

Penapisan Ketahanan Galur Tomat terhadap *Tomato chlorosis crinivirus*

Screening for Resistance of Tomato Lines Against *Tomato chlorosis crinivirus*

Denih Wahyudin, Tri Asmira Damayanti*, Kikin Hamzah Mutaqin
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Tomato chlorosis crinivirus (ToCV) diketahui berasosiasi dengan penyakit kuning pada tanaman tomat. Infeksi *Crinivirus* menunjukkan peningkatan di beberapa daerah di Jawa Barat saat ini. Tersedianya varietas tomat tahan akan menjadi cara efektif dalam pengelolaan penyakit virus, namun perlu upaya mencari sumber ketahanan tanaman terhadap infeksi virus. Penelitian bertujuan menentukan tingkat ketahanan 12 galur tomat terhadap infeksi ToCV. Tomat uji berumur 14 hari setelah pindah tanam diinokulasi dengan ToCV menggunakan 10 ekor kutukebul (*Trialeurodes vaporariorum*) viruliferus per tanaman. Pengamatan dilakukan terhadap peubah penyakit (periode inkubasi, insidensi dan keparahan penyakit, titer virus) dan peubah agronomi (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah dan bobot buah). Rata-rata periode inkubasi berkisar 9.4–13.5 hari, dan insidensi penyakit berkisar 90.9–100%. Gejala visual bervariasi dari klorosis ringan sampai sedang dan daun menggulung ke atas dengan skor keparahan penyakit berkisar 1.0–3.0. Titer virus diukur berdasarkan nilai absorbansi ELISA, yaitu berkisar 0.358–1.122. Secara umum, infeksi ToCV menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan jumlah daun, menghambat bobot dan jumlah buah berturut-turut sebesar 6.0–37.8%, 8.6–39.5%, 2.7–33.7% dan 7.0–25.5%. Berdasarkan peubah penyakit, respons galur tomat dapat dikategorikan rentan (BISILB#1029A, BISILB#22, dan BISILB#724B), moderat tahan (BISILB#825B, BISILB#60D, BISIKC#402, BISIKC#96D, dan BISILB#40I), dan tahan (BISILB#1372ORA, BISILB#703A, BISILB#703B, dan BISILB#724A). Namun, sifat ketahanan galur tomat tersebut tidak berkorelasi dengan kemampuan produksi tanaman. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan sifat ketahanan pada empat galur tersebut agar lebih adaptif terhadap faktor lingkungan budi daya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai tetua varietas tomat unggul tahan ToCV.

Kata kunci: *Crinivirus*, insidensi penyakit, keparahan penyakit, respons ketahanan,
Trialeurodes vaporariorum

ABSTRACT

Infection of *Tomato chlorosis crinivirus* (ToCV) has been reported involved in yellow disease of tomato. Recently, incidence of *Crinivirus* is increasing in tomato growing areas in West Java. Growing resistant tomato varieties will be effective for viral disease management, although finding resistance sources is quite a challenge. The aim of the study was to determine the resistance level of 12 tomato lines to ToCV infection. Fourteen days after transplanting, tomato lines were inoculated with ToCV using 10 viruliferous whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*). Observations were made on disease variables (incubation period, incidence and severity of disease, virus titer) and agronomic variables (plant height,

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalan Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: triadys@apps.ipb.ac.id

number of leaves, number and weight of fruits). The average incubation period ranged from 9.4–13.5 days, and disease incidence ranged from 90.9–100%. Visual symptoms varied from mild to moderate chlorosis and leaf curling with disease severity scores ranging from 1.0–3.0. Virus titers were measured based on ELISA's absorbance values, which ranged from 0.358 to 1.122. In general, ToCV infection inhibited plant growth and decreased leaf number, inhibited fruit weight and number i.e. 6.0–37.8%, 8.6–39.5%, 2.7–33.7%, and 7.0–25.5%, respectively. Based on disease assessment parameters, responses of tomato lines were categorized as susceptible (BISILB#1029A, BISILB#22, and BISILB#724B), moderate resistant (BISILB#825B, BISILB#60D, BISIIC#402, BISIIC#96D, and BISILB#40I), and resistant (BISILB#1372ORA, BISILB#703A, BISILB#703B, and BISILB#724A). However, the resistance trait showed no correlation with tomato yield. Therefore, it is necessary to improve the trait of four resistant genotype so that is more adaptive to cultivation environmental factors and can be utilized as the parent of elite ToCV-resistant tomato variety.

