

**Pengaruh Varietas Cabai dan Aplikasi Insektisida terhadap
Tingkat Serangan Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus
(PepYLCIV) dan Populasi Vektornya, *Bemisia tabaci* Genn.,
pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.)**

*Effects of Chili Cultivar and Insecticide Application on the
Disease Intensity of Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus
(PepYLCIV) and Its Vector Population, Bemisia tabaci Genn.,
on Chili (Capsicum annum L.)*

NURUL ARFIANI



PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**Pengaruh Varietas Cabai dan Aplikasi Insektisida terhadap
Tingkat Serangan Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus
(PepYLCIV) dan Populasi Vektornya, *Bemisia tabaci* Genn.,
pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.)**

*Effects of Chili Cultivar and Insecticide Application on the
Disease Intensity of Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus
(PepYLCIV) and Its Vector Population, Bemisia tabaci Genn.,
on Chili (Capsicum annum L.)*

NURUL ARFIANI



PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**Pengaruh Varietas Cabai dan Aplikasi Insektisida terhadap
Tingkat Serangan Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus
(PepYLCIV) dan Populasi Vektornya, *Bemisia tabaci* Genn.,
pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disusun dan diajukan oleh

NURUL ARFIANI

kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

TESIS

Pengaruh Varietas Cabai dan Aplikasi Insektisida terhadap Tingkat Serangan Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus (PepYLCIV) dan Populasi Vektornya, *Bemisia tabaci* Genn., pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.)

yang disusun dan diajukan oleh

NURUL ARFIANI

G0222 02 004

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis pada tanggal

3 Maret 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasihat,

Ketua

Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc
Nip. 19601231 198601 1 011

Ketua Program Studi Magister
Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan,



Dr. Ir. Vieni Sartika Dewi, M.Si
Nip. 19651227 198910 2 00

Sekretaris,

Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
Nip. 19650316 198903 2 002

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc
Nip. 19631231 198811 1 005

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : NURUL ARFIANI

NIM : G0222 02 004

Program Studi : ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 3 Maret 2023

Yang menyatakan



NURUL ARFIANI

PRAKATA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Penulis ingin mengucapkan puji syukur yang tak henti–hentinya atas rahmat Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan nikmat kesehatan dan kesempatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tak lupa pula penulis haturkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW. Beserta para sahabat dan keluarganya yang telah meninggalkan sejuta keindahan ukhuwah islamiyah yang masih dapat kita rasakan hingga saat ini.

Selama penulisan tesis ini penulis banyak menerima bantuan dan dukungan serta kerja sama dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Maka dari itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus serta penghargaan yang tak terhingga kepada:

1. Kedua orang tua penulis, **Ayahanda Alamsjah, S.T., S.E., M.M.** dan **Ibunda Nurhuda, S.T.** yang telah memanjatkan doa, memberikan dukungan, cinta dan kasih sayang yang tidak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini hingga akhir.
2. **Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc.** selaku pembimbing utama dan **Ibu Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.** selaku pembimbing pendamping yang dengan sabar dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan kerendahan hati

membimbing dan mendidik penulis dengan memberikan ilmu, saran, kritik, dan nasihat sejak awal penelitian hingga akhir penelitian sampai terselesaikannya tesis ini. Teruntuk pembimbing utama penulis, terima kasih banyak atas ilmu serta motivasi–motivasi yang selalu menjadi ciri khas bapak setiap kali penulis bertemu tanpa peduli dimana pun itu. Rasa terima kasih penulis juga penulis iringi dengan permohonan maaf yang sebesar–besarnya atas segala kelalaian penulis.

3. **Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA; Ibu Prof. Dr. Ir. Itji Diana Daus, M.S.; dan Ibu Dr. Ir. Vien Sartika Dewi, M.Si.** selaku tim penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan kritik dan saran yang sangat membangun sehingga penulis dapat menyempurnakan tesis ini.
4. Keluarga besar kedua orang tua penulis terkhususnya **Keluarga Abdul Rahim** yang telah banyak memberikan dukungan baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik–baiknya.
5. Para Pegawai dan Staf Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan. **Pak Kamaruddin; Pak Ardan; Ibu Rahmatia, S.H.; Kakanda Nurul Jihad Jayanti, S.P.; Pak Ahmad;** dan **Ibu Hariani** yang telah membantu administrasi dan jalannya penelitian penulis. Teruntuk Pak Kamaruddin dan Ibu Hariani penulis ucapkan terima kasih yang

sebesar–sebesarnya atas bantuan, dukungan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

6. Pegawai dan Staf Kemahasiswaan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. **Ibu Asriani Ahmad** yang telah membantu administrasi penulis selama penulis menempuh studi magister penulis.
7. **Kakanda Firdaus, S.P.; Kakanda Andi Dirham Nasruddin, S.P.; Kakanda Ainul Sri Rejeki, S.P.; Pak Sangkala, Adinda Iftitah Kartika Amalia, S.P., M.Si., dan Nur Awal Akbar** yang senantiasa membantu, membimbing, dan memberikan masukan kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
8. Sahabat penulis, **Nur Fitriani Ma'mur, Riska Yanti, Ainun Efi Oktarya,** dan **Debi Angriani** yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan bantuan yang sangat berharga kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
9. Teman–teman **Koloni 2021, Agroteknologi 2016, Mahasiswa Seperbimbingan Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc., dan TKA-TPA-TQA Al-Munawwarah Unit 030 Masjid Jami Rappokalling.** Terima kasih banyak atas kebersamaan sejak penulis memulai perkuliahan serta saran, dukungan, bantuan, dan motivasi selama penulis menyusun tesis.
10. Serta semua pihak yang terlibat dan namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak atas segala bentuk

bantuan, dukungan, dan perhatiannya hingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga Allah SWT selalu memberikan limpahan rahmat-Nya dan membalas semua kebaikan pihak yang telah membantu penulis. Aamiin...

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan didalamnya baik dari segi teknik penulisan maupun dari segi penyajian materi. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang bersifat membangun penulis harapkan demi penyempurnaan tulisan berikutnya. Akhir kata, penulis berharap dengan segala keterbatasan dan kekurangan yang ada, tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan khususnya kepada pembaca mengenai **“Pengaruh Varietas Cabai dan Aplikasi Insektisida terhadap Tingkat Serangan Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus (PepYLCIV) dan Populasi Vektornya, *Bemisia tabaci* Genn., pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.)”**.

Wassalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Makassar, 3 Maret 2023

NURUL ARFIANI

ABSTRAK

NURUL ARFIANI. Pengaruh Varietas Cabai dan Aplikasi Insektisida terhadap Tingkat Serangan Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus (PepYLCIV) dan Populasi Vektornya, *Bemisia tabaci* Genn., pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) (dibimbing oleh Andi Nasruddin dan Tutik Kuswinanti).

PepYLCIV penyebab penyakit daun keriting kuning cabai saat ini menyebar serius di Indonesia dan dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai 100%. PepYLCIV ditularkan melalui vektor *B. tabaci*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan: (1) pengaruh penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda dalam menekan populasi *B. tabaci*, (2) pengaruh penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV terhadap insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning cabai, dan (3) produksi dan persentase kehilangan hasil akibat serangan PepYLCIV pada dua varietas cabai yang memiliki tingkat ketahanan berbeda terhadap virus tersebut yang diaplikasikan insektisida dengan frekuensi yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan dan Laboratorium Hubungan Serangga dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar pada Juni 2021 sampai Februari 2022. Deteksi molekuler PepYLCIV dilakukan di Laboratorium Biologi dan Molekuler Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, Sulawesi Selatan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terpisah. Petak utama adalah varietas cabai yang terdiri dari Baja MC F1 dan Pilar F1. Anak petak adalah frekuensi aplikasi insektisida yang terdiri dari 3 taraf, yaitu: tidak diaplikasikan, diaplikasikan sekali seminggu, dan diaplikasikan dua kali seminggu. Parameter yang diamati adalah populasi *B. tabaci*, insidensi dan keparahan penyakit, serta produktivitas tanaman cabai yang dilakukan setiap minggu (mulai 23 hari setelah tanam). Data dianalisis secara deskriptif (mengamati sifat-sifat gejala secara makroskopis) dan kuantitatif menggunakan uji parametrik dan non parametrik pada taraf nyata 5% dan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf nyata 5%. Analisis kuantitatif menggunakan *SPSS for Windows Version 23*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa secara statistik, penggunaan insektisida dan varietas dengan tingkat ketahanan berbeda terhadap PepYLCIV tidak berpengaruh untuk menekan populasi *B. tabaci* pada musim hujan. Penggunaan varietas resisten dapat mengurangi insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning cabai serta memperlihatkan kehilangan hasil yang lebih sedikit.

Kata kunci: *B. tabaci*, Cabai, Insektisida, PepYLCIV, Resisten

ABSTRACT

NURUL ARFIANI. Effects of Chili Cultivar and Insecticide Application on the Disease Intensity of Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus (PepYLCIV) and Its Vector Population, *Bemisia tabaci* Genn., on Chili (*Capsicum annum* L.) supervised by Andi Nasruddin and Tutik Kuswinanti).

PepYLCIV, the cause of chili yellow leaf curl disease, is currently widespread in Indonesia and can cause up to 100% yield loss. PepYLCIV is transmitted by vector, namely *B. tabaci*. Thus, the purpose of the current study was to determine: (1) the effect of using chili varieties with different resistance to PepYLCIV and different frequencies of insecticides application on *B. tabaci* population, (2) the effect of using chili varieties with different resistance to PepYLCIV on the incidence and severity of chili yellow leaf curl disease, and (3) production and percentage of yield loss due to PepYLCIV attack on two chili varieties that have different resistance to the virus. The current study was conducted at the Experimental Farm and the Laboratory of Insect Relations and Plant Disease, Faculty of Agriculture, Hasanuddin University, Makassar from June 2021 to February 2022. Molecular detection of PepYLCIV was conducted at the Biology and Molecular Laboratory of the Indonesian Cereals Research Institute, Maros, South Sulawesi. The experimental design used was a Split Plot Design. The main plots were chili varieties consisting of Baja MC F1 and Pilar F1. Sub-plots were the frequency of insecticide application which consisted of three levels, those are: not applied, applied once a week, and applied twice a week. Parameters observed were *B. tabaci* population, disease incidence and severity, as well as chili productivity which carried out every week (starting 23 days after planting). Data were analyzed descriptively (observing the characteristics of the symptoms macroscopically) and quantitatively using parametric and non-parametric tests at 5% significance level and continued with Duncan's test at 5% significance level. Quantitative analysis used SPSS for Windows Version 23. The results showed that statistically, the use of insecticides and varieties with different resistance to PepYLCIV had no effect on suppressing *B. tabaci* populations during the rainy season. The use of resistant varieties can reduce the incidence and severity of chili yellow leaf curl disease and show less yield loss.

Key word: *B. tabaci*, Chili, Insecticides, PepYLCIV, Resistant

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xxi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Hipotesis	8
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.7 Kerangka Pikir Penelitian	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10

2.1	Tanaman Cabai	10
2.2	Ketahanan Tanaman Cabai terhadap Hama dan Penyakit	11
2.3	Deskripsi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV	14
2.2.1	Varietas Baja MC F1	14
2.2.2	Varietas Pilar F1	16
2.4	Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	17
2.5	Gejala Serangan Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	18
2.6	PepYLCIV Penyebab Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	19
2.7	<i>Bemisia tabaci</i> Genn. sebagai Vektor PepYLCIV	22
2.7.1	Siklus Hidup <i>Bemisia tabaci</i> Genn.	24
2.7.2	Tanaman Inang dan Kerusakan Tanaman Akibat Serangan <i>Bemisia tabaci</i> Genn.	27
2.7.3	Faktor Pendukung Pertumbuhan Populasi <i>Bemisia tabaci</i> Genn.	28
2.8	Pengendalian Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	30
2.9	Frekuensi Aplikasi Insektisida	34
2.10	Insektisida Berisiko Rendah	35
III.	METODOLOGI	36
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.2	Metode Penelitian	36
3.2.1	Tanaman Uji	36
3.2.1.1	Pembibitan	36
3.2.1.2	Persiapan Lahan Tanam	37
3.2.1.3	Penanaman	38
3.2.1.4	Pemeliharaan	38

3.2.2 Rancangan Penelitian	39
3.2.3 Parameter Pengamatan	40
3.2.3.1 Populasi <i>Bemisia tabaci</i> Genn.	40
3.2.3.2 Insidensi Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	41
3.2.3.3 Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	42
3.2.3.4 Produksi Tanaman Cabai	44
3.3 Analisis Data	45
3.4 Deteksi PepYLCIV dengan Metode PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>)	46
3.4.1 Ekstraksi DNA Total Tanaman	47
3.4.2 Deteksi dan Amplifikasi DNA Virus Target dengan Alat PCR ..	48
3.4.3 Visualisasi Hasil PCR dengan Elektroforesis	49
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil	51
4.1.1 Hasil Deteksi Molekuler PepYLCIV	51
4.1.2 Rata-rata Telur <i>B. tabaci</i> pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	52
4.1.3 Rata-rata Nimfa <i>B. tabaci</i> pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	56
4.1.4 Rata-rata Imago <i>B. tabaci</i> pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	60
4.1.5 Rata-rata Insidensi Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	64
4.1.6 Rata-rata Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan	

yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	68
4.1.7 Hubungan Antara Populasi <i>B. tabaci</i> dengan Insidensi dan Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	72
4.1.8 Rata-rata Produktivitas Tanaman Cabai pada Tanaman yang Tidak Terserang dan Terserang Penyakit Daun Keriting Kuning pada Kombinasi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV dengan Frekuensi Aplikasi Insektisida yang Berbeda	73
4.2 Pembahasan	82
V. PENUTUP	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN	102

DAFTAR TABEL

nomor	halaman
1.	Rata–rata jumlah telur <i>B. tabaci</i> pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda54
2.	Rata–rata jumlah nimfa <i>B. tabaci</i> pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda58
3.	Rata–rata jumlah imago <i>B. tabaci</i> pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda62
4.	Rata–rata insidensi penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda66
5.	Rata–rata keparahan penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda69
6.	Respon ketahanan terhadap penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda70
7.	Populasi <i>B. tabaci</i> serta insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda72
8.	Rata–rata jumlah buah dari tanaman yang tidak terserang dan terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda74
9.	Persentase kehilangan hasil jumlah buah cabai pada tanaman yang tidak terserang dan terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang

- berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda76
10. Rata-rata bobot buah dari tanaman yang tidak terserang dan terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda78
 11. Persentase kehilangan hasil bobot buah cabai pada tanaman yang tidak terserang dan terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda80

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1.	Kerangka Pikir Penelitian9
2.	(a) Tanaman yang bergejala penyakit daun keriting kuning cabai yang dikelilingi tanaman yang tidak bergejala/tanaman normal. (b) Tanaman yang bergejala penyakit daun keriting kuning cabai19
3.	Struktur geminivirion21
4.	Siklus Hidup <i>Bemisia tabaci</i> Genn.27
5.	Ilustrasi pembibitan37
6.	Diagram penentuan tanaman sampel pada setiap bedengan41
7.	Proporsi gejala serangan penyakit daun keriting kuning cabai: (a) gejala 25% (b) gejala 50% (c) gejala 75% (d) gejala 100%43
8.	Hasil deteksi DNA A dan DNA B PepYLCIV pada tanaman cabai varietas Baja MC F1 (V1) dan varietas Pilar F1 (V2)51
9.	Rata-rata jumlah telur <i>B. tabaci</i> pada varietas Baja MC F1 dan varietas Pilar F1 selama 13 minggu pengamatan52
10.	Rata-rata jumlah telur <i>B. tabaci</i> pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 13 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)55
11.	Rata-rata jumlah nimfa <i>B. tabaci</i> pada varietas Baja MC F1 dan varietas Pilar F1 selama 13 minggu pengamatan56
12.	Rata-rata jumlah nimfa <i>B. tabaci</i> pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 13 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)59
13.	Rata-rata jumlah imago <i>B. tabaci</i> pada varietas Baja MC F1 dan varietas Pilar F1 selama 13 minggu pengamatan60

14. Rata-rata jumlah imago *B. tabaci* pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 13 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)63
15. Rata-rata insidensi penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 12 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu) .67
16. Rata-rata tingkat keparahan penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas Baja MC F1 dan varietas Pilar F1 dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 12 minggu pengamatan dan respon ketahanan terhadap penyakit daun keriting kuning cabai yang disebabkan oleh PepYLCIV (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)71
17. Rata-rata jumlah buah dari tanaman yang terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 5 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)75
18. Rata-rata jumlah buah dari tanaman yang tidak terserang dan terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 5 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)77
19. Rata-rata bobot buah dari tanaman yang tidak terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 5 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)79
20. Rata-rata bobot buah dari tanaman yang tidak terserang dan terserang penyakit daun keriting kuning cabai pada kombinasi varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda selama 5 minggu pengamatan (T0 = Kontrol, T1 = Diaplikasikan insektisida sekali seminggu, T2 = Diaplikasikan insektisida dua kali seminggu)81

21. Persemaian dan pembibitan cabai dengan penyungkupan	102
22. Telur, nimfa, dan imago <i>B. tabaci</i>	102
23. Ekstraksi DNA total tanaman	104
24. Deteksi dan amplifikasi DNA PepYLCIV dengan alat PCR	104
25. Visualisasi hasil PCR dengan elektroforesis	105

DAFTAR LAMPIRAN

nomor	halaman
1. Pembibitan tanaman cabai uji	102
2. Pengamatan stadia <i>B. tabaci</i>	102
3. Deteksi PepYLCIV dengan PCR	103

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
%	Persentase
°C	Skala suhu derajat <i>celcius</i>
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
B	Beta
bp	<i>base pair</i> , pasangan basa
CIA	<i>chlorofom isoamyl alcohol</i>
cm	Satuan panjang <i>centimeter</i> , sentimeter
CTAB	<i>cetyl trimethylammonium bromide</i>
DNA	<i>deoxyribonucleic acid</i>
dNTP	<i>deoxyribonucleoside triphosphate</i>
et al.	et alii, dan kawan-kawan
EDTA	<i>ethylenediaminetetra-acetic acid</i>
g	Satuan bobot gram
ha	Satuan luas hektar
HST	Hari Setelah Tanam
kg	Satuan bobot kilogram
L	Satuan volume liter
m	Satuan panjang meter
mg	Satuan bobot milligram
mL	Satuan volume milliliter

mm	Satuan panjang millimeter
μL	<i>Microliter</i>
μM	<i>Micromolar</i>
OPT	Organisme Pengganggu Tanaman
P	Probabilitas
rpm	<i>revolution per minute</i> , revolusi per menit
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i> <i>Statistical Product and Service Solutions</i>
TBE	<i>tris-borac acid-EDTA</i>
TE	<i>tris-EDTA</i>
UV	<i>Ultraviolet</i>
WITA	Waktu Indonesia Tengah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia (Tricahyati et al., 2021; Kamaliah et al., 2022) karena memiliki nilai ekonomi tinggi (Munir et al., 2018; Saptana et al., 2018; Astining dan Bangun, 2020; Kesumawati et al., 2020; Sidik, 2021). Cabai berpotensi sebagai sumber pertumbuhan ekonomi karena mempunyai peranan yang cukup besar sebagai salah satu komoditas sayuran unggulan nasional dan daerah, merupakan komoditas substitusi impor dan promosi ekspor, dan harganya memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap inflasi. Cabai memiliki beragam tujuan pasar, dapat memperbaiki neraca perdagangan, dan bersifat intensif tenaga kerja sehingga dapat memecahkan masalah pengangguran di perdesaan (Saptana et al., 2018).

Sulawesi Selatan merupakan wilayah lokomotif ekonomi terbesar dan terpenting di wilayah Indonesia bagian timur (Jam'an et al., 2019). Salah satu komoditas yang memiliki dampak besar di Sulawesi Selatan adalah tanaman cabai. Hal tersebut dikarenakan cabai merupakan komoditas utama yang memiliki pengaruh besar bagi masyarakat Sulawesi Selatan dalam kehidupan sehari-hari (Hamjaya et al., 2022). Masyarakat mengonsumsi cabai saat masih segar hingga yang sudah berbentuk produk olahan (Hersanti et al., 2016). Baik sebagai makanan

pelengkap maupun sebagai bahan dasar bumbu masakan. Hal tersebut secara tidak langsung meningkatkan kebutuhan domestik dan sektor industri, baik industri hulu maupun industri hilir di Indonesia (Munir *et al.*, 2018; Saptana *et al.*, 2018; Hamidah *et al.*, 2020). Oleh karena itu, cabai menjadi salah satu bahan baku utama yang dibutuhkan secara berkesinambungan sehingga potensial sebagai sumber pendapatan petani (Saptana *et al.*, 2018; Sidik, 2021).

Tingginya nilai ekonomi cabai mendorong petani untuk membudidayakan cabai sepanjang tahun dengan pola monokultur (Windarningsih *et al.*, 2018). Namun, budidaya tanaman cabai yang intensif dan meliputi areal yang luas dapat menimbulkan perkembangan beberapa jenis OPT (Marianah, 2020). Gangguan OPT sangat kompleks, dapat menyerang tanaman dari tahap pembibitan hingga tahap panen tanaman, baik pada musim hujan maupun musim kemarau sehingga menyebabkan kerugian pada usahatani cabai (Kesumawati, *et al.*, 2020), baik dari segi kualitas maupun kuantitas cabai (Tuhumury dan Amanupunyo, 2013). Salah satu OPT utama yang sering menimbulkan kerugian pada usahatani cabai adalah patogen penyebab penyakit yang disebabkan oleh virus (Marianah, 2020; Tricahyati, *et al.*, 2021). Virus dapat mempunyai bermacam-macam pengaruh terhadap tumbuhan, karena virus mempunyai daya tular yang tinggi sehingga virus semakin diakui sebagai kendala utama terhadap perkembangan tanaman cabai (Tuhumury dan Amanupunyo, 2013). Penyakit utama yang menyerang

tanaman cabai di Indonesia yang disebabkan oleh virus adalah penyakit daun keriting kuning cabai yang disebabkan oleh *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* (PepYLCIV) (Selangga et al., 2021; Munandar dan Suwandi, 2021; Kandito et al., 2021).

PepYLCIV adalah salah satu spesies *Begomovirus* yang termasuk famili Geminiviridae yang endemik di Indonesia (Kandito et al., 2021). Secara umum, PepYLCIV tidak ditularkan melalui benih dan tidak dapat ditularkan secara mekanik (Nurtjahyani dan Murtini, 2015; Munandar dan Suwandi, 2021). PepYLCIV hanya dapat ditularkan melalui teknik penyambungan (Sulandari, 2006) dan serangga vektor oleh kutu kebul *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) (Sidik, 2021). Serangan kutu kebul yang membawa virus penyakit kuning dan penyakit keriting mencapai 30% dari total luas serangan hama pada tahun 2018 dan meningkat menjadi 40% pada tahun 2020 (Kamaliah et al., 2022). *Bemisia tabaci* Genn. merupakan hama yang menyerang tanaman cabai dari fase nimfa sampai imago. Populasi *B. tabaci* dapat mencapai 81,48% dari keseluruhan artropoda yang ada pada pertanaman cabai (Tricahyati, et al., 2021). Jumlah *B. tabaci* pada tanaman cabai pada saat penularan penyakit daun keriting kuning mempengaruhi tingginya insidensi dan keparahan penyakit. Persentase tanaman yang terserang akan meningkat dengan meningkatnya jumlah kutu kebul (Nurtjahyani dan Murtini, 2015).

Penyakit daun keriting kuning cabai selalu dijumpai pada pertanaman cabai di Indonesia (Kesumawati et al., 2020; Munandar dan

Suwandi, 2021). Gejala penyakit ini sangat khas, antara lain: (1) tepi daun menggulung ke atas, (2) penebalan urat dan tulang daun, (3) helai daun berwarna kuning cerah, (4) klorosis pada anak tulang daun, (5) ukuran daun yang baru tumbuh mengecil, (6) bunga rontok dan tidak menghasilkan buah, dan (7) tanaman kerdil (Sulandari et al., 2006). Penyakit ini mudah menyebar dan dapat menyebabkan kehilangan hasil yang serius berkisar 20–100% (Sidik, 2021; Munandar dan Suwandi, 2021). PepYLCIV mampu menyerang setiap tahap perkembangan tanaman cabai, sejak persemaian hingga masa pembuahan (Putri et al., 2018; Kesumawati et al., 2020). Tanaman cabai yang terinfeksi pada fase vegetatif akan menyebabkan kerugian lebih besar karena menyebabkan penurunan kemampuan berbuah, sedangkan pada fase generatif menyebabkan penurunan kualitas buah. Dampak serangan tersebut berpotensi menjadi kendala utama produksi bahkan dapat menyebabkan gagal panen cabai di Indonesia dan menimbulkan masalah besar sehingga dapat dikategorikan sebagai suatu epidemi (Putri et al., 2018; Munandar dan Suwandi, 2021).

Salah satu faktor pendukung terjadinya epidemi penyakit daun keriting kuning cabai adalah penggunaan varietas yang rentan terhadap PepYLCIV (Sulandari, 2006). Penggunaan varietas yang tidak sesuai menyebabkan tanaman rentan terhadap serangan penyakit daun keriting kuning cabai dan menyebabkan penurunan produktivitas cabai (Kesumawati et al., 2020). Varietas cabai yang paling banyak digunakan

oleh petani di Sulawesi Selatan berdasarkan beberapa keterangan toko tani adalah cabai varietas Pilar F1, karena buahnya besar, seragam, dan produksinya tinggi (Suddin dan Yusmasari, 2017). Namun, varietas ini hanya memiliki ketahanan terhadap layu bakteri dan penyakit busuk batang (Keputusan Menteri Pertanian, 2011). Salah satu varietas cabai yang resisten terhadap *Geminivirus* adalah cabai varietas Baja MC F1 yang memiliki ketahanan medium terhadap *Geminivirus* (Keputusan Menteri Pertanian, 2019). Namun belum ada penelitian terkait mengenai ketahanan varietas tersebut terhadap penyakit daun keriting kuning cabai yang disebabkan oleh PepYLCIV di lapangan, khususnya Sulawesi Selatan. Penanaman varietas resisten PepYLCIV diharapkan dapat mengendalikan penyakit daun keriting kuning cabai di lapangan (Kusumanegara et al, 2020).

Secara umum, petani mengendalikan PepYLCIV dengan menggunakan insektisida untuk menekan populasi vektornya. Menurut petani, penyemprotan insektisida mudah untuk dilakukan dan dapat membunuh hama dengan cepat (Suddin dan Yusmasari, 2017; Surya et al., 2020). Frekuensi penyemprotan insektisida yang dilakukan petani pada umumnya adalah dua sampai tiga kali dalam seminggu, baik menggunakan insektisida tunggal maupun campuran dengan dosis yang tinggi (Basuki, 2009). Petani menentukan sendiri frekuensi penyemprotan yang menurut mereka efektif berdasarkan musim dan pengalaman mereka (Hendra et al., 2021). Praktik tersebut dilakukan secara intensif

tanpa kaidah yang benar (Wudianto, 2011), tidak rasional, tidak efisien, dan potensial menyebabkan timbulnya resistensi hama terhadap insektisida. Penggunaan insektisida sintetis dengan cara tersebut memang dapat menimbulkan beberapa dampak negatif (Basuki, 2009), namun jika digunakan sesuai dengan anjuran yang telah ditentukan dan batas ambang ekonomi yang tepat maka dapat menjadi suatu alternatif yang solutif sambil mengembangkan teknik pengendalian yang lebih baik. Salah satunya adalah penggunaan insektisida berisiko rendah dalam program pengendalian hama terpadu (PHT) yang dapat meminimalkan dampak negatif dari insektisida sintetis (Jepson et al., 2020).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai penekanan penularan PepYLCIV dan populasi vektornya dengan menggunakan insektisida dengan frekuensi yang berbeda dan varietas cabai dengan ketahanan yang berbeda terhadap virus tersebut. Selain itu, pengaruh perlakuan tersebut terhadap kehilangan hasil tanaman akibat PepYLCIV juga diamati.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, terdapat beberapa masalah yang perlu diteliti sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV yang dikombinasikan dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda terhadap

populasi *B. tabaci*, sebagai vektor PepYLCIV penyebab penyakit daun keriting kuning cabai.

2. Bagaimana pengaruh penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV terhadap insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning cabai.
3. Bagaimana produksi dan persentase kehilangan hasil akibat serangan PepYLCIV pada dua varietas cabai yang memiliki tingkat ketahanan berbeda terhadap PepYLCIV penyebab penyakit daun keriting kuning cabai yang dikombinasikan dengan frekuensi aplikasi insektisida.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan:

1. Pengaruh penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dengan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda dalam menekan populasi *B. tabaci*, vektor PepYLCIV penyebab penyakit daun keriting kuning cabai.
2. Pengaruh penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV terhadap insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning cabai.
3. Produksi dan persentase kehilangan hasil akibat serangan PepYLCIV pada dua varietas cabai yang memiliki tingkat ketahanan berbeda terhadap virus tersebut yang diaplikasikan insektisida dengan frekuensi yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi kepada pemerintah, masyarakat, dan petani mengenai efektifitas frekuensi aplikasi insektisida dan varietas resisten PepYLCIV dalam menekan tingkat serangan PepYLCIV penyebab penyakit daun keriting kuning cabai dan populasi vektornya, *B. tabaci*.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini, yaitu:

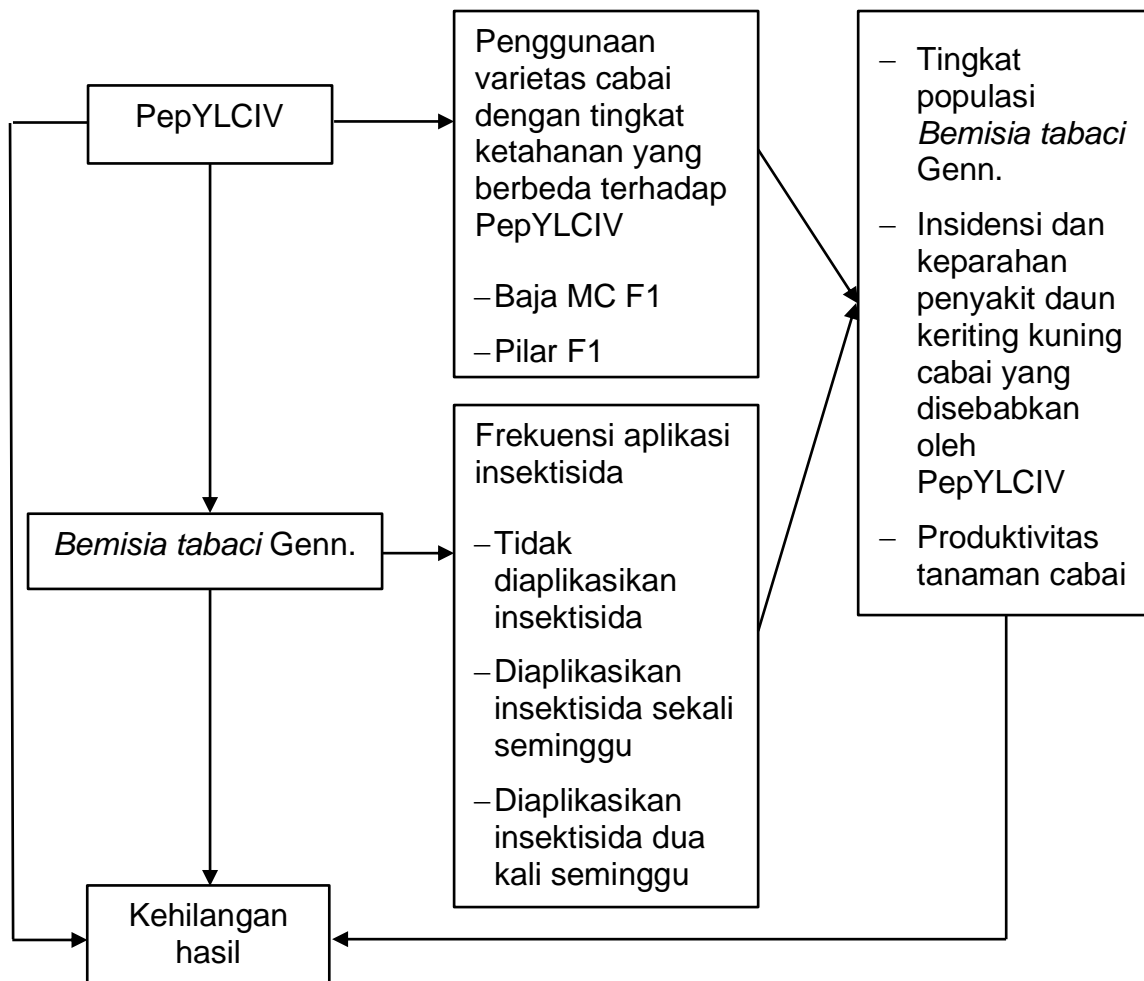
1. Terdapat perbedaan tingkat populasi *B. tabaci* pada tanaman cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV yang diaplikasikan insektisida dengan frekuensi yang berbeda.
2. Insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning cabai yang disebabkan oleh PepYLCIV berbeda pada tanaman cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV.
3. Produktivitas tanaman cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV berbeda dengan adanya frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pengamatan pengaruh kombinasi penggunaan varietas cabai dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV dan frekuensi aplikasi insektisida yang berbeda terhadap: (1) tingkat populasi *B. tabaci* pada pertanaman cabai, (2) insidensi dan keparahan penyakit daun keriting kuning yang

disebabkan oleh PepYLCIV pada pertanaman cabai, dan (3) produktivitas tanaman cabai yang terserang dan tidak terserang penyakit daun keriting kuning dengan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap PepYLCIV.

1.7 Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai

Cabai merupakan tanaman perdu dari famili Solanaceae yang memiliki nama ilmiah *Capsicum* sp.. Cabai berasal dari benua Amerika tepatnya daerah Peru dan menyebar ke negara–negara benua Amerika, Eropa, Asia termasuk negara Indonesia (Hamidah, et al, 2020). Cabai di Indonesia memiliki beberapa nama lain, seperti lombok, mengkreng, cengis, dan cengek (Agustina et al., 2014). Spesies tanaman cabai yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia, yaitu cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.), cabai merah besar (*Capsicum annum* var. *Grossum*), cabai merah keriting (*Capsicum annum* var. *Longum*), dan paprika (*Capsicum longum* L. Sendt.) (Anggraeni dan Fadlil, 2013). Cabai mempunyai daya adaptasi yang luas, dari lahan sawah, dataran rendah, hingga dataran tinggi, dan lahan kering (Saptana et al., 2018; Surya et al., 2020).

Manfaat buah cabai sangat beragam, antara lain: digunakan dalam kuliner khususnya sebagai bumbu dan penguat rasa makanan (Munir et al., 2018; Saptana et al., 2018; Marianah, 2020; Kusumanegara et al., 2020), industri pangan (Astining dan Bangun, 2020), untuk keperluan kosmetik, iritasi kimia (Kusumanegara et al, 2020), pengobatan (Munir et al., 2018; Saptana et al., 2018; Kusumanegara et al, 2020), meningkatkan kekebalan tubuh, menangkal radikal bebas, terapi untuk beberapa penyakit kronis seperti kanker (Marianah, 2020) karena

mengandung *lasparaginase* yang berfungsi sebagai anti kanker (Astining dan Bangun, 2020), serta dapat menunjang gizi masyarakat (Tuhumury dan Amanupunyo, 2013) karena cabai mengandung senyawa alkaloid seperti capsaicin, fosfor, besi (Sepwanti et al., 2016), karbohidrat, lemak, protein, kalsium, vitamin A, B1, dan vitamin C yang dibutuhkan oleh tubuh (Astining dan Bangun, 2020). Cabai juga mengandung flavonoid, mineral, air, serat, serta senyawa antioksidan, yaitu vitamin E, vitamin K, fitosterol, beta karoten, dan beta cryptoxanchin (Anggraeni dan Fadlil, 2013).

2.2 Ketahanan Tanaman Cabai terhadap Hama dan Penyakit

Sifat-sifat tanaman resisten dipengaruhi oleh faktor (1) genetik yaitu sifat tahan yang diatur oleh sifat-sifat genetik, (2) morfologi yaitu sifat tahan yang disebabkan oleh sifat morfologi tanaman yang tidak menguntungkan hama, dan (3) ekologi yaitu ketahanan tanaman yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan (Gunaeni dan Purwati, 2013). Gen pengendali pertahanan tubuh tanaman merupakan gen yang terdapat pada tanaman baik yang mempunyai sifat resisten atau rentan. Gen ini mengatur sintesis senyawa-senyawa yang disintesis tanaman sebagai respons terhadap rangsangan (*elicitor*) atau pemicu (*inducer*) oleh patogen atau faktor-faktor lain. Pada dasarnya, ketahanan atau resistensi pada tanaman didukung oleh 3 unsur pokok, yaitu nonpreferensi atau preferensi, antibiosis, dan toleran. Sifat nonpreferensi dan preferensi ditunjukkan dalam satu sifat tanaman inang yang dapat menimbulkan respons serangga hama pergi menghindar atau memilih dan menyukai

keistimewaan inang tersebut untuk dimakan, tempat peletakan telur, atau berlindung (Duriat, 2008). Proses fisiologis tanaman cabai sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur ekologi seperti iklim, tanah dan proses pembudidayaan. Hal itu dapat menimbulkan resistensi tanaman terhadap gangguan hama dan penyakit. Faktor iklim yang berpengaruh pada pertumbuhan cabai antara lain suhu dan radiasi matahari. Adanya serangan hama dan penyakit pada tanaman merupakan faktor pembatas dalam peningkatan produksi, dimana frekuensi serangannya semakin lama semakin meningkat terutama di negara-negara yang sedang berkembang (Surya et al., 2020).

Ketahanan tanaman inang terhadap infeksi patogen dibagi menjadi dua, yaitu ketahanan pasif dan aktif. Salah satu bentuk ketahanan tanaman terhadap penyakit yaitu ketahanan mekanis yang merupakan ketahanan aktif. Sifat ketahanan aktif terjadi setelah tanaman terinfeksi. Ketahanan pasif disebabkan adanya struktur tanaman yang menjadi penghalang patogen untuk melakukan penetrasi karena tanaman mempunyai epidermis yang berkutikula tebal, lapisan lilin, dan jumlah stomata sedikit. Ketahanan metabolik juga merupakan ketahanan pasif yang disebabkan adanya senyawa-senyawa metabolit yang dihasilkan tanaman, baik sebelum maupun sesudah infeksi (Gunaeni dan Purwati, 2013). Mekanisme ketahanan tanaman terhadap virus melibatkan pembentukan senyawa-senyawa metabolit sekunder seperti enzim peroksidase dan asam salisilat. Asam salisilat merupakan komponen jalur

sinyal transduksi yang menyebabkan ketahanan tanaman terhadap beberapa patogen. Peningkatan akumulasi asam salisilat merupakan bentuk reaksi cepat dari tanaman untuk melawan infeksi virus, yaitu dengan memobilisasi metabolit sekunder. Asam salisilat menghambat pergerakan sistemik virus secara tidak langsung melalui pembuluh tanaman inang, sehingga sifatnya menunda gejala penyakit (Duriat, 2008). Aktivitas enzim peroksidase merupakan indikator respons pertahanan tanaman terhadap infeksi virus selain akumulasi asam salisilat. Peningkatan aktivitas peroksidase tersebut sangat penting dalam melindungi dinding sel terhadap penyebaran virus. Seperti halnya dengan akumulasi asam salisilat, genotipe rentan memiliki aktivitas enzim peroksidase yang lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe resisten. Lebih lanjut ditunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara aktivitas enzim peroksidase, keparahan gejala dan tingkat konsentrasi virus. Aktivitas enzim peroksidase yang tinggi pada genotipe tanaman rentan merupakan respons sekunder terhadap cekaman yang disebabkan oleh infeksi virus. Respons pertahanan biokimia terjadi saat virus mencapai jaringan floem dan menyebabkan gen resisten mengaktifkan jalur sinyal transduksi asam salisilat. Genotip rentan memiliki akumulasi asam salisilat dan enzim peroksidase yang tinggi dibandingkan genotip resisten dan berpengaruh terhadap tingginya konsentrasi virus pada tanaman rentan (Faizah et al., 2012).

Ketahanan tanaman terhadap serangga, termasuk *B. tabaci*, berdasarkan mekanisme antixenosis, antibiosis dan toleran. Mekanisme antixenosis (non-preferensi) terhadap serangga herbivora adalah dengan penghalang fisik yaitu adanya trikoma, kutikula, epidermis, preferensi warna daun, dan penghalang kimiawi yaitu dengan adanya senyawa metabolit sekunder. Susunan jaringan daun juga dapat merupakan faktor yang mempengaruhi ketahanan tanaman terhadap serangga herbivora (Kamaliah et al, 2022). Infeksi PYLCV hanya terjadi melalui serangga vektor kutu kebul *B. tabaci*. Oleh karena itu, salah satu mekanisme pertahanan secara struktural terhadap infeksi PYLCV ialah menghalangi penetrasi virus melalui stilet kutu kebul. Kerapatan trikoma yang tinggi, susunan dan panjang sel palisade merupakan penghalang struktural terhadap vektor *B. tabaci* dan *Begomovirus* (Faizah et al., 2012).

Ketahanan tanaman juga dipengaruhi oleh umur tanaman. Jaringan tanaman yang masih muda memudahkan bagi patogen untuk masuk dan berkembang. Virus banyak terdapat pada daun yang masih muda karena daun-daun muda menyediakan bahan makanan yang cukup bagi infeksi dan replikasi virus (Gunaeni dan Purwati, 2013).

2.3 Deskripsi Varietas Cabai dengan Tingkat Ketahanan yang Berbeda terhadap PepYLCIV

2.2.1 Varietas Baja MC F1

Baja MC F1 merupakan varietas hibrida cabai besar unggulan yang berasal dari dalam negeri. Baja MC F1 dilepas pada tahun 2019 oleh Kementerian Pertanian dengan nama CB 77451. Varietas ini memiliki

ketahanan medium terhadap *Geminivirus*, sangat tahan terhadap layu bakteri (*Pseudomonas solanacearum*), busuk batang dan buah (*Phytophthora capsici*). Baja MC F1 direkomendasikan ditanam pada dataran rendah sampai menengah. Pada musim kemarau akan lebih adaptif jika ditanam pada dataran rendah. Keunggulan varietas ini adalah produksi per satuan luasnya yang tinggi. Bobot per buah 16,35–16,91 g dengan potensi hasil antara 1,12–1,18 kg per tanaman atau 20–21,63 ton/ha. Jumlah buah per tanaman sekitar 84–94 buah. Pertumbuhan batang tegak dengan tinggi tanaman 61,61–63,13 cm. Bentuk penampang batang bulat berwarna hijau dengan diameter 1,94–2,14 cm. Daun berwarna hijau berukuran panjang 8,41–8,80 cm dan lebar 3,38–3,47 cm dengan bentuk lanceolate dan undulasi pada tepi daun yang lemah. Bentuk bunganya seperti bintang berwarna putih. Warna kelopak bunga hijau, kepala putik dan benang sari masing–masing berwarna hijau kuning dan kuning muda. Varietas ini mulai berbunga sekitar 26–29 hari setelah tanam. Buahnya berbentuk silindris dengan ukuran panjang 13,7–14,49 cm dan diameter 1,21–1,25 cm. Tebal kulit buah berkisar 0,32–0,45 cm. Buah muda berwarna hijau sedangkan buah tua berwarna merah dengan rasa yang pedas. Biji berbentuk bulat putih berwarna kuning dengan berat 1.000 biji 4,13–5,35 g. Kebutuhan benih varietas ini berkisar 115–149 g/ha dengan populasi tanaman sebanyak 22.222/ha. Umur panennya bervariasi tergantung pada dataran tempat tanam, rerata antara 80–82

hari setelah tanam. Buah dapat disimpan sampai tujuh hari setelah panen pada suhu 25–31°C (Keputusan Menteri Pertanian, 2019).

2.2.2 Varietas Pilar F1

Pilar F1 merupakan varietas hibrida cabai besar unggulan yang direkomendasikan ditanam pada dataran menengah sampai tinggi. Tidak ada informasi mengenai ketahanan varietas ini terhadap virus, sehingga dapat dijadikan pembandingan dengan varietas Baja MC F1. Selain itu, berdasarkan survei dari beberapa toko tani, Pilar F1 merupakan varietas cabai yang paling sering dibeli oleh petani. Varietas ini tahan terhadap layu bakteri (*Pseudomonas solanacearum*) dan penyakit busuk batang (*Phytophthora capsici*). Bobot per buah 19–20 g dengan potensi hasil antara 1–1,5 kg per tanaman atau 24,36–27 ton/ha. Jumlah buah per tanaman 76–83 buah dengan populasi per hektar 18.000 tanaman. Dalam satu kilogram cabai, terdapat 50–60 buah dengan panjang 16,53–16,56 cm dan diameter 1,7–1,72 cm. Tipe pertumbuhan tegak dengan tinggi 110–120 cm. Bentuk penampang batang bulat, berdiameter 1,6–2,1 cm, dan berwarna hijau. Daunnya berbentuk jorong dengan ukuran panjang 8–10 cm dan lebar 4,3–5,6 cm, dan berwarna hijau tua. Bentuk bunga seperti terompet, warna kelopak bunga hijau, warna mahkota bunga putih, warna kepala putik kuning muda, dan warna benang sari putih. Bentuk buah silindrikan dengan warna buah muda hijau tua dan warna buah tua merah cerah. Tebal kulit buah 1–1,5 mm dan rasa buah yang pedas dengan kandungan vitamin C sebanyak 178–185 mg/100 g. Warna biji

krem dan berbentuk bulat dengan berat 1.000 biji berkisar 5,5–6 g. Umur mulai berbunga antara 40–45 hari setelah tanam dan umur mulai panen antara 108–112 hari setelah tanam. Daya simpan buah pada suhu kamar (25–30 °C) 6–7 hari setelah panen (Keputusan Menteri Pertanian, 2011).

2.4 Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai

Epidemi penyakit daun keriting kuning cabai telah menjadi ancaman utama bagi budidaya cabai sejak tahun 1999–2000 (Sulandri, 2006; Kusumanegara et al, 2020; Munandar dan Suwandi, 2021; Kandito et al., 2021) dan mengalami peningkatan sejak musim tanam 2003 di beberapa daerah penanaman cabai di Indonesia (Adilah dan Hidayat, 2014). Saat ini, penyakit daun keriting kuning dianggap sebagai penyakit terpenting pada cabai karena menyebabkan kehilangan hasil dan menyebar serius di Indonesia (Tuhumury dan Amanupunyo, 2013; Fadhila et al., 2020; Kusumanegara et al, 2020; Munandar dan Suwandi, 2021; Selangga et al., 2021). Insidensi penyakit daun keriting kuning cabai dapat mencapai 100% (Nurtjahyani dan Murtini, 2015) dengan nilai kerugian yang bervariasi tergantung pada waktu infeksi (Kandito et al., 2021).

Perbedaan kejadian penyakit dan keparahan penyakit di suatu wilayah diduga karena berbagai sumber inokulum, populasi vektor, kondisi iklim di lapangan (Kesumawati et al., 2020), varietas cabai yang ditanam, pola tanam khususnya pola monokultur, dan pengelolaan tanaman yang diterapkan (Selangga et al., 2021). Kepadatan populasi *B. tabaci* pada suatu pertanaman bergantung pada kemampuan peletakan telur imago

dan aktivitas makan yang dipengaruhi oleh karakteristik dan morfologi daun. Pertumbuhan populasi *B. tabaci* yang cepat pada suatu varietas cabai dapat menjadi sumber penyebaran virus yang potensial (Adilah dan Hidayat, 2014).

2.5 Gejala Serangan Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai

Gejala penyakit daun keriting kuning cabai mudah dikenali di lapangan terutama bila kejadiannya sangat tinggi (Selangga et al., 2021). Gejala yang ditimbulkan di lapangan sangat bervariasi, tergantung pada kultivar, genus dan spesies tanaman yang terinfeksi (Munandar dan Suwandi, 2021), strain virus, dan lingkungan fisiknya (Sulandri, 2006). Namun, gejala utama yang ditimbulkan adalah perubahan warna daun menjadi warna kuning yang sangat jelas, penebalan tulang daun, dan tepi daun menggulung ke atas. Walaupun patogen tidak sampai mematikan tanaman, pada infeksi lanjut menyebabkan daun baru yang tumbuh mengecil, kaku, dan berwarna kuning cerah, bunga rontok dan tidak menghasilkan buah, serta tanaman menjadi kerdil (Sulandri et al., 2006; Adilah dan Hidayat, 2014; Windarningsih et al., 2018; Kusumanegara et al., 2020; Sidik, 2021). Gejala tersebut menyebabkan gangguan fungsi fisiologi pada tanaman cabai sehingga klorofil tidak berfungsi dan berdampak pada penurunan laju fotosintesis (Tuhumury dan Amanupunyo, 2013).

Gejala awal yang ditimbulkan pada daun cabai rawit dan cabai besar adalah penjernihan tulang daun (*vein clearing*) lalu berkembang

menjadi warna kuning, penebalan tulang daun, dan penggulungan daun (*cupping*) (Sulandri et al., 2006). Daun muda yang tumbuh berikutnya menjadi kaku dan kecil dan pada gejala lanjut tanaman menjadi kerdil (Marianah, 2020). Pada awalnya gejala penyakit tersebut banyak ditemukan pada tanaman menjelang berbunga dan sangat sedikit atau jarang dijumpai pada tanaman yang baru dipindahkan dari pembibitan, akan tetapi mulai awal tahun 2003, penyakit tersebut banyak juga ditemukan pada tanaman yang masih muda ataupun pada pembibitan (Sulandri, 2006). Tanaman yang terinfeksi selama pertumbuhan awal akan mengakibatkan penurunan pertumbuhan tanaman bahkan sampai menyebabkan kehilangan produksi secara menyeluruh (Koeda et al., 2018).



Gambar 2. (a) Tanaman yang bergejala penyakit daun keriting kuning cabai yang dikelilingi tanaman yang tidak bergejala/tanaman normal. (b) Tanaman yang bergejala penyakit daun keriting kuning cabai (Fadhila et al., 2020)

2.6 PepYLCIV Penyebab Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai

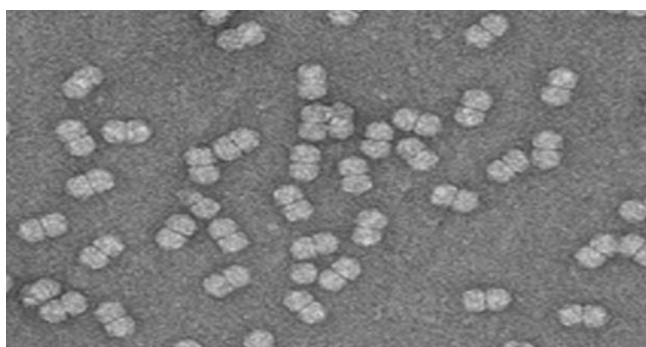
Penyakit daun keriting kuning cabai disebabkan oleh PepYLCIV yang termasuk genus *Begomovirus* (Adilah dan Hidayat, 2014; Selangga et al., 2021; Kandito et al., 2021). Genus *Begomovirus* dicirikan dengan

struktur genom bipartit dan beberapa anggotanya monopartit, inangnya adalah tanaman dikotil, dan vektornya *B. tabaci* (Sulandri, 2006). *Begomovirus* merupakan genus terbesar (lebih dari 80% famili *Geminivirus*) yang menyebabkan penyakit keriting kuning pada berbagai tanaman di negara tropikal dan subtropikal (Sidik, 2021). Ciri utama serangan *Geminivirus* pada cabai ditunjukkan dari gejala yang sangat khas, jenis serangga vektornya, dan sifat-sifat molekulernya (Sulandri, 2006).

Anggota kelompok *Geminivirus* dibedakan berdasarkan tanaman inang, serangga vektor, dan struktur genomnya. Anggota *Geminivirus* yang ditularkan oleh serangga vektor *B. tabaci* umumnya dijumpai di daerah tropika dan subtropika yang dapat mendukung perkembangan serangga vektor dengan baik (Marianah, 2020; Munandar dan Suwandi, 2021). *Geminivirus* termasuk dalam kelompok virus tanaman dengan genom berupa DNA utas tunggal, berbentuk ikosahedral, dan terselubung dalam virion ikosahedral kembar (*geminata*) (Sulandri et al., 2006). *Begomovirus* adalah virus DNA rantai tunggal melingkar yang termasuk dalam famili Geminiviridae (Kandito et al., 2021).

Virus dari famili Geminiviridae memiliki genom tunggal (monopartit) yang hanya ada DNA A dalam satu virion berukuran sekitar 2,7–2,8 kb dan genom ganda (bipartit) yang terdiri dari DNA A dan DNA B dalam satu virion berukuran sekitar 2,78 kb (Sulandri, 2006; Kandito et al., 2021; Sidik, 2021). DNA A mengkodekan protein yang terkait dengan

replikasi, ekspresi gen, aktivasi transkripsi, dan perkembangan gejala, sedangkan DNA B mengkodekan protein yang diperlukan untuk pergerakan DNA virus dari sel ke sel (Koeda et al., 2018; Fadhila et al., 2020). *Begomovirus* dengan genom monopartit pada umumnya hanya menginfeksi tanaman Solanaceae (Sulandri, 2006). *Begomovirus* monopartit yang ditemukan di Indonesia adalah *Agera turn yellow vein virus* (AYVV), *Tomato leaf curl virus* (ToLCV), dan *Tomato leaf curl Java virus* (ToLCJaV). *Begomovirus* bipartit adalah *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCKaV), *Tomato yellow leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV), dan *PepYLCIV* (Kandito et al., 2021). *PepYLCIV* yang menginfeksi cabai di berbagai daerah di Indonesia merupakan galur/isolat asli (Selangga et al., 2021).



Gambar 3. Struktur geminivirion (Wyant, 2011)

Penyakit yang disebabkan oleh *Begomovirus* pada awalnya hanya terjadi di dataran rendah. Namun dalam beberapa tahun terakhir, penyakit ini juga ditemukan di daerah dataran tinggi (Kandito, et al, 2021). Anggota *Begomovirus* diketahui memiliki keragaman genetik yang tinggi (Selangga et al., 2021). Tingkat keparahan serangan *Geminivirus* di lapangan

dipengaruhi oleh faktor fisik (suhu dan kelembaban udara) dan biotik (kultivar cabai dan pola tanam) (Sulandri et al., 2006; Munandar dan Suwandi, 2021).

Tanaman dari famili Solanaceae (cabai, tomat, dan tembakau), Compositae, dan beberapa dari Leguminosae (kedelai, kacang panjang, kacang hijau, dan orok-orok (*Crotalaria* sp.)) dapat sebagai inang virus penyebab penyakit daun keriting kuning cabai (Sulandri, 2006). *Begomovirus* juga dilaporkan menyerang berbagai gulma (wedusan atau babadotan (*A. conyzoides*), ludwigia (Selangga et al., 2021), dan *Galinsoga quadriradiata* (Sarjan dan Nikmatullah, 2019)) dan tumbuhan liar (*Hyptis* sp., *Crotalaria* sp., dan *Physalis* spp.) yang biasa tumbuh di sekitar pertanaman cabai. Peranan gulma dan tumbuhan liar tersebut selain sebagai sumber inokulum juga dapat sebagai tempat hidup dan berkembang biak serangga vektor (Sulandri, 2006). *Begomovirus* juga dilaporkan menyerang inang baru, antara lain terong, luffa (Kandito et al., 2021), mentimun (Selangga et al., 2021), dan melon (Windarningsih et al., 2018).

2.7 *Bemisia tabaci* Genn. sebagai Vektor PepYLCIV

Virus penyebab penyakit daun keriting kuning cabai ditularkan oleh serangga vektor, yaitu kutu kebul *Bemisia tabaci* Genn. (Adilah dan Hidayat, 2014; Putri et al., 2018). Vektor ini disebut kutu kebul karena apabila keberadaan imagonya terganggu pada tanaman akibat gerakan tanaman oleh angin atau sentuhan manusia, maka hama ini akan

beterbangan seperti kebul atau yang berarti asap dalam bahasa Indonesia. Vektor ini aktif pada siang hari dan pada malam hari berada di bawah permukaan daun (Hasyim et al., 2016).

Hubungan vektor ini dengan *Begomovirus* pada umumnya bersifat persisten (secara terus menerus) artinya sekali kutu kebul mengambil makanan dari tanaman yang mengandung virus keriting kuning, selama hidupnya dapat menularkan virus keriting kuning (Munandar dan Suwandi, 2021), selama hidupnya virus terkandung di dalam tubuh kutu tersebut (Sarjan dan Nikmatullah, 2019), yang ditransmisikan secara persisten sirkulatif (Sidik, 2021), tetapi tidak mengalami replikasi dalam tubuh vektornya (*non propagatif*) dan tidak diturunkan ke kutu kebul generasi berikutnya (*non transovarial passage*) (Sulandri, 2006). Vektor serangga ini bersifat polifag, menyerang berbagai jenis tanaman antara lain tanaman hias, sayuran, buah–buahan, maupun tumbuhan liar (Hendriwal et al., 2011; Marwoto dan Inayati, 2011; Nurtjahyani dan Murtini, 2015; Kamaliah et al., 2022), tersebar di seluruh dunia, dan memiliki keragaman genetik yang kompleks (Kusumanegara et al, 2020).

Serangga ini termasuk dalam golongan serangga penusuk penghisap. Kutu kebul menularkan virus keriting kuning secara persisten dari tanaman sakit ke tanaman yang sehat. Kutu kebul memperoleh virus ketika mengambil makanan dari tanaman sakit atau tanaman yang telah terinfeksi virus keriting kuning. Virus yang diambil dari tanaman sakit masuk melalui saluran pencernaan, menembus dinding usus, bersirkulasi

dalam cairan tubuh serangga (*haemolymph*) dan selanjutnya pada kelenjar saliva. Pada saat kutu kebul menghisap makanan dari tanaman sehat, virus yang telah berada di kelenjar saliva secara tidak langsung akan ikut masuk ke dalam tubuh tanaman bersama dengan cairan dari mulut serangga tersebut (Narendra et al., 2017).

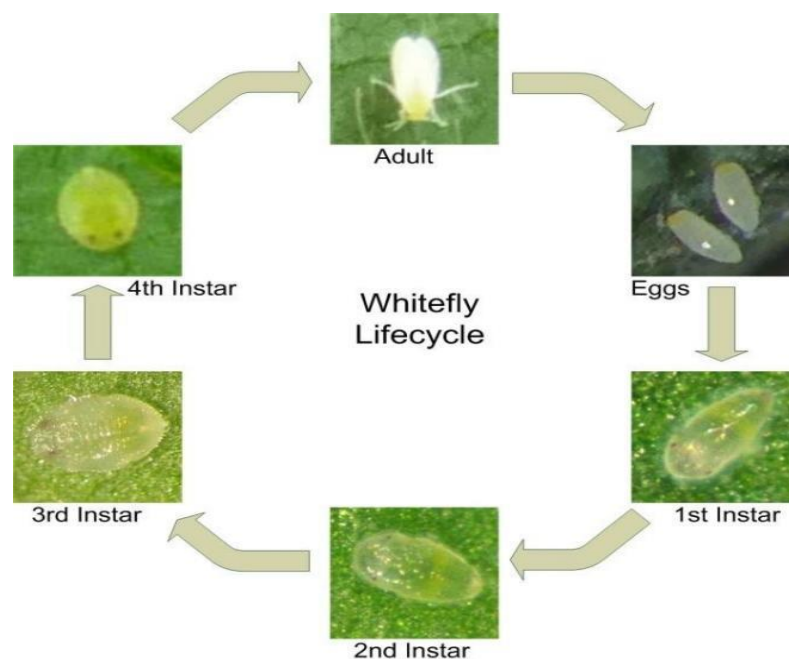
Jumlah serangga vektor merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingginya insidensi penyakit dan periode inkubasi virus. Jumlah serangga vektor yang tinggi menyebabkan insidensi penyakit semakin tinggi dan periode inkubasi virus semakin singkat, begitu pula sebaliknya. Aktivitas dan perilaku makan serangga vektor sangat menentukan kemampuannya untuk menularkan virus (Adilah dan Hidayat, 2014; Selangga et al., 2021). Penularan oleh serangga kutu kebul sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu didapatnya serangga pada tanaman yang sakit, jumlah serangga, dan lamanya masa inokulasi yang terjadi pada tanaman sehat (Munandar dan Suwandi, 2021). Periode makan kutu kebul selama 30 menit dan masa inkubasi dalam serangga antara 10–11 hari tergantung kondisi lingkungan atau ekosistem hama tersebut, sedangkan masa inkubasi dalam tanaman 10–20 hari (Nurtjahyani dan Murtini, 2015).

2.7.1 Siklus Hidup *Bemisia tabaci* Genn.

Siklus hidup adalah selang waktu sejak telur diletakkan hingga saat imago betina meletakkan telur untuk pertama kalinya (Hidayat et al., 2017). Kutu kebul *B. tabaci* memiliki siklus metamorfosis berupa telur,

empat instar nimfa, dan imago. Lama hidup kutu kebul tergantung dengan keadaan lingkungan dan faktor lain. Telur berbentuk bulat panjang, memiliki panjang sekitar 0,2–0,3 mm dan lebar sekitar 0,08 mm dengan tangkai yang pendek pada salah satu ujungnya, berwarna putih dan berubah menjadi kekuningan saat embrio berkembang dan biasanya tertutup lilin, serta menjadi berwarna coklat setelah 24 jam. Telur diletakkan pada bagian bawah daun. Masa inkubasi telur bergantung pada keadaan lingkungan, yaitu sekitar 4–6 hari pada suhu 26–32°C atau 10–16 hari pada suhu 18–22°C. Karakter morfologi nimfa *B. tabaci* bervariasi dipengaruhi oleh kutikula dan trikoma yang ada di permukaan daun. Nimfa instar satu berbentuk bulat panjang yang panjangnya dapat mencapai 0,3 mm, berwarna hijau cerah, dan aktif bergerak. Nimfