 4(9): 227.1-227.4.
- Candole, B.L., P.J. Conner, and P. Ji. 2010.** Screening *Capsicum annuum* accessions for resistance to six isolates of *Phytophthora capsici*. *Horticultural Science*. 45(2): 254–259.
- Candole, B.L., P.J. Conner, and P. Ji. 2012.** Evaluation of phytophthora root rot-resistant *Capsicum annuum* accessions for resistance to phytophthora foliar blight and phytophthora stem blight. *Journal of Agricultural Science*. 3(5): 732–737.
- Fry, W.E. 1978.** Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Journal of Phytopathology* 68(November): 1650–1655.
- Hallauer, A.R., M.J. Carena, and J.B. Miranda Filho. 2010.** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Springer New York, New York, NY.
- Hwang, B.K., Y.J. Kim, and C.H. Kim. 1996.** Differential interactions of *Phytophthora capsici* isolates with pepper genotypes at various plant growth stages. *Europe Journal Plant Pathology* 102(4): 311–316.
- Irawati, Y., S. Sujiprihati, and Widodo. 2012.** Pendugaan nilai daya gabung dan heterosis ketahanan tanaman cabai (*Capsicum annuum*) terhadap antraknosa. *Widyariset*. 15(3): 683–690.
- Kim, Y.J., B.K. Hwang, and K.W. Park. 1989.** Expression of age-related resistance in pepper plants infected with *Phytophthora capsici*. *Plant Disease*. 73(9): 745–747.
- Oelke, L.M., P.W. Bosland, and R. Steiner. 2003.** Differentiation of Race Specific Resistance to Phytophthora Root Rot and Foliar Blight in *Capsicum annuum*. *Journal of the America Society for Horticultural Science*. 128(2): 213–218.
- Oofosu-Anim, J., S.K. Offei, and S. Yamaki. 2006.** Pistil receptivity, pollen tube growth and gene expression during early fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*). *International Journal Agriculture and Biology*. 8(5): 576–579.
- Pickersgill, B. 1993.** Interspecific hybridization by sexual means. p. 63–78. *In* Hayward, M.D., Bosermark, N.O., Romagosa, I. (eds.), *Plant Breeding*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Richins, R.D., S. Micheletto, and M.A. O’Connell. 2010.** Gene expression profiles unique to chile (*Capsicum*

- annuum* L.) resistant to Phytophthora root rot. *Journal of Plant Science*. 178(2): 192–201.
- Shaner, G., and R.E. Finney. 1977.** The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Journal of Phytopathology* 77(8): 1051–1056.
- Shivanna, K.R., H.F. Linskens, and M. Cresti. 1991.** Pollen viability and pollen vigor. *Theoretical and Applied Genetics*. 81(1): 38–42.
- Silfianah, H., Z. Millah, and R.F. Yenny. 2012.** Pengaruh Tetua Betina Pada Pewarisan Ketahanan Cabai Terhadap Chili Veinal Mottle Virus Dalam Populasi Persilangan PBC495XPBC275. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(1): 43–47.
- Simms, E.L., and J. Triplett. 1994.** Costs and benefits of plant responses to disease: resistance and tolerance. *Evolution* (N. Y). 48(6): 1973.
- Singh, R.K., and B.D. Chaudhary. 1977.** Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publisher, New Dehli.
- Susilo, A.W., and I.A. Sari. 2011.** Respons ketahanan beberapa hibrida kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap serangan penyakit pembuluh kayu (*Vascular-streak Dieback*). *Pelita Perkebunan*. 27(90): 77–87.
- Walker, S.J., and P.. Bosland. 1999.** Inheritance of phytophthora root rot and foliar blight resistance in pepper. *Journal of the America Society for Horticultural Science*. 124(1): 14–18.
- Xu, X., J. Chao, X. Cheng, R. Wang, B. Sun, H. Wang, S. Luo, X. Xu, T. Wu, and Y. Li. 2016.** Mapping of a novel race specific resistance gene to phytophthora root rot of pepper (*Capsicum annuum*) using bulked segregant analysis combined with specific length amplified fragment sequencing strategy. *PLoS One* 11(3): 1–13.