Keywords: Crinivirus, disease incidence, disease severity, resistance response, *Trialeurodes vaporariorum*

PENDAHULUAN

Penyakit kuning yang berasosiasi dengan infeksi *Tomato chlorosis virus* (ToCV; Closteroviridae: *Crinivirus*) merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman tomat terutama di daerah subtropik karena berpotensi menyebabkan penurunan produksi tomat secara nyata (Tzanetakis *et al.* 2013). Gejala khas infeksi ToCV berupa klorosis di antara tulang daun, terutama pada daun-daun tua; kadang-kadang disertai bercak nekrotik, daun melengkung ke atas, penebalan daun dan daun menjadi rapuh (Fajarfika *et al.* 2015; Mansila-Cordova *et al.* 2018; Amer *et al.* 2020). Berdasarkan pengamatan lapangan belum lama ini, infeksi *Crinivirus* menunjukkan peningkatan, dengan insidensi 10–30% pada pertanaman tomat di daerah Jawa Barat (Kabupaten Bandung Barat, Bandung, dan Garut). Sebelumnya, Nurulita dan Suastika (2013) melaporkan insidensi penyakit kuning pada tanaman tomat disebabkan oleh *Crinivirus*. Oleh karena itu, berbagai upaya diperlukan untuk mengatasi infeksi virus ini.

Virus ini merupakan *phloem-limited* virus yang ditularkan melalui serangga vektor kutukebul, yaitu *Trialeurodes vaporariorum*, *T. abutiloneus*, dan *Bemisia tabaci* (Orfanidou *et al.* 2016). Penularannya terjadi secara semi-persisten nonsirkulatif (Chen *et al.* 2016; Fiallo-Olive dan Navas-Castillo 2019). Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh ToCV perlu dilakukan melalui pendekatan

varietas tahan karena pengendalian vektor secara kimiawi tidak efektif (Tzanetakis *et al.* 2013). Beberapa penyakit pada tanaman tomat yang disebabkan oleh *Tomato mosaic virus* (ToMV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), dan *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) dikendalikan dengan penggunaan varietas tahan (Mansila-Cordova *et al.* 2018). Sampai saat ini belum diketahui adanya varietas lokal dan komersial yang tahan ToCV. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini menguji ketahanan 12 galur tomat terhadap infeksi ToCV.

BAHAN DAN METODE

Identifikasi, Pemeliharaan, dan Perbanyakan *T. vaporariorum*

Kutukebul *T. vaporariorum* diperoleh dari pertanaman tomat di Lembang, Jawa Barat. Imago kutukebul diidentifikasi dengan kunci identifikasi yang digunakan Martin (1987). Kutukebul yang telah diidentifikasi sebagai *T. vaporariorum* kemudian dipelihara pada daun tanaman kapas sehat dan dibiarkan sampai meletakkan telur, kemudian imago dimatikan. Nimfa yang dihasilkan akan berkembang menjadi imago baru yang merupakan imago bebas virus dan dapat digunakan sebagai serangga vektor.

Deteksi dan Perbanyakan Tanaman Sumber Inokulum Virus

Tanaman tomat dengan gejala kuning diperoleh dari Lembang, Jawa Barat. Infeksi

ToCV, *Tomato infectious chlorosis virus* (TiCV), dan *Begomovirus* pada tanaman tersebut dideteksi dengan metode RT-PCR/PCR menggunakan primer spesifik ToCV dan TiCV (Nurulita dan Suastika 2013) dan primer universal *Begomovirus* pAL1v1978/pAR1c715 (Rojas *et al.* 1993). Sampel tanaman tomat yang positif terinfeksi ToCV, tetapi negatif TiCV dan *Begomovirus*, dipilih untuk diperbanyak sebagai sumber inokulum. Inokulum ToCV selanjutnya diperbanyak pada tomat varietas Ovation yang dipelihara dalam sungkup kotak kedap serangga.

Persiapan Tanaman Uji dan Penularan Virus

Sebanyak 12 galur tomat hasil persilangan diuji ketahanannya terhadap infeksi ToCV. Adapun galur yang digunakan terdiri atas galur *determinate*, yaitu BISILB#825B, BISILB#60D, BISILB#1372ORA, BISIKC#402, dan BISIKC#96D dan galur *indeterminate*, yaitu BISILB#40I, BISILB#1029A, BISILB#22, BISILB#724A, BISILB#724B, BISILB#703A, dan BISILB#703B. Tomat ditanam sesuai dengan cara bertanam yang digunakan oleh PT. BISI International T.Bk. dan bibit dipelihara dalam rumah kaca kedap serangga sampai siap diinokulasi.

Penularan virus menggunakan 10 ekor viruliferus kutukebul per tanaman (Orfanidou *et al.* 2016). Setiap galur yang diuji terdiri atas 12 tanaman sebagai ulangan.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap waktu inkubasi, insidensi dan keparahan penyakit, tipe gejala, dan titer virus berdasarkan *double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay* (DAS-ELISA) mengikuti protokol yang disediakan produsen antiserum (DSMZ, Jerman). Sampel dinyatakan positif jika nilai absorbansi ELISA (NAE) pada panjang gelombang 405 nm lebih besar atau sama dengan dua kali NAE kontrol sehat.

Pengamatan waktu inkubasi dilakukan sejak tanaman diinokulasi sampai tanaman menunjukkan gejala. Pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, insidensi, dan keparahan penyakit diamati pada empat minggu setelah

inokulasi virus (MSI). Insidensi penyakit (IP) dihitung menggunakan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman sakit dan N, jumlah seluruh tanaman yang diamati.

