Analisis penularan, ketahanan varietas cabai (Capsicum spp) dan identifikasi genetik DNA isolat hasil inokulasi PepYLCIV dengan serangga kutukebul di Sulawesi Tenggara

Analysis of transmission, resistance of chili varieties (Capsicum spp) and genetic identification of DNA isolates resulting from PepYLCIV inoculation with whitefly insects in Southeast Sulawesi

Catur Joko Widodo[1*], Kallis Amartani[2] dan Muhammad Taufik[2]
1,2 Fakultas Pertanian Universitas Lakidende, Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara
2 Fakultas Pertanian, Universitas Haluoleo Kendari, Sulawesi Tenggara
Coresponden Author: caturjokowidodo@gmail.com

Received: 10 Januari 2026; Accepted 1 Februari 2026; Published 01 Februari 2026

ABSTRACT

Analysis of transmission, resistance of chili varieties (*Capsicum* spp) and genetic identification of DNA isolates resulting from PepYLCIV inoculation with whitefly insects in Southeast Sulawesi. Disease PepYLCIV (*twin virus*) is a cause of disease in chili plants that can lead to crop failure. The objectives of this study were to examine the effectiveness and damage to chili plants due to PepYLCIV infection through whitefly insect transmission, to examine the resistance reactions of several chili varieties to PepYLCIV disease, and to genetically identify the DNA of PepYLCIV symptoms resulting from transmission by whitefly insect vectors. The study was conducted in (*screen house*) resistant to whitefly insects. The method used is a Randomized Block Design (RAK), the treatment in the transmission test is K0 = No inoculation of vector insects (control); K1 = Inoculation of one vector insect; K3 = Inoculation of three vector insects; K5 = Inoculation of five vector insects and the treatment in the resistance test of chili varieties, namely V1: Cayenne pepper variety Sret, V2: Curly chili variety Lado F1 and V3: Large chili variety Pilar F1 and each was given 5 whitefly insects from the propagation. Genetic identification of DNA PepYLCIV isolates resulting from transmission using PCR techniques. The results showed that 3 whitefly insects had effectively transmitted and caused damage to chili plants aged 3 MSI, but one insect could already cause symptoms; Cayenne pepper variety Sreet has a higher level of resistance compared to large red chili varieties Pil F1 and curly chili varieties Lado F1 and the isolate resulting from transmission and resistance was positively infected with PepYLCIV with a DNA fragment size of 580 bp
Keywords*: *Chili, DNA, resistance, whitefly, transmission, PepYLCIV

ABSTRAK

Analisis penularan, ketahanan varietas cabai (*Capsicum* spp) dan identifikasi genetik DNA isolat hasil inokulasi PepYLCIV dengan serangga kutukebul di Sulawesi Tenggara. Penyakit PepYLCIV (*virus gemini*) adalah penyebab penyakit pada tanaman cabai yang dapat menyebabkan gagal panen. Tujuan penelitian adalah mengkaji efektitas dan kerusakan tanaman cabai akibat infeksi PepYLCIV melalui penularan serangga kutukebul, mengkaji reaksi ketahanan beberapa varietas cabai terhadap penyakit PepYLCIV serta mengidentifikasi secara genetik DNA gejala PepYLCIV hasil penularan dengan serangga vektor kutukebul. Penelitian dilaksanakan di (*screen house*) kedap serangga kutukebul. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), perlakuan pada uji penularan yaitu K0 = Tanpa inokulasi serangga vektor (kontrol); K1 = Inokulasi satu serangga vector; K3 = Inokulasi tiga serangga vector; K5 = Inokulasi lima serangga vektor dan perlakuan pada uji ketahanan varietas cabaai,

yaitu V1 : Cabai rawit varietas Sret, V2 : Cabai keriting varietas Lado F1 dan V3 : Cabai besar varietas Pilar F1 dan msing-masing diberi 5 ekor serangga kutukebul hasil perbanyakan. Identifikasi genetik DNA isolat PepYLCIV hasil penularan menggunakan teknik PCR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 3 ekor serangga kutukebul telah efektif menularkan dan menyebabkan kerusakan pada tanaman cabai umur 3 MSI, namun satu ekor serangga sudah dapat menimbulkan gejala; Cabai rawit varietas Sreet memiiki tingkat ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan cabai merah besar varietas Pilar F1 dan cabai keriting varietas Lado F1 serta Isolat hasil penularan dan ketahanan positif terinfeksi PepYLCIV dengan ukuran fragmen DNA 580 bp

Kata Kunci: Cabai, DNA, ketahanan, kutukebul, penularan, PepYLCIV

Pendahuluan

Cabai merupakan tanaman hortikultura yang cukup penting, banyak ditanam oleh petani sehingga hampir dapat ditemui diberbagai tempat di Indonesia maupun di luar negeri. Cabai merupakan tanaman perdu dari famili Solanaceae dengan nama ilmiah Capsicum spp. Secara umum cabai digunakan untuk kebutuhan rumahtangga, bahan industri makan/obat-obatan maupun sebagai komoditi ekspor. Peningkatan produksi cabai terus dilakukan diberbagai daerah di Indonesia, termasuk di Sulawesi Tenggara.

PepYLCIV adalah penyebab penyakit dari golongan virus tanaman, yang dapat menginfeksi berbagai jenis tanaman budidaya maupun gulma, termasuk cabai (Sulandari et al. 2006; Wilisiani et al. 2014; Gaswanto et al. 2016). Penyakit PepYLCIV yang menyerang tanaman cabai pertama kali dilaporkan di Israel tahun 1964 (Brunt et al. 1998), PepYLCIV yang menyerang tanaman cabai tergolong dalam group *Pepper Yellow Leaf Curl Virus* (PepYLCV) dengan famili Geminiviridae (*International Commytte for Taxonomy of Virus* / ICTV (Fiallo-Olivé et al. 2021).

Di Indonesia penyakit PepYLCIV yang menyerang tanaman cabai pertama kali dilaporkan pada tahun 1999, di Jawa Barat (Hidayat et al. 1999), dengan istilah *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus (PepYLCIV)*, (ICTV. 2021), (Fiallo-Olivé et al. 2021). Penyakit ini kini telah menyebar diberbagai daerah di Indonesia seperti di Jawa dan Sumatera (Hidayat et al. 1999; Sulandari. 2004; Trisno et al. 2010, Kesumawati et al. 2019), di Maluku (Tuhumury. 2013), di Bali (Wiryangga et al. 2018) dan beberapa daerah lainnya. Kerusakan 100% pada cabai rawit di Jawa dan Sumatera (Fadhila et al. 2022).

Di Sulawesi Tenggara penyakit PepYLCIV pada tanaman cabai pertama kali dilaporkan di Kendari dan Kolaka Timur (Taufik et al. 2018). Gejala pada tanaman cabai terus bertambah seiring dengan perluasan penanaman cabai di lapangan. Penyebaran penyakit PepYLCIV di lapangan hanya ditentukan oleh serangga vektor kutukebul (B tabaci) (Ghosh et al. 2019; Pinheiro-Lima et al. 2020). Pengendalian populasi serangga vektor kutukebul di sekitar pertanaman cabai penting untuk mengurangi tanaman terinfeksi. Satu ekor serangga yang viruliferous mampu menimbulkan infeksi baru dan efisien dalam penularan. Penularan akan meningkat dengan bertambahnya jumlah populasi serangga vektor dan waktu akuisisi serangga ke tanaman (Hidayat. 2003).

Suatu varietas tanaman disebut tahan terhadap serangan patogen tertentu apabila varietas tersebut mempunyai ketahanan yang lebih tinggi dari pada varietas yang lain. Tingkat ketahanan dan kerentanan bervariasi karena adanya pengaruh lingkungan dan ras patogen. Varietas yang mempunyai ketahanan sedang menunjukkan kerentanan yang tinggi jika diserang patogen virulen dan cukup tahan jika diserang patogen yang virulensinya rendah (Semangun.1996). efektifitas serangga vektor kutukebul dalam infeksi PepYLCIV pada pertanaman cabai di Sulawesi Tenggara hingga kini belum banyak laporan, sehingga perlu dilakukan uji penularan serangga vector kutukebul asal Sulawesi Tenggara

Metode Penelitian

Uji penularan PepYLCIV serangga kutukebul

Penelitian dilaksanakan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK), menggunakan tanaman cabai rawit varietas *Sreet* terdiri dari 4 perlakuan. Setiap perlakuan terdiri 5 tanaman dan dikelompokkan dalam 5 kelompok. Total terdapat 100 tanaman. Tanaman diatur sedemikian rupa sesuai kaidah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan tersebut yaitu :

K0 = Tanpa inokulasi serangga vektor (kontrol)
K1 = Inokulasi satu serangga vektor
K3 = Inokulasi tiga serangga vektor
K5 = Inokulasi lima serangga vektor

Uji Ketahanan varietas cabai

Uji ketahanan menggunakan 3 varietas cabai yang berbeda dan masing-masing diinokulasi PepYLCIV dengan 5 ekor serangga kutukebul hasil *rearing*. Setiap perlakuan terdiri 5 tanaman dan dikelompokkan dalam 6 kelompok. Total terdapat 90 tanaman, perlakuan tersebut, yaitu :

V1 : Cabai rawit varietas Sret
V2 : Cabai keriting varietas Lado F1
V3 : Cabai besar varietas Pilar F1

Rearing serangga kutukebul dan perbanyakan sumber inokulum

Sumber inokulum PepYLCIV diperoleh dari tanaman cabai yang menunjukkan gejala daun keriting kuning yang berasal dari lapangan di Desa Wolasi Kabupaten Konawe Selatan. Perbanyakan serangga vektor kutukebul dilakukan bertujuan untuk mendapatkan serangga kutukebul murni yang bebas virus, selain PepYLCIV. Berikut adalah alur atau tahapan perbanyakan serangga kutukebul (*rearing*) dalam kotak kedap serangga, yaitu: tahap pertama: koleksi serangga kutukebul yang berasal dari pertanaman cabai bergejala daun keriting kuning yang diperoleh di lapangan, tahap kedua: Serangga tersebut, dipelihara dan diperbanyak dalam kotak (kedap serangga) berukuran lebar 60 cm dan tinggi 100 cm yang berisikan tanaman cabai sehat. Untuk menghindari kontaminasi dengan virus lain, serangga kutukebul tersebut dipelihara hingga melewati siklus hidupnya selama 2 - 3 minggu, (Hirano *et al.* 1993) dan tahap ketiga : Serangga muda dan telur yang masih berada dalam kotak tersebut, kemudian dipindahkan ke dalam kotak lain yang berisikan inang cabai bergejala PepYLCIV. Serangga dewasa (imago) hasil dari perbanyakan (*rearing*) dipelihara hingga mencukupi jumlah kebutuhan dalam penelitian, kemudian serangga-serangga tersebut dapat digunakan sebagai vektor penularan PepYLCIV.

Inokulasi PepYLCIV dan periode akuisisi serangga vektor kutukebul

Inokulasi PepYLCIV dilakukan setelah satu minggu pindah tanam ke polibag atau setelah tanaman cabai terbentuk dua daun sempurna. Inokulasi PepYLCIV dilakukan dengan memasukkan serangga vektor kutukebul hasil perbanyakan *'rearing'* tersebut diatas. Tanaman cabai diinokulasi dengan (1 ekor/tanaman, 3 ekor/tanaman dan 5 ekor/tanaman). Setelah tanaman cabai diinokulasi PepYLCIV, selanjutnya tanaman cabai disungkup rapat dengan kain kasa dan diberi periode akusisi. Periode akuisisi adalah periode makan serangga vektor pada tanaman (inang), diharapkan serangga-serangga kutukebul setelah memakan inang pada tanaman yang bergejala dapat menularkan virus. Periode akuisisi serangga vektor ditentukan 48 jam. Setelah melewati periode akuisisi, serangga vektor kutukebul tersebut dimatikan dengan cara disemprot insektisida sintetik berbahan aktif *Profenofos* 500EC.

Persiapan Benih dan pemeliharaan tanaman cabai

Benih cabai yang digunakan dalam uji penularan PepYLCIV dengan serangga vektor adalah cabai rawit kultivar Cakra Putih Cap Kapal Terbang. Benih cabai terlebih dahulu disemaikan pada media rockwoll, setelah berkecambah (terbuka kotiledon) segera dipindahkan ke baki *tray* yang berisi media tanam. Setelah tanaman cabai terbentuk 2 daun sempurna kemudian benih cabai dipindahkan ke dalam polibag berukuran 25 × 25 cm yang telah berisi media tanam tanah dan humus (2 : 1). Tanaman cabai dipelihara dalam *screenhouse* kedap serangga. Setelah 2 minggu sejak dipindahkan ke dalam polibag, tanaman uji siap digunakan untuk penelitian.

Pemeliharaan tanaman dilakukan sejak tanaman dipindahkan ke polibag dan diusahakan selama pertumbuhan tanaman cabai bebas gulma. Pemeliharaan tanaman meliputi, penyiraman pemupukan, pewiwilan dan penyemprotan. Pupuk yang digunakan adalah NPK dengan dosis 45 gr/polibag, pemupukan dilakukan sebanyak 3 kali yaitu umur 2, 4 dan 6 minggu setelah pindah ke polibag. Pewiwilan dilakukan selama diperlukan. Penyemprotan dilakukan dengan insektisida non-sintetis (metil eugenol) dengan dosis 1 ml/liter air. Penyemprotan dilakukan pagi hari setiap minggu. Ajir dipasang untuk menopang tanaman.

Pengambilan isolat hasil inokulasi PepYLCIV

Isolat diambil dengan memotong bagian daun pucuk tanaman cabai yang menunjukkan gejala infeksi PepYLCIV. Isolat yang telah diambil dimasukkan ke dalam kantong plastik yang berisi kalsium klorida (CaCl2) dan disimpan di dalam suhu-20^{0}C untuk proses identifikasi patogen. Identifikasi dilakukan dengan teknik PCR menggunakan primer universal *Begomovirus* Krusty & Homer (Revil *et al.* 2003). Prosedur PCR dilakukan mengikuti metode (Rojas *et al.* 1993),

Variabel pengamatan, meliputi :

1. Tinggi tanaman (cm), diukur dari ujung tanaman sampai kepangkal batang bawah. Tinggi tanaman diukur dengan menggunakan penggaris, satuan pengukuran cm. Pengamatan dilakukan setiap minggu sampai minggu ke-5.
2. Jumlah daun (buah), dihitung mulai awal terbentuk daun sempurna. Pengamatan dilakukan setiap minggu sampai minggu ke- 5
3. Hubungan populasi kutukebul dengan masa inkubasi
   Dilakukan pada tanaman hasil inokulasi PepYLCIV dengan jumlah populasi serangga vektor kutukebul yang berbeda umur (1, 2, 3, 4 dan 5 MSI). Masa inkubasi PepYLCIV ditandai dengan awal munculnya gejala pada tanaman cabai. Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara jumlah populasi serangga kutukebul dengan masa inkubasi PepYLCIV di analisis regresi.
4. Hubungan populasi kutukebul dan kejadian *PepYLCIV*
   Dilakukan dengan menghitung jumlah tanaman hasil inokulasi yang menunjukkan gejala infeksi PepYLCIV. Pengamatan dilakukan pada tanaman umur (1, 2, 3, 4 dan 5 MSI). Selanjutnya kejadian penyakit/*disease incidence* (DI) dihitung dengan rumus :

$$\text{DI} = \frac{n}{N}\ x\ 100\%$$

Keterangan :
DI : Insidensi penyakit *PepYLCIV*
n : Jumlah tanaman cabai yang bergejala
N : Jumlah tanaman cabai yang diamati