Skor keparahan penyakit mengikuti Garcia-Cano *et al.* (2010), yaitu 0, tanaman tidak menunjukkan gejala virus; 1, menguning antara tulang daun, bercak nekrotik merah dan cokelat, 20% daun menggulung ke atas; 2, menguning di antara tulang daun, bercak nekrotik merah dan cokelat, 40% daun menggulung ke atas; 3, menguning di antara tulang daun, bercak nekrotik merah dan cokelat, 60% daun menggulung ke atas; 4, menguning di antara tulang daun, bercak nekrotik merah dan cokelat, 80% daun menggulung ke atas; 5, menguning di antara tulang daun, bercak nekrotik merah dan cokelat, 100% daun menggulung ke atas.

Indeks keparahan penyakit (IKP) dihitung pada empat MSI menggunakan rumus yang diadopsi dari Ntui *et al.* (2014):

$$IKP = \frac{\sum n^b}{(N-1)T} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman pada masing-masing skor; b, skor 0–5; N, banyaknya skor yang digunakan; dan T, jumlah tanaman yang diamati. Berdasarkan nilai IKP, respons tanaman dibedakan sebagai berikut: imun (IKP = 0), resisten (IKP < 2.5), moderat resisten/toleran (IKP 2.5–5.0), rentan (IKP 5.1–7.5) dan sangat rentan (IKP > 7.5).

Peubah agronomi yang diamati terdiri atas tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah dan bobot total buah per tanaman. Produksi tanaman dihitung sejak awal sampai akhir panen dengan interval pemanenan tiga hari. Tingkat hambatan relatif (THR) peubah agronomi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan bobot buah akibat infeksi ToCV ditentukan dengan rumus:

$$THR = \frac{a-b}{a} \times 100\%, \text{ dengan}$$

a, peubah tanaman sehat dan b, peubah tanaman sakit.

Data peubah agronomi ditabulasi dengan menggunakan *Microsoft Office Excel* dan

dianalisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan perangkat lunak STAR IRRI versi 2.1 dan uji lanjut Tukey pada taraf 5%.

HASIL

Inokulum ToCV

Crinivirus berhasil dideteksi dengan RT-PCR menggunakan primer spesifik ToCV dan TiCV. Sebanyak 8 dari 24 sampel menunjukkan positif terinfeksi ToCV (Gambar 1a. Lajur 1, 12, 17–20, 22, dan 24). Sampel tanaman tomat yang positif hanya terinfeksi ToCV, negatif terinfeksi TiCV dan *Begomovirus* diperbanyak sebagai inokulum untuk pengujian penapisan (Gambar 1a–b).

Gejala Infeksi ToCV, Insidensi, dan Keparahan Penyakit

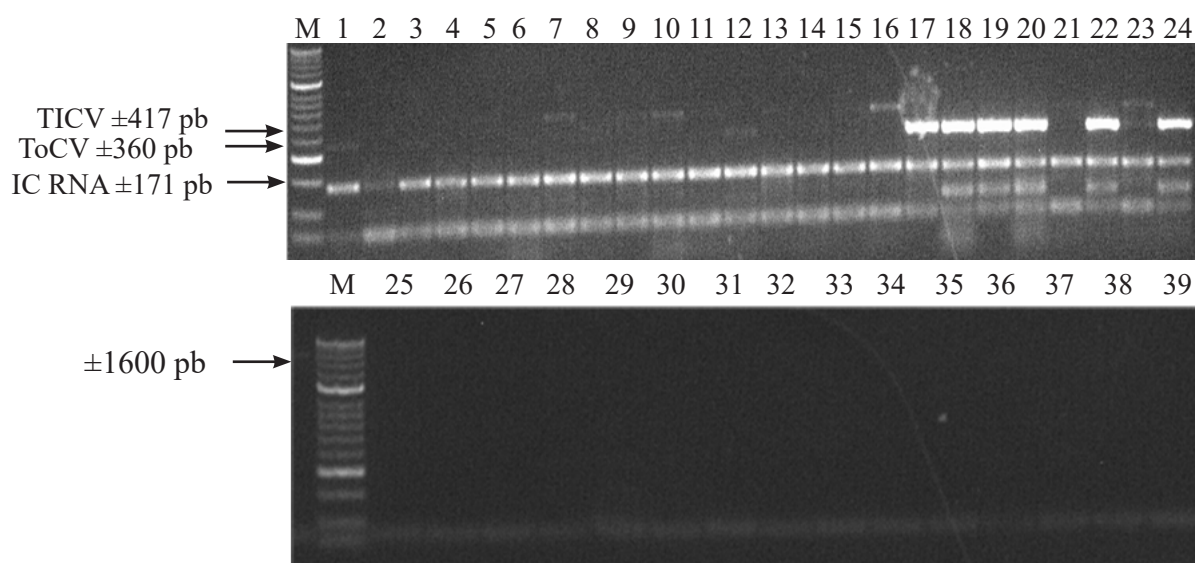
Gejala infeksi ToCV menunjukkan bervariasi antargalur. Gejala umum ialah klorosis ringan sampai sedang dan daun menggulung ke atas (Gambar 2). Gejala lanjut, seluruh permukaan tanaman menjadi klorosis, daun menjadi nekrotik, keunguan, serta terdapat variasi gejala pada tanaman. Namun, gejala tersebut bervariasi tipe dan intensitasnya bergantung pada galur tomat uji. Pada galur tomat BISILB#1372ORA, BISILB#703A, BISILB#703B, dan BISILB#724A, gejala yang

ditunjukkan ringan dibandingkan dengan galur tomat BISILB#1029A, BISILB#22, dan BISILB#724B (Tabel 1).

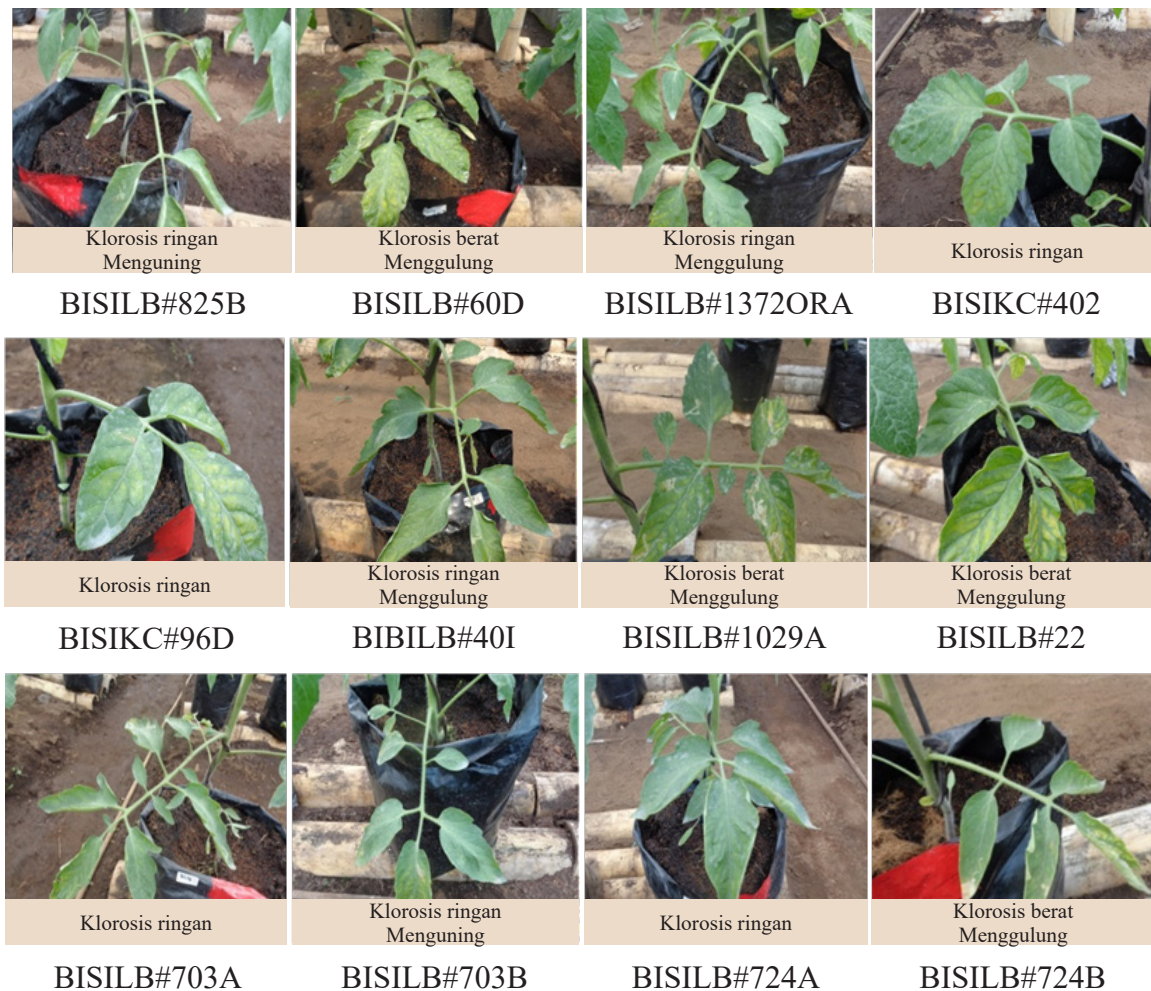
Insidensi penyakit tergolong tinggi, yaitu berkisar antara 90.9–100% walaupun terdapat perbedaan keparahan penyakit. Gejala paling parah ditunjukkan pada galur BISILB#1029A dan paling ringan pada galur BISILB#703B, masing-masing ditunjukkan oleh nilai KP dan IKP yang tertinggi dan terendah (Tabel 1). Nilai *optical density* ELISA (OD) juga menunjukkan hasil yang sama, yaitu OD tertinggi (1.122) dan terendah (0.358) ditunjukkan berturut-turut oleh galur BISILB#1029A dan BISILB#703B. Dengan demikian, nilai KP dan IKP berbanding lurus dengan NAE.

Pengelompokan Respons Galur Tomat Uji terhadap Infeksi ToCV

Respons 12 galur tomat terhadap infeksi ToCV dapat dikelompokkan berdasarkan peubah penyakit (periode inkubasi, indeks keparahan penyakit, dan nisbah NAE). Galur-galur BISILB#1029A, BISILB#22, dan BISILB#724B tergolong rentan; BISILB#825B, BISILB#60D, BISILC#402, BISILC#96D, dan BISILB#40I tergolong moderat tahan; dan BISILB#1372ORA, BISILB#703A, BISILB#703B, dan BISILB#724A tergolong tahan (Tabel 2).



Gambar 1 Visualisasi DNA hasil amplifikasi sampel tanaman dari lapangan menggunakan primer spesifik TICV dan ToCV (lajur 1–24) dan primer universal *Begomovirus* (lajur 25–39). M, penanda DNA 50 pb; dan IC, kontrol internal.



Gambar 2 Gejala infeksi ToCV pada empat minggu setelah inokulasi pada 12 galur tomat uji.

Pengaruh Infeksi ToCV terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat

Infeksi ToCV pada 12 galur tomat menyebabkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan bobot buah lebih rendah dibandingkan dengan tanaman kontrol sehat (data tidak ditampilkan). Penghambatan peubah agronomi yang signifikan dapat terjadi karena hilangnya area fotosintesis akibat gejala klorosis yang ditimbulkan oleh infeksi ToCV (Fiallo-Olive dan Navas-Castillo 2019).

Tingkat hambatan relatif (THR) tinggi tanaman berkisar 6.0–37.8% dengan penghambatan tertinggi dan terendah berturut-turut pada galur BISILB#825B dan BISIKC#96D. Tingkat hambatan relatif jumlah dan bobot buah berturut-turut berkisar 2.7–33.7% dan 7.0–25.5% dengan penghambatan tertinggi dan terendah berturut-turut pada galur BISIKC#96D dan BISILB#703B (Tabel 3).

Persentase THR tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah dan bobot buah menunjukkan bervariasi dan menunjukkan tidak selaras dengan kategori ketahanan galur berdasarkan peubah penyakit (Tabel 3). THR bobot dan jumlah buah menunjukkan variasi yang tinggi dan tampaknya tidak berhubungan dengan respons ketahanan galur uji. Hasil uji korelasi mengonfirmasi bahwa korelasi antara peubah penyakit dan produksi tomat (bobot dan jumlah buah) sangat rendah ($R^2 = 0.16$).

PEMBAHASAN

Varietas tahan merupakan komponen yang menentukan keberhasilan pengelolaan suatu penyakit. Informasi tentang ketahanan galur tomat terhadap penyakit kuning oleh ToCV sangat diperlukan, untuk mendapatkan donor gen dalam perakitan varietas unggul yang tahan virus.

Tabel 1 Rata-rata periode inkubasi (PI), insidensi penyakit (IP), keparahan penyakit (KP), indeks keparahan penyakit (IKP), nilai absorbansi ELISA (NAE) dan gejala pada galur tomat yang diinokulasi ToCV

Galur Tomat	PI (HSI)	IP (%)	KP	IKP	NAE ¹	Nisbah NAE sampel/Kontrol negatif	Gejala Penyakit ²
<i>Galur determinate</i>							
BISILB#825B	12.10	91.67	2.42	2.68	0.672±0.22	3.482	KR, Mka
BISILB#60D	10.42	100.00	2.50	4.20	0.733±0.24	3.798	KS, Mka
BISILB#1372ORA	12.17	100.00	1.08	0.22	0.424±0.04	2.197	KR
BISIKC#402	12.33	100.00	2.33	2.90	0.659±0.23	3.415	KR
BISIKC#96D	11.75	91.67	2.25	2.68	0.549±0.04	2.845	KR
<i>Galur indeterminate</i>							
BISILB#40I	12.09	90.91	2.45	2.93	0.626±0.22	3.244	KR, Mka
BISILB#1029A	9.42	100.00	3.00	28.80	1.122±0.73	5.813	KS, Mka
BISILB#22	9.50	91.67	2.58	12.22	0.966±0.46	5.005	KS, Mka
BISILB#703A	12.50	100.00	1.64	0.96	0.434±0.16	2.249	KR, Mka
BISILB#703B	13.50	100.00	1.00	0.20	0.358±0.09	1.855	KR
BISILB#724A	12.18	100.00	1.82	1.50	0.486±0.14	2.518	KR, Mka
BISILB#724B	11.33	100.00	2.67	8.80	1.010±0.46	5.233	KS, Mka

¹Deteksi dengan ELISA dinyatakan positif jika NAE sampel 2 kali NAE kontrol negatif; NAE Kontrol negatif 0.191, uji positif jika NAE ≥ 0.382.

²Gejala: KR, klorosis ringan; KS, klorosis sedang; Mka, daun menggulung ke atas.

Tabel 2 Respons 12 galur tomat terhadap infeksi ToCV

Galur Tomat	PI ¹	IKP ²	Nisbah NAE sampel/ Kontrol negatif ³	Respons
<i>Galur determinate</i>				
BISILB#825B	+	++	++	Moderat Tahan
BISILB#60D	++	++	++	Moderat Tahan
BISILB#1372ORA	+	+	+	Tahan
BISIKC#402	+	++	++	Moderat Tahan
BISIKC#96D	++	++	+	Moderat Tahan
<i>Galur indeterminate</i>				
BISILB#40I	+	++	++	Moderat Tahan
BISILB#1029A	++	+++	+++	Rentan
BISILB#22	++	+++	+++	Rentan
BISILB#703A	+	+	+	Tahan
BISILB#703B	+	+	+	Tahan
BISILB#724A	+	+	+	Tahan
BISILB#724B	++	+++	+++	Rentan

¹PI: +, gejala muncul lebih dari 12 hari; ++, gejala muncul pada 7–12 hari; +++, gejala muncul kurang dari 7 hari.

²IKP: +, < 2.5 (tahan); ++, 2.5–5.0 (moderat tahan); +++, 5.1–7.5 (rentan).

³Nisbah NAE sampel/kontrol negatif: +, 2 < x < 3 kali kontrol negatif; ++, 3 < x < 5 kali kontrol negatif; +++, x > 5 kali kontrol negatif.

Tabel 3 Pengaruh infeksi ToCV terhadap tingkat hambatan relatif tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan bobot buah

Galur Tomat	Tingkat hambatan relatif (%)			
	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Jumlah buah	Bobot buah
<i>Galur determinate</i>				
BISILB#825B	37.8a	39.5a	18.8bc	20.7abc
BISILB#60D	20.1bc	23.6bcde	9.1cde	18.6abcd
BISILB#1372ORA	21.1bc	28.7bc	25.3ab	21.8ab
BISIKC#402	25.6bc	19.7cde	13.4cd	19.5abc
BISIKC#96D	6.0d	8.6f	33.7a	25.5a
BISILB#40I	27.3ab	32.1ab	11.3cde	9.3cd
<i>Galur indeterminate</i>				
BISILB#1029A	16.7bcd	20.4cde	5.2de	16.4abcd
BISILB#22	20.1bc	14.8def	3.9e	21.5ab
BISILB#703A	15.3cd	12.9ef	8.0de	7.5d
BISILB#703B	24.3bc	25.0bcd	2.7e	7.0d
BISILB#724A	23.9bc	21.3cde	6.6de	13.8bcd
BISILB#724B	22.4bc	19.8cde	7.8de	15.8abcd

*Rata-rata pada kolom yang sama yang diikuti huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Tukey pada taraf α 5%.

Berdasarkan hasil penelitian, perbedaan genetik diduga berperan dalam ketahanan setiap galur yang akan berpengaruh pada kemampuan virus menginfeksi serta memperbanyak diri dalam jaringan tanaman inang. Respons inang juga dipengaruhi kesiapan tanaman untuk menerima virus dan membantu perbanyakan virus dalam jaringan tanaman (Hull 2014).

Semua galur tomat uji menunjukkan tidak tahan terhadap infestasi *T. vaporariorum* (IP 90.9–100%). Pada *Solanum pimpinellifolium* (*currant tomato*-tomat kismis) dengan trikoma daun tipe IV yang memproduksi *acylsugars* menunjukkan tahan terhadap serangan *B. tabaci* (Rodriguez-Lopez *et al.* 2011; Firdaus *et al.* 2012). Tanaman tomat dengan *acylsugars* tinggi menyebabkan oviposisi kutukebul yang lebih rendah dan jumlah nimfa yang lebih sedikit dibandingkan dengan genotipe dengan kandungan *acylsugars* yang rendah (Neiva *et al.* 2018). Tomat yang tahan *B. tabaci*, memproduksi *acylsugars* secara efektif mampu mengendalikan penyebaran ToCV dibandingkan dengan galur yang hampir isogenik tanpa trikoma tipe IV dan sekresi *acylsugars* (Fortes *et al.* 2020). Perilaku makan utama kutukebul saat inokulasi virus tergantung pada aktivitas

stiletnya dalam sieve element (elemen tipis) (Maluta *et al.* 2017). Tomat dengan kandungan *acylsugars* tinggi memiliki trikoma "*sticky*" yang memengaruhi kutukebul saat makan inokulasi, sehingga menghambat penularan virus. Perlu diteliti lebih lanjut kandungan *acylsugars* pada keempat galur tahan untuk membuktikan hal ini. Penggunaan tomat tahan kutukebul atau tahan infeksi ToCV perlu dibuktikan mampu mengatasi penyakit kuning tomat. Alternatifnya, penggabungan ketahanan tomat terhadap kutukebul dengan virus akan menjadi cara yang menjanjikan untuk pengelolaan ToCV yang lebih efektif, berkelanjutan dan tahan lama (Mundt 2014).

Infeksi ToCV menyebabkan penghambatan tinggi tanaman pada semua galur yang diuji. Tanaman yang terinfeksi cenderung lebih pendek dibandingkan dengan tanaman kontrol. Dampak pertumbuhan tanaman yang terhambat karena infeksi ToCV berakibat pada persentase penurunan jumlah dan bobot buah yang bervariasi antargalur dengan kategori ketahanan yang berbeda. Perbedaan rata-rata tinggi tanaman tomat antara kultivar Margelobe dan kultivar Melka shola sebesar 7.9 cm, menyebabkan rata-rata bobot per 10 buah sebesar

1.54 kg dan 0.85 kg (Bailemi 2008). Hal ini menunjukkan bahwa kultivar yang berbeda pertumbuhannya, berdampak sangat berbeda terhadap produksi buah tomat walaupun ditumbuhkan pada lingkungan yang sama.

Selain itu, kualitas buah dan hasil panen tomat sangat dipengaruhi oleh iklim mikro tempat tumbuh. Tanaman tomat sensitif terhadap cahaya dan suhu udara rendah (Shamshiri *et al.* 2018). Rata-rata suhu harian 25–26 °C merupakan batas atas yang optimal untuk pembentukan buah dan hasil buah bagi tomat yang dibudidayakan pada tempat yang terlindungi saat musim panas. Penurunan suhu harian rata-rata 1–1.5 °C dengan kelembapan relatif 50–70% pada siang hari, akan meningkatkan viabilitas polen tomat (Harel *et al.* 2014).

Pada penelitian ini, rata-rata suhu rumah kaca sekitar 34.8 °C dan rata-rata kelembapan 80.5% pada siang hari. Pada masa pembungaan dan pembentukan buah suhu rata-rata rumah kaca sekitar 32.9 °C dan kelembapan 85.7%. Kondisi lingkungan tumbuh tomat uji yang tidak optimal berdampak pada semua peubah agronomi yang diamati.

Perbedaan produksi tomat kemungkinan dapat karena perbedaan tipe tumbuh tanaman tomat uji. Pada tipe *determinate* pertumbuhan tanaman tomat akan terhenti setelah masa pembungaan atau di akhir musim, sedangkan tipe *indeterminate* pertumbuhannya tidak terbatas walaupun tanaman sudah berbunga dan berbuah banyak. Tipe tomat *determinate* produksinya dalam waktu pendek sekaligus, sedangkan tipe *indeterminate* produksi tomat terus berlangsung dan buah matang agak terlambat. Hal ini menyebabkan THR jumlah dan bobot buah tomat tipe *determinate* cenderung lebih tinggi karena pertumbuhan tomat terhenti setelah panen, dibandingkan dengan tipe tomat *indeterminate* (Tabel 3).

Galur moderat tahan BISIKC#96D menunjukkan THR tinggi tanaman dan jumlah daun paling rendah, namun THR jumlah dan bobot buah cenderung paling tinggi (Tabel 3). Galur tahan BISILB#1372ORA menunjukkan THR tinggi tanaman dan jumlah daun tidak

berbeda dengan galur moderat tahan BISILB #60D, namun THR jumlah buah BISILB#60D nyata lebih rendah, dan THR bobot buah yang tidak berbeda nyata antara keduanya.

Pada keempat galur tahan, kecuali galur BISILB#703A, THR tinggi tanaman dan jumlah daun tidak berbeda nyata, namun THR jumlah buah dan bobot buah nyata lebih rendah dibandingkan dengan galur BISILB #1372ORA. Selanjutnya, THR peubah agronomi galur rentan BISILB#1029A, dan BISILB #724B tidak berbeda nyata dengan galur tahan BISILB#703A, BISILB#703B, dan BISILB #724A. THR jumlah buah galur BISILB#22 nyata lebih rendah dibandingkan dengan galur BISILB#1372ORA, namun THR bobot buah BISILB#22 tidak berbeda nyata dengan galur BISILB#1372ORA (Tabel 3). Hasil penelitian ini menunjukkan respons ketahanan terhadap ToCV tidak terkait langsung dengan pertumbuhan dan produksi tomat. Hal ini karena semua galur tomat uji menunjukkan respons yang bervariasi terhadap kondisi lingkungan tumbuh yang tidak optimal.

Hasil penelitian menunjukkan infeksi ToCV menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Hasil penapisan respons galur tomat uji berdasarkan pada peubah penyakit empat galur tahan ToCV, yaitu galur BISILB #1372ORA, BISILB#703A, BISILB#703B, dan BISILB#724A. Faktor lingkungan tumbuh sangat berpengaruh terhadap penurunan produksi tomat yang bervariasi antargalur. Namun, respons ketahanan terhadap infeksi ToCV tidak terkait langsung terhadap peubah agronomi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT BISI International T.Bk yang telah memberikan fasilitas dan dana penelitian serta beasiswa pendidikan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Amer MA, Ibrahim YE, Kheder AA, Hamed AH, Farrag AA, Al-Saleh MA. 2020.

- Confirmation incidence of *Tomato chlorosis virus* naturally infecting tomato crop in Egypt. *Intl J Agric Biol.* 23(5):963–969.
- Balemi T. 2008. Response of tomato cultivars differing in growth habit to nitrogen and phosphorus fertilizers and spacing on vertisol in Ethiopia. *Acta Agric Slovenica.* 91(1):103–119. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10014-008-0011-8>.
- Chen W, Hasegawa, Kaur DK, Kliot N, Pinheiro A, Luan PV, Fei JZ. 2016. The draft genome of whitefly *Bemisia tabaci* MEAM1, a global crop pest, provides novel insights into virus transmission, host adaptation, and insecticide resistance. *BMC Biol.* 14(1):1–15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12915-016-0321-y>.
- Fajarfika R, Hartono S, Sulandari S, Somowiyarjo S. 2015. Deteksi molekuler penyebab penyakit kuning (*Tomato chlorosis virus* dan *Tomato infectious chlorosis virus*) pada tanaman tomat. *JPTI.* 19(2):80–88. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.17250>.
- Fiallo-Olive E, Navas-Castillo J. 2019. *Tomato chlorosis virus*, an emergent plant virus still expanding its geographical and host ranges. *Mol Plant Pathol.* 20(9):1307–1320. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12847>.
- Firdaus S, van Heusden AD, Hidayati N, Supena EDJ, Richard G, Visser F, Vosman B. 2012. Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato wild relatives. *Euphytica.* 187:31–45. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0704-2>.
- Fortes IM, Fernandez-Munoz R, Moriones E. 2020. Host plant resistance to *Bemisia tabaci* to control damage caused in tomato plants by the emerging *Crinivirus Tomato chlorosis virus*. *Front Plant Sci.* 11:1–9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.585510>.
- García-Cano E, Navas-Castillo J, Moriones E, Fernández-Muñoz R. 2010. Resistance to *Tomato chlorosis virus* in wild tomato species that impair virus accumulation and disease symptom expression. *Phytopathology.* 100(6):582–592. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-6-0582>.
- Harel D, Fadida H, Slepoy A, Gantz S, Shilo K. 2014. The effect of mean daily temperature and relative humidity on pollen, fruit set and yield of tomato in commercial protected cultivation. *Agronomy.* 4(1):167–177. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy4010167>.
- Hull R. 2014. *Plant Virology.* Ed-5. Massachusetts (US): Elsevier Inc.
- Mansila-Cordova PJ, Bampi D, Rondinel-Mendoza NV, Melo PCT, Lourenco AL, Rezende JAM. 2018. Screening tomato genotypes for resistance and tolerance to *Tomato chlorosis virus*. *Plant Pathol.* 67(5):1–7. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12826>.
- Maluta NKP, Garzo E, Moreno A, Navas-Castillo J, Fiallo-Olive E, Spotti Lopez J. 2017. Stylet penetration activities of the whitefly *Bemisia tabaci* associated with inoculation of the crinivirus *Tomato chlorosis virus*. *J Gen Virol.* 98(6):1515–1520. DOI: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000783>.
- Martin JH. 1987. An Identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera, Aleyrodidae). *Trop Pest Manag.* 33(4):298–322. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09670878709371174>.
- Mundt CC. 2014. Durable resistance: a key to sustainable management of pathogens and pests. *Infect Genet Evol.* 27:446–455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.01.011>.
- Neiva IP, da Silva AA, Resende JF, de Castro Carvalho R, de Oliveira AMS, Maluf WR. 2018. Tomato genotype resistance to whitefly mediated by allelochemicals and Mi gene. *Chil J Agric Res.* 79(1):124–130. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000100124>.
- Nurulita S, Suastika G. 2013. Identifikasi *Tomato infectious chlorosis virus* dan *Tomato chlorosis virus* melalui Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction dan Analisis Sikuen Nukleotida. *J Fitopatol*

- Indones. 9(4):107–115. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.9.4.107>.
- Ntui VO, Kong K, Azadi P, Khan RS, Chin DP, Igawa T, Mii M, Nakamura I. 2014. RNAi-mediated resistance to *Cucumber mosaic virus* (CMV) in genetically engineered tomato. *Am J Plant Sci.* 5(5):554–572. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.55071>.
- Orfanidou CG, Pappi PG, Efthimiou KE, Katis NI, Maliogka VI. 2016. Transmission of Tomato chlorosis virus (ToCV) by *Bemisia tabaci* biotype Q and evaluation of four weed species as viral sources. *Plant Dis.* 100(10):2043–2049. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-16-0054-RE>.
- Rodriguez-Lopez MJ, Garzo E, Bonani JP, Fereres A, Fernandez-Munoz R, Moriones E. 2011. Whitefly resistance traits derived from the wild tomato *Solanum pimpinellifolium* affect the preference and feeding behavior of *Bemisia tabaci* and reduce the spread of *Tomato yellow leaf curl virus*. *Phytopathology.* 101(10):1191–1201. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-11-0028>.
- Rojas MR, Gilbertson RL, Russel DR, Maxwell DP. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Dis.* 77(4):340–347. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-77-0340>.
- Shamshiri SF, Jones JW, Thorp KR, Ahmad D, Che Man H, Taheri S. 2018. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. *Int Agrophys.* 32:287–302. DOI: <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0005>.
- Tzanetakis IE, Martin RR, Wintermantel WM. 2013. Epidemiology of criniviruses: an emerging problem in world agriculture. *Front Microbiol.* 4(119):1–15. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00119>.