5. Hubungan populasi kutukebul dan keparahan *PepYLCIV*
   Dilakukan pada tanaman umur (1, 2, 3, 4 dan 5 MSI). Nilai kategori keparahan serangan PepYLCIV hasil inokulasi dengan jumlah populasi serangga kutukebul yang berbeda dilakukan berdasarkan nilai skoring, sama seperti yang telah digunakan pada penghitungan keparahan PepYLCIV di lapangan di pulau Buton dan Muna. Nilai skoring (sedikit modifikasi, Gaswanto *et al.* 2016). Selanjutnya hasil skoring dianalisis dengan rumus (Khoiri *et el.* 2021).

$$DS = \frac{\sum (ni \; x \; vi)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan :
- DS : Keparahan penyakit *PepYLCIV*
- i : Nilai skor 0 - 5
- n_i : Jumlah tanaman bergejala kategori tertentu
- v_i : Skala setiap kategori gejala *PepYLCIV*
- Z : Nilai skala tertinggi
- N : Jumlah total tanaman yang diamati

Analisis Data

Data pengaruh infeksi PepYLCIV terhadap pertumbuhan tanaman cabai dianalisis dengan sidik ragam, bila terdapat perbedaan signifkan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada tingkat kepercayaan 95%. Analisis data antara jumlah populasi serangga kutukebul yang berbeda dengan masa inkubasi, kejadian dan keparahan penyakit PepYLCIV, dilakukan dengan analisis regresi antar waktu pengamatan sebagai variabel X (variabel bebas) dengan data masa inkubasi, kejadian dan keparahan PepYLCIV sebagai variabel Y (variabel terikat) menggunakan bantuan aplikasi Microsoft Excel.

Hasil Penelitian

Hasil uji penularan PepYLCIV dengan serangga kutukebul

1. Tinggi Tanaman

Hasil uji lanjut $BNJ_{0,05}$ menunjukkan bahwa tanpa inokulasi kutukebul (K0) memberikan respon tinggi tanaman tertinggi yang berbeda nyata dengan inokulasi satu ekor kutukebul (K1), inokulasi tiga ekor kutukebul (K3) dan inokulasi lima ekor kutukebul (K5) pada umur 1, 3, 4 dan 5 MSI dengan rata-rata tinggi tanaman secara berturut adalah sebagai berikut 12,48, 10,68, 10,52, 10,08, 33,96, 26,60, 24,16, 22,32, 45,08, 34,48, 30,68, 28,24, 63,96, 44,48, 41,20 dan 21,40 cm. Pada umur 2 MSI, tanpa inokulasi kutukebul (K0) berbeda tidak nyata dengan inokulasi satu ekor kutukebul (K1) tetapi berbeda nyata dengan inokulasi tiga ekor kutukebul (K3) dan inokulasi lima ekor kutukebul (K5) degan rata-rata tinggi tanaman rata-rata tinggi tanaman secara berturut sebagai berikut 22,76, 19,28, 17,88, 17,80 cm.

Tabel 1. Pengaruh inokulasi PepYLCIV dengan jumlah populasi serangga vektor kutukebul yang berbeda terhadap tinggi tanaman cabai

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)				
	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI	5 MSI
K0	12,48[a]	22,76 [a]	33,96 [a]	45,08 [a]	63,96 [a]
K1	10,68[b]	19,28[ab]	26,60 [b]	34,48 [b]	44,48 [b]
K3	10,52[b]	17,88[b]	24,16[bc]	30,68[bc]	41,20 [b]
K5	10,08[b]	17,80[b]	22,32 [c]	28,24 [c]	21,40 [b]
$BNJ_{0,05}$	1,17	3,85	3,85	5,69	11,63

Keterangan : Tanpa inokulasi kutukebul (K0), inokulasi satu ekor kutukebul (K1), inokulasi tiga ekor kutukebul (K3), inokulasi lima ekor kutukebul (K5) dan angka yang ikuti notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan antara perlakuan pada analisis uji BNJ taraf kepercayaan 95%

Tabel 2. Pengaruh inokulasi PepYLCIV dengan jumlah populasi serangga vektor kutukebul yang berbeda jumlah daun tanaman cabai

Perlakuan	Jumlah daun tanaman (helai)		
	3 MSI	4 MSI	5 MSI
(K0) : Tanpa inokulasi kutukebul	9,04[a]	17,48[a]	24,24[a]
(K1) : Inokulasi satu ekor kutukebul	7,92[b]	12,16[b]	17,68[b]
(K3) : Inokulasi tiga ekor kutukebul	7,74[b]	12,00[b]	15,93[b]
(K5) : Inokulasi lima ekor kutukebul	7,68[b]	11,91[b]	15,67[b]
$BNJ_{0,05}$	0,82	1,74	3,26

Keterangan : Angka yang ikuti notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan antara perlakuan pada analisis uji BNJ taraf kepercayaan 95%

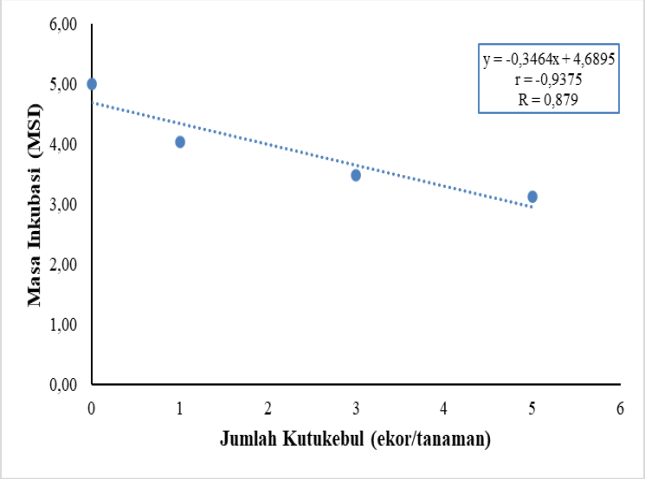
2. Jumlah daun

Hasil uji lanjut $BNJ_{0,05}$ menunjukkan bahwa tanpa inokulasi kutukebul (K0) memberikan respon jumlah daun tanaman tertinggi yang berbeda nyata dengan inokulasi satu ekor kutukebul (K1), inokulasi tiga ekor kutukebul (K3) dan inokulasi lima ekor kutukebul (K5) pada umur 3, 4 dan 5 MSI dengan rata-rata jumlah daun secara berturut adalah sebagai berikut 9,04, 7,92, 7,74, 7,68, 17,48, 12,16, 12,00, 11,91, 21,24, 17,68, 15,93 dan 15,67 helai.

3. Hubungan populasi kutukebul dan masa inkubasi *PepYLCIV*

Gambar 1. menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi (r) sebesar -0,9375 mengindikasikan bahwa jumlah kutukebul dan masa inkubasi penyakit *PepYLCIV* memiliki hubungan sangat erat dan berkorelasi linear negatif. Nilai koefisien determinasi (R) sebesar 0,879 menjelaskan bahwa masa inkubasi penyakit

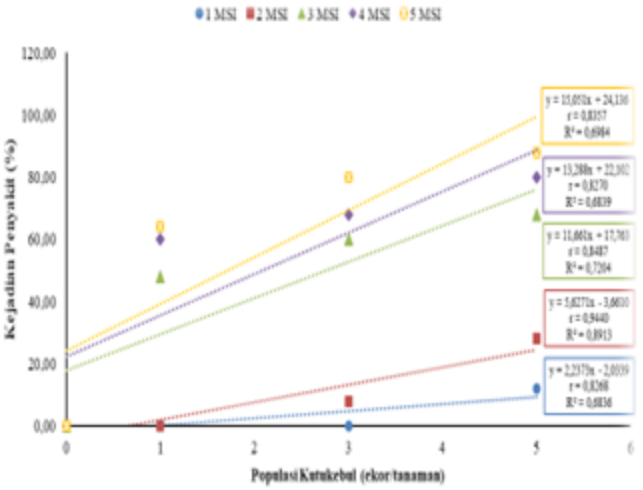
PepYLCIV pada tanaman cabai dipengaruhi oleh jumlah kutukebul sebesar 87,9% dan 12,01% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Dari persamaan regresi diperoleh koefisien regresinya sebesar -0,3464 artinya setiap penambahan kutukebul satu ekor/tanaman dapat mempercepat masa inkubasi sebesar 0,3464 MSI.



Gambar 1. Hubungan antara populasi kutukebul dan masa inkubasi penyakit *PepYLCIV* pada uji regresi dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel, X sebagai (data asli); Y (data transformasi arcsin)

Hal ini menjelaskan bahwa jumlah populasi serangga vektor mempengaruhi periode inkubasi virus, periode inkubasi semakin cepat jika populasi serangga vektor semakin tinggi dan sebaliknya. Penularan pada cabai besar dengan lima ekor serangga (*B tabaci*) dengan periode inkubasi virus 18-23 hari menimbulkan kejadian penyakit 80% di India (Thangjam *et al.* 2022). Salah satu serangga kutukebul yang *viruliferous* mampu menimbulkan infeksi baru dan efisien dalam penularannya (Hidayat. 2003).

4. Hubungan populasi kutukebul dan kejadian *PepYLCIV*

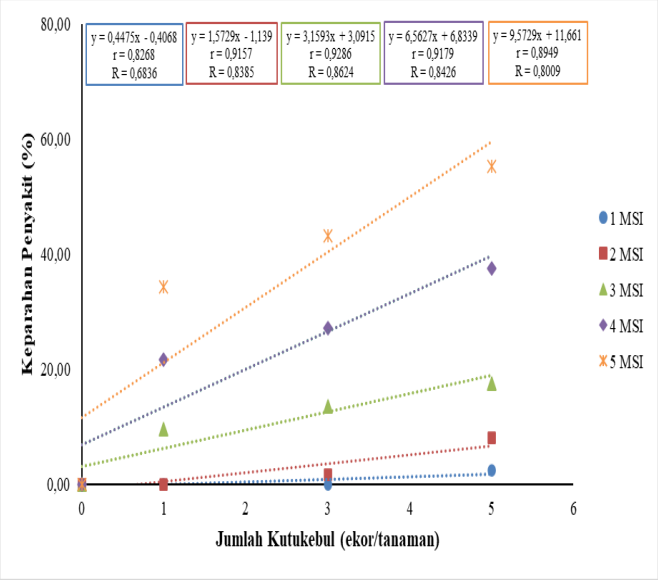


Gambar 2. Hubungan antara populasi kutukebul dan kejadian penyakit *PepYLCIV* pada uji regresi dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel, X sebagai (data asli); Y (data transformasi arcsin)

Penularan PepYLCIV pada tanaman cabai dengan 5 ekor serangga vektor kutukebul menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat erat antara jumlah serangga kutukebul dengan kejadian penyakit. Nilai koefisien determinasi (R) kejadian penyakit tertinggi pada tanaman cabai umur 2 MSI, yaitu 0,8913 dengan nilai koefisien regresi sebesar 5,6271 artinya setiap penambahan kutukebul satu ekor/tanaman dapat meningkatkan kejadian penyakit sebesar 5,6271%. Hal ini menjelaskan bahwa jumlah populasi serangga vektor kutukebul mempengaruhi kejadian penyakit PepYLCIV. Semakin tinggi jumlah populasi serangga vektor, maka kejadian penyakit PepYLCIV akan semakin berat dan sebaliknya. Beberapa laporan sebelumnya menjelaskan bahwa terdapat hubungan erat antara populasi serangga kutukebul dengan kejadian penyakit *PepYLCIV*

pada tanaman cabai, seperti pada cabai genotipe Pelita 8 dan Sreet pada periode inkubasi *PepYLCIV* antara 7 hingga 14 hari telah menimbulkan kejadian penyakit *PepYLCIV* 83.33% hingga 100% dan 70% hingga 98.33% (Selangga *et al.* 2019). Penularan PYLCIV dengan 10 ekor serangga kutukebul pada genotipe cabai Rimbun, Meteor, Tornado, 35C2, dan F1(12X14) dengan periode inkubasi 6-15 hari setelah inokulasi menunjukkan tingkat kejadian/insidensi penyakit PepYLCIV berkisar 80.0% hingga 96.7% (Adilah dan Hidayat 2014) dan sebagainya.

5. Hubungan populasi kutukebul dan tingkat keparahan *PepYLCIV*



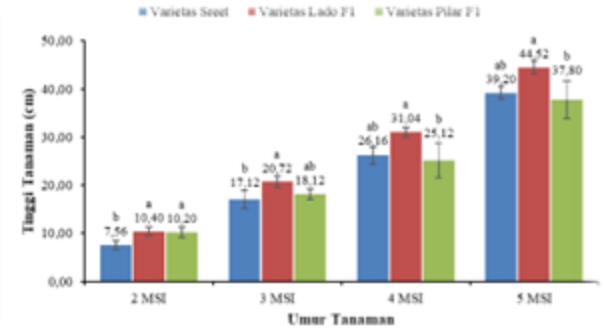
Gambar 3. Hubungan antara populasi kutukebul dan tingkat keparahan penyakit *PepYLCIV* pada uji regresi dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel, X sebagai (data asli); Y (data transformasi arcsin)

Tingkat keparahan penyakit PepYLCIV menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat erat antara jumlah serangga kutukebul dengan keparahan penyakit PepYLCIV. Tingkat keparahan tertinggi pada inokulasi 5 ekor serangga kutukebul cabai umur 5 MSI, tetapi inokulasi 3 ekor serangga kutukebul pada cabai umur 3 MSI sudah dapat menimbulkan keparahan penyakit PepYLCIV, dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9286 mengindikasikan bahwa memiliki hubungan sangat erat dan berkorelasi linear positif. Nilai koefisien determinasi (R) sebesar 0,8624 menjelaskan bahwa keparahan penyakit *PepYLCIV* pada tanaman cabai umur 3 MSI dipengaruhi oleh jumlah kutukebul sebesar 86,24% dan 13,76% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Dari persamaan regresi diperoleh koefisien regresinya sebesar 3,1593 artinya setiap penambahan kutukebul satu ekor/tanaman dapat meningkatkan keparahan penyakit *PepYLCIV* sebesar 3,1593% pada tanaman cabai umur 3 MSI. Namun demikian, inokulasi dengan 1 ekor serangga kutukebul pada umur 3 sudah dapat menimbulkan gejala. Hal ini menjelaskan bahwa jumlah populasi serangga vektor kutukebul mempengaruhi tingkat keparanan penyakit PepYLCIV. Semakin tinggi jumlah populasi serangga vektor, maka tingkat keparahan penyakit PepYLCIV akan semakin berat dan sebaliknya. Serangga kutukebul (*B. tabaci*) adalah vektor PepYLCIV yang sangat efektif, memiliki daerah penyebaran yang luas dan dapat berkembang dengan baik. Serangga vektor *B. tabaci* efektif menularkan PepYLCIV mencapai (100%) setelah melakukan akuisisi pada sumber inokulum lebih dari 6 jam (Hidayat 2005). Lebih lanjut, Sulandari (2004), menambahkan bahwa akuisisi selama 3 jam atau lebih, sudah efektif menularkan penyakit virus mencapai 100%. Makin lama periode akuisisi serangga vektor, maka akan semakin tinggi efektifitas penularan. Satu ekor vektor *B. tabaci* dewasa setelah menghisap sumber inokulum selama 24 jam dan melalui periode inokulasi 48 jam sudah mampu menularkan

penyakit 30-50 %. Lebih lanjut, Trisno *et al.* (2010) menjelaskan bahwa peranan serangga vektor kutukebul (B. tabaci) sangat penting dalam menularkan PepYLCIV pada tanaman cabai di lapangan.

Hasil uji ketahanan varietas cabai terhadap infeksi PepYLCIV

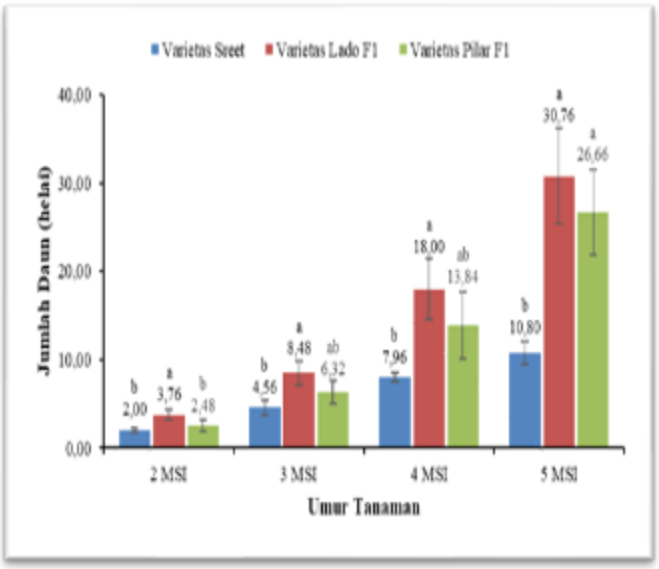
1) Tinggi tanaman



Gambar 4. Respon pertambahan tinggi terhadap tiga varietas cabai hasil inokulasi *Begomovirus* pada uji BNT taraf kepercayaan 95%

Varietas lado F1 memiliki respon pertambahan tinggi tanaman tertinggi pada semua umur tanaman. Hasil uji lanjut $BNT_{0,05}$ (Gambar 4) menunjukkan bahwa pertambahan tinggi varietas Lado F1 berbeda tidak nyata dengan varietas Pilar F1 tetapi berbeda nyata dengan varietas Sreet pada umur 2 dan 3 MSI dengan rata-rata pertambahan tinggi secara berturut-turut adalah sebagai berikut 10,40, 10,20, 7,56, 20,72, 18,12 dan 17,12 cm. Pertambahan tinggi varietas Lado F1 berbeda tidak nyata dengan varietas Sreet tetapi berbeda nyata dengan varietas Pilar F1 pada umur 4 dan 5 MSI dengan rata-rata pertambahan tinggi secara berturut-turut adalah 31,40, 26,16, 25,12, 44,52, 39,20 dan 37,80 cm.

2) Jumlah daun



Gambar 5. Respon pertambahan jumlah daun tiga varietas cabai yang diinokulasi *Begomovirus* pada uji BNT taraf kepercayaan 95%

Varietas Lado F1 memiliki respon pertambahan jumlah daun terbanyak pada semua umur tanaman. Hasil uji lanjut $BNT_{0,05}$ (Gambar 5). menunjukkan bahwa pertambahan tinggi varietas Lado F1 berbeda nyata dengan varietas Pilar F1 dan varietas sreet pada umur 2 MSI dengan rata-rata pertambahan jumlah daun secara berturut-turut adalah sebagai berikut 3,76, 2,48 dan 2,00 helai. Pertambahan tinggi varietas Lado F1 berbeda tidak nyata dengan varietas Pilar F1 tetapi berbeda nyata dengan varietas Sreet pada umur 3, 4 dan 5 MSI dengan rata-rata pertambahan jumlah daun secara berturut-turut adalah sebagai berikut 8,48, 6,32, 4,56, 18,00, 13,84, 7,96, 30,76, 26,66 dan 10,80 helai.

3) Masa inkubasi penyakit *Begomovirus* pada ketahan varietas cabai

Tabel 3. Masa inkubasi penyakit *Begomovirus* pada ketahanan varietas cabai hasil inokulasi dengan 5 ekor serangga vektor kutukebul

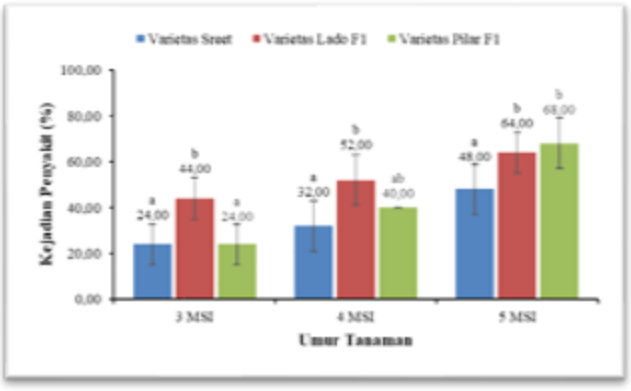
Varietas tanaman cabai	Masa inkubasi (minggu)	$BNT_{0,05}$
Varietas Sreet (V1)	4,44 ± 0,33 [a]	0,50
Varietas Lado F1 (V2)	3,88 ± 0,11 [b]	
Varietas Pilar F1 (V3)	4,12 ± 0,11 [ab]	

Keterangan : Angka yang diikuti notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan antara perlakuan pada uji BNT taraf kepercayaan 95%

Hasil uji lanjut $BNT_{0,05}$ (Tabel 3) menunjukkan bahwa varietas Sreet memberikan respon masa inkubasi penyakit *Begomovirus* terlama yang berbeda tidak nyata dengan varietas Pilar F1 tetapi berbeda nyata dengan varietas Lado F1 dengan rata-rata masa inkubasi secara berturut-turut adalah sebagai berikut 4,44, 4,12 dan 3,88 minggu.

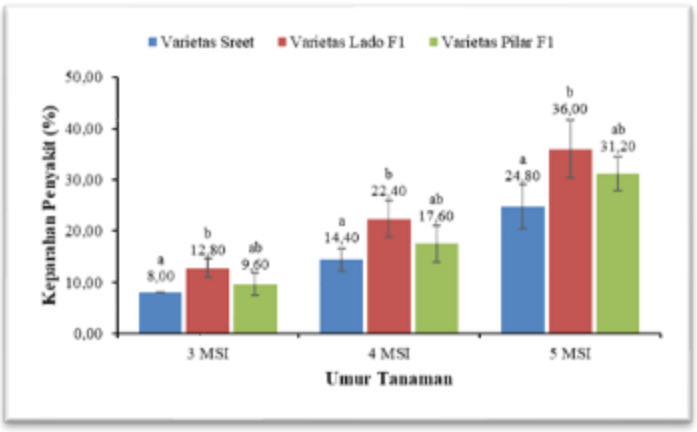
4) Kejadian penyakit *Begomovirus* pada ketahanan varietas cabai

Varietas Sreet memberikan respon kejadian penyakit *Begomovirus* terendah pada semua umur tanaman. Hasil uji lanjut $BNT_{0,05}$ (Gambar 6) menunjukkan bahwa kejadian penyakit *Begomovirus* pada varietas Sreet umur 3 dan 4 MSI berbeda tidak nyata dengan varietas Pilar F1 tetapi berbeda nyata dengan varietas Lado F1 dengan rata-rata kejadian penyakit *Begomovirus* secara berturut-turut adalah sebagai berikut 24,00, 24,00, 44,00, 32,00, 40,00 dan 52,00%. Kejadian penyakit *Begomovirus* pada cabai rawit varietas Sreet umur 5 MSI berbeda nyata dengan cabai keriting varietas Lado F1 dan cabai merah besar varietas Pilar F1 dengan rata-rata kejadian penyakit *Begomovirus* secara berturut-turut adalah sebagai berikut 48,00, 64,00 dan 68,00%.



Gambar 6. Kejadian penyakit *Begomovirus* pada tiga varietas cabai hasil inokulasi pada uji BNT taraf kepercayaan 95%

5) Keparahan penyakit *Begomovirus* pada ketahanan varietas cabai



Gambar 7. Keparahan penyakit *Begomovirus* pada tiga varietas cabai hasil inokulasi pada uji BNT taraf kepercayaan 95%

Hasil gejala pada tanaman cabai setelah diinokulasi *PepYLCIV* dengan serangga kutukebul

Hasil uji lanjut $BNT_{0,05}$ (Gambar 7) menunjukkan bahwa keparahan penyakit *Begomovirus* pada cabai rawit varietas Sreet terendah pada umur 3, 4 dan 5 MSI berbeda tidak nyata dengan cabai merah besar varietas Pilar F1 tetapi berbeda nyata dengan cabai keriting varietas Lado F1 dengan rata-rata keparahan penyakit *Begomovirus* secara berturut-turut adalah sebagai berikut 8,00, 9,60, 12,80, 14,40, 17,60, 22,40, 24,80, 31,20 dan 36,00%. Keparahan penyakit *Begomovirus* pada varietas Pilar F1 berbeda tidak nyata dengan varietas Lado F1.

Gambar 8. Gejala infeksi *PepYLCIV* hasil inokulasi dengan populasi serangga kutukebul yang berbeda umur 3 MSI

Keterangan :
K0 : Tanaman cabai tanpa diinokulasi serangga kutukebul (kontrol)
K1 : Tanaman cabai diinokulasi satu serangga kutukebul
K3 : Tanaman cabai diinokulasi tiga serangga kutukebul
K5 : Tanaman cabai diinokulasi lima serangga kutukebul

Gejala hasil inokulasi dengan serangga vektor kutukebul pada tanaman cabai pada umur 3 MSI. Gejala pada tanaman cabai yang diinokulasi satu ekor serangga kutukebul (K1) berupa, permukaan daun tumbuh normal hanya terdapat sebagian daun pucuk terlihat belang-belang mosaik kekuningan. Pada tanaman cabai yang diinokulasikan dengan tiga ekor serangga kutukebul (K3) menunjukkan gejala berupa, daun pucuk mosaik kekuningan dan berwarna kuning cerah, permukaan daun menjadi tipis dan tidak merata, permukaan daun pucuk sedikit melengkung ke atas dan berkerut. Pada tanaman cabai yang diinokulasikan dengan lima ekor serangga kutukebul (K5) gejala yang ditimbulkan berupa : daun pucuk mosaik kekuningan dan berwarna kuning cerah, permukaan daun menjadi tipis dan tidak merata, daun pucuk mengecil dan berkerut. Infeksi penyakit *PepYLCIV* yang diinokulasi dengan tiga ekor serangga vektor kutukebul telah efektif menimbulkan kerusakan pada tanaman cabai umur 3 MST, tetapi inokulasi satu ekor serangga kutukebul sudah dapat menimbulkan gejala pada tanaman cabai. Selangga *et al.* (2019), menjelaskan bahwa penularan PepYLCIV pada cabai varietas Pelita 8 dan verietas Sreet dengan 10 ekor serangga kutukebul pada umur 7-28 hari setelah inokulasi menimbulkan gejala daun mosaik kuning, mosaik hijau, daun keriting, daun melengkung keatas dan kebawah serta pertumbuhan tanaman terhambat. Penularan PepYLCIV dengan 15 ekor serangga kutukebul

pada periode akuisisi 24 jam dan periode inokulasi 6 - 15 hari setelah inokulasi pada 6 genotipe cabai, seperti IPBC12, 35C2, Tornado, Rimbun dan Meteor menimbulkan gejala berupa penguningan tulang daun dan sebagian lamina daun, dan daun melengkung ke bawah (Adilah dan Hidayat 2014).

Hasil gejala uji ketahanan 3 varietas cabai akibat inokulasi *PepYLCIV* dengan serangga kutukebul

V1 V2 V3

Gambar 9. Gejala hasil inokulasi *PepYLCIV* dengan 5 ekor serangga *kutukebul* pada tanaman cabai umur 3 MSI

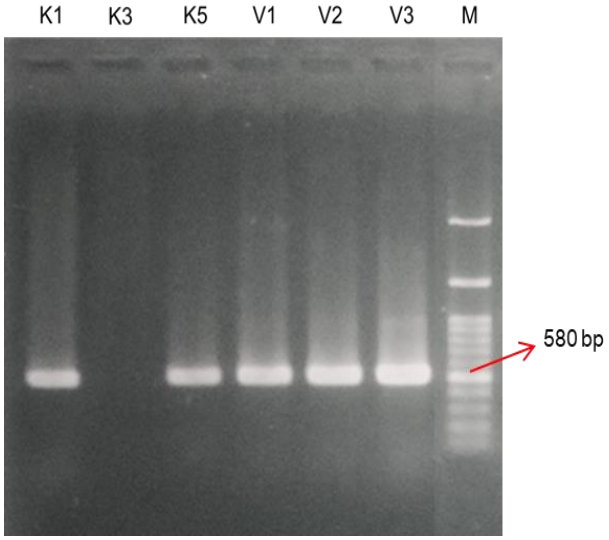
Keterangan :

V1 : Cabai rawit varietas Sreet
V2 : Cabai keriting varietas Lado F1
V3 : Cabai merah besar varietas Pilar F1

Ketahanan varietas cabai hasil inokulasi *PepYLCIV* dengan 5 ekor serangga kutukebul pada umur 3 MSI, masing-masing varietas cabai menimbulkan gejala. Gejala yang ditimbulkan pada tanaman cabai rawit varietas Sreet (V1) berupa, daun pucuk terlihat mosaik hijau kekuningan, permukaan daun menipis dan tidak merata, pucuk daun mengecil dan berkerut. Hasil inokulasi pada tanaman cabai keriting varietas Lado F1 (V2) dan cabai merah besar varietas Pilar F1 (V3), gejala yang ditimbulkan hampir sama, yaitu, daun pucuk belang-belang mosaik kekuningan dan berwarna kuning cerah, permukaan daun menjadi tipis dan tidak merata, daun mengecil dan memanjang, daun melengkung ke bawah dan berkerut, tulang daun terlihat menebal serta pertumbuhan tanaman terhambat. Hal ini menjelaskan bahwa dari ketiga varietas cabai yang diujikan tidak ada satupun varietas yang tahan terhadap penyakit PepYLCIV. Ganefianti *et al.* (2008) juga melaporkan bahwa dari 27 genotipe cabai tidak satupun genotipe yang tahan terhadap serangan *PepYLCIV,* hanya genotipe IPBC2 sebagai salah satu genotipe yang memiliki ketahanan lebih tinggi dibanding genotipe yang lainnya berdasarkan intensitas penyakit. Beberapa laporan juga telah menguraikan hasil inokulasi dengan serangga kutukebul terhadap genotipe cabai, seperti genotipe CR9, kejadian dan keparahan 10,71% dan 7,14%, genotipe JT5, yaitu 19,23% dan 5,19% serta

genotipe Bonita, CR2, dan JT1, dapat dikategorikan sebagai genotipe yang tahan karena nilai intensitas serangannya yang lebih rendah dibandingkan dengan genotipe lainnya (Sandra *et al.* 2022).

Hasil identifikasi PCR isolat dari uji penularan dan uji ketahanan varietas cabai setelah diinokulasi *PepYLCIV* dengan serangga kutukebul



Gambar 10. Hasil PCR isolat daun cabai bergejala hasil inokulasi dengan serangga *kutukebul* dan ketahanan varietas cabai bersertifikat positif terinfeksi *PepYLCIV* berukuran fragmen DNA 580 bp.

Keterangan :

K1 : Tanaman cabai diinokulasi satu ekor serangga *kutukebul*

K3 : Tanaman cabai diinokulasi tiga ekor serangga *kutukebul*

K5 : Tanaman cabai diinokulasi lima ekor serangga *kutukebul*

V1 : Cabai rawit varietas Sreet

V2 : Cabai keriting varietas Lado F1

V3 : Cabai merah besar varietas Pilar F1

M : Marker 100 bp

Hasil amplifikasi PCR terhadap sampel daun cabai bergejala hasil inokulasi dan uji ketahanan varietas cabai, positif terinfeksi PepYLCIV dengan ukuran fragmen DNA 580 bp, tetapi isolat (K3) atau inokulasi dengan tiga ekor serangga vektor kutukebul belum berhasil diamplifikasi, namun gejala khas, kejadian dan keparahan infeksi penyakit *PepYLCIV* ditemukan pada tanaman hasil inokulasi tersebut. Hal ini menjelaskan bahwa deteksi PCR pada sampel tanaman yang positif terinfeksi PepYLCIV dengan ukuran fragmen DNA 580 bp. Fragmen DNA hasil amplifikasi PCR tersebut adalah bagian *coat protein* PepYLCIV (Li *et al.* 2004). Identifikasi keberadaan PepYLCIV secara molekuler dengan metode amplifikasi DNA merupakan cara yang efisien dan akurat dibandingkan dengan metode deteksi lain seperti deteksi serologi. Deteksi dengan teknik PCR ini dapat memberikan hasil akurat untuk memastikan bahwa tanaman yang bergejala benar-benar terinfeksi oleh penyakit PepYLCIV.

Kesimpulan

1. Populasi tiga ekor serangga kutukebul telah efektif menularkan dan menyebabkan kerusakan pada tanaman cabai umur 3 MSI, namun satu ekor serangga sudah dapat menimbulkan gejala.
2. Tanaman cabai rawit varietas Sreet memiiki tingkat ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan cabai merah besar varietas Pilar F1 dan cabai keriting varietas Lado F1
3. Isolat hasil penularan dan ketahanan positif terinfeksi PepYLCIV dengan ukuran fragmen DNA 580 bp

Daftar Pustaka

Adilah NS and Hidayat SH. 2014. Intensity of Yellow Leaf Curl Disease and Population Growth of Whitefly on Chili Pepper Genotypes. . *J Fitopatol Indones.* ISSN: 0215-7950. Volume 10, Nomor 6, Desember 2014. Halaman 195–201. DOI: 10.14692/jfi.10.6.195

Beatrice C. Misaka, Everlyne N. Wosula, Philip W. Marchelo-d'Ragga, Trine Hvoslef-Eide and James P. Legg, 2020. *Article.* Genetic Diversity of Kutu kebul (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Colonizing Sweet Potato and Cassava in South Sudan. DOI: 10.3390/insects11010058

Brown JK, Fauquet CM, Briddon RW, Zerbini FM, Moriones E and Navascastillo J .2015. Family Geminiviridae. In: King AMQ, Adams MJ, Carstens EB, Lefkowitz EJ (eds) Virus taxonomy.9th report of the international committee on taxonomy of viruses. Elsevier Academic Press,London. 1327pp. Arch Virol.160:1593–1619. DOI. 10.1007/s00705-015-2398

Fadhila C, Lal A, Vo TTB, T.Ho P, Hidayat SH, Lee J, Kil E-J and Lee S. 2022. The threat of seed-transmissible pepper yellow lwaf curl Indonesia virus in chili pepper. *Microb Pathog*. 143(104132):8.

Febria D, Somowiyarjo S and Sulandari S. 2015. Characterization of Viruses that Cause Diseases of Chili Plants (*Capcisum* sp.) in Three Geographical Conditions. Gadja Mada University.

Fiallo-Olivé E, Lett JM, Martin DP, Roumagnac P, Varsani A, Zerbini FM and Navas-Castillo J. 2021. ICTV Virus Taxonomy Profile: Geminiviridae. *J Gen Virol*. 102(12):1–2. doi:10.1099/jgv.0.001696.

Gaswanto R, Syukur M, Hidayat SH and Gunaeni N. 2016. Symptom and Host Range Identification of Six Chilli Begomovirus Isolate in Indonesia. *J Hortik*. 26(2):223. doi:10.21082/jhort.v26n2.2016.p223-234.

Gaur RK, Prajapat A, Marwal A, Sahu and Rathore MS. 2011. Journal of Plant Pathology. First Report Of A Begomovirus Infecting Mimosa Pudica In India. 93 (4, Supplement), S4.63-S4.89

Gilbertson S, Ximao F, Khan S, Chini M, Wang H, Mashiko H, and Chang Z., 2009. Direct measurement of an electric field in femtosecond Bessel–Gaussian beams Vol. 34, Issue 16, pp. 2390-2392 https://doi.org/10.1364/OL.34.002390.

Ghosh S, Kanakala S, Lebedev G, Kontsedalov S, Silverman D, Alon T, Mor N, Sela N, Luria N and Dombrovsky A. 2019. Transmission of a New Polerovirus Infecting Pepper by the Whitefly Bemisia tabaci. *J Virol*. 93(15):1–14. doi:10.1128/jvi.00488-19.

Hadiat A, Taufik M and Syair R. 2022. Transmission Efficiency of Pepper yellow leaf curl Indonesia virus (PepYLCIV) with whitefly, disease incidence and growth of chili plants. Jurnal of Agronomi Research) 10(2): 106 –117. p-ISSN 2089-9858e DOI: http://dx.doi.org/10.33772/bpa.v10i2.25584

Hidayat, SH, Rusli ES dan Nooraidawati. 1999. Pengguanaan Primer Universal dalam *Polymerase Chain Reaction* untuk Mendeteksi Virus Gemini pada Cabe. Prosiding Kongres Nasional XI dan Seminar Ilmiah PFI, Purwokerto, 16-18 September 1999. Hal: 355-359

Hidayat, S.H. 2003. Facing the Increase of Geminivirus Infections in Chili. Directorate General of Horticultural Crop Protection. Jakarta. 4hal.

Kamali M, Heydarnejad J, and Massumi H. 2019. *Journal of Plant Pathology*. Isolation and phylogenetic analysis of the jimsonweed

isolate of *Turnip curly top virus*

Kandito A, Hartono S, Sulandari S and Somowiyarjo S. 2019. Molecular Characterization of Betasatellite Associated with Begomovirus on Ageratum conyzoides in Magelang, Central Java. *J Perlindungan Tanam Indones*. 23(2):292. doi:10.22146/jpti.46579.

Kesumawati, E, Okabe S, Homma K, Fujiwara I, Zakaria S, Kanzaki S and Koeda S. 2019. *Pepper yellow leaf curl* Indonesia *virus* from Aceh: A novel bipartite begomovirus isolated from chili pepper, tomato, and tobacco plants in Indonesia. Arch. Virol.164: 2379–2383 DOI: 10.1007/s00705-019-04316-8

Khoiri S, Muhlisa K, Amzeri A and Megasari D. 2021. The Incidence and Severity of Downy Mildew Disease on Local Madurese Maize Crops in Sumenep district, East Java, Indonesia. *Agrologia*. 10(1):17–24. -ISSN 2301-7287; e-ISSN 2580-9636

Kwak HR, Hong S Bin, Byun HS, Park B, Choi HS, Myint SS and Kyaw MM. 2022. Incidence and Molecular Identification of Begomoviruses Infecting Tomato and Pepper in Myanmar. Plants. 11(8). doi:10.3390/plants11081031.

Lazano G, Helena P, Trenado, Fiallo-Olive E, Chirinos D, Geraud-Pouey F, Briddon RW and Navas-Castillo J. 2016. Characterization of Non-coding DNA Satellites Associated with Aweepovirus (Genus Begomovirus, Deminiviridae)- definition of a District Class of Begomovirus-Associated Satellites. Frontiers in Microbiologi, 17 February 2016. Doi.10.3389/fmcib. 2016.00162

Li, R., S. Salih, S. Hurtt. 2004. Detection of geminiviruses in sweetpotato by polymerase chain reaction. Plant Dis. 88:1347-1351. Doi:10.1094/PDIS.2004.88.12.1347.

Muhire B, Darren P. Martin, Judith K. Brown, Jesu´s Navas-Castillo, Enrique Moriones, F. Murilo Zerbini, Rafael Rivera-Bustamante, V. G. Malathi, Rob W. Briddon, Arvind Varsani, 2013. Virology Division News. A genome-wide pairwise-identity-based proposal for the classification of viruses in the genus Mastrevirus (family Geminiviridae). Arch Virol (2013) 158:1411–1424

Narendra AAGA, Phabiola TA, Tuliadhi KA. 2017. The Relationship Between Population of Whiteflies (*Bemisia tabaci*) (Genemadius) (Hemiptera : Aleyrodidae) with Incident of Yellow Disease on Tomato Plant (Solanum lycopersicum Mill.) in Dusun Marga Tengah, Kerta Village, Payangan District, Bali. *E-Jurnal Agroekoteknologi Trop*. 6(3):339–348.

Pinheiro-Lima B, Pereira-Carvalho RC, Alves-Freitas DMT, Kitajima EW, Vidal AH, Lacorte C, Godinho MT, Fontenele RS, Faria JC, Abreu EFM, *et al.* 2020. Transmission of the bean-associated cytorhabdovirus by the whitefly bemisia tabaci MEAM1. *Viruses*. 12(9). doi:10.3390/v12091028.

Revill PA, Ha C V., Porchun SC, Vu MT, Dale JL. 2003. The complete nucleotide sequence of two distinct geminiviruses infecting cucurbits in Vietnam. *Arch Virol*. 148(8):1523–1541. doi:10.1007/s00705-003-0109-6.

Rojas, M.R., R.L.Gilbertson, D.R. Russell, & D.P. Maxwell. 1993. *Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses*. Plant Dis. 77: 340- 347.

Sandra AY,· Awang A and Sobir. 2022. *Abstrak.* Screening of resistance to geminivirus and

whitefly in pepper. Vol.: (0123456789)1 3. Euphytica 218:155 https://doi.org/10.1007/s10681-022-03109-6

Selangga DGW, Hidayat SH, Susila AD, Wiyono S. 2019. The Effect of Silica (SiO2) to the Severity of Yellow Leaf Curl Disease on Chili Pepper. *J Perlindungan Tanam Indones*. 23(1):54. doi:10.22146/jpti.38951.

Semangun H. 1996. Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Setiawati, W. 2003. Pengendalian Kutu Kebul (*Bemisi tabaci*) pada Tanaman Cabai. Seminar Sehari mengeni Pengenalan dan Pengendalian Virus Kuning pada Tanaman Cabai, Jakarta, 20 Februari 2003.10 hal.

Sinha DP, S Saxena, M Singh and Shailesh KT.2013. Phylogenetic relationship of coat protein genomic components of Chilli leaf curl virus.Vegetable Science (2013) 40 (2) : 149-154

Sulandari S, R S, SH H. 2006. Detection and Host Range Study of Virus Associated with Pepper Yellow Leaf Curl Disease. *HAYATI J Biosci*. 13(1):1–6. doi:10.1016/S1978-3019(16)30371-0.

Sulandari S. 2004. Antiserum Production and Serological Assay of Pepper Yellow Leaf Curl Virusi. J. Plan Protection *Indones*. 10(1):42–52.

Sulandari S, Suseno R, Hidayat S, K.Harjosudarmo, Sosromarsono S. 2001. Gemini virus detection in chili in the Special Region of Yogyakarta. In: Proceedings of the XVI National Congress and the PFI Scientific Seminar. Bogor. Indonesia. Bogor: PFI.

Taufik M, Hidayat SH, HS G, Syaman R, Wulan RDR, Putra ALP. 2018. First Report on Virus Gemini Infection on Chilli Pepper in Southeast Sulawesi In: Proceeding of NATIONAL SEMINAR AND CONGRESS OF THE INDONESIAN Phytopathological Association "ROLE. Kendari: Published By: Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Halu Oleo University, Plant Protection, Faculty of Agriculture, Halu Oleo University 2018 (Indonesia)

Thangjam R, Kadam V, PD Nath, Borah RK.2022. Insect Vectors Associated With Viral Diseases Of King Chilli (*Capsicum* Chinense Jacq.) In North East IndiA. Indian Journal of Entomology Online published Ref. No. e22227. DoI. No.: 10.55446/IJE.2022.672

Trisno J, Jamsari, Hidayat SH. 2021. Infeksi Ganda *Pepper yellow leaf curl virus* dan *Chilli veinal mottle virus* dalam Menimbulkan Penyakit Daun Kuning Keriting Cabai *Dual infection of pepper yellow leaf curl virus* and *Chilli veinal mottle virus in causing* the Yellow leaf Curl Disease on Chil. *JPT J Prot Tanam (Journal Plant Prot*. 5(2):77–88.

Trisno J, S.H Hidayat, Jamsari, Habazar T dan Manti S, 2010. Jurnal Natur Indonesia. Identifikasi Molekuler Begomovirus Penyebab Penyakit Kuning Keriting pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) di Sumatera Barat. 13 Oktober 2010: 41-46. ISSN 1410-9379, Keputusan Akreditasi No 65a/DIKTI/Kep. /2008

Tuhumury GN., Amanupunyo HR. 2013. Damage Of Chili By Virus Disease In Waimital Village Kairatu District. *Agrologia*. 2(1):36–42. doi:10.30598/a.v2i1.276.

Untung, K. 2006. Introduction to Integrated Pest Management. GMU Press. Yogyakarta.273 hal.

Wilisiani F, Somowiyarjo S, Hartono S. 2014. Molecular identification of virus causing leaf curl disease Bantul Isolate on Melon. 18(1):47–54.

Wiryangga DGS, Hidayat, SH, Susilo AD, Wiyono S, 2018. The effect of silica (SiO_2) to the

severity of yellow leaf curl disease on chili pepper. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, Vol. 23, No. 1, 54–60. doi.org/10.22146/jpti.38951

Yuwono. 2006. Biologi Molekuler. Penerbit PT. Erlangga. Jakarta

Zerbini F, Briddon R, Idris A, Martin D, Moriones E, Navas-Castillo J, Rivera-Bustamante R, Roumagnac P, Lefkowitz E, Davison AJ, *et al.* 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: Geminiviridae. *J Gen Virol*. 98:131–133. doi:10.1099/jgv.0.000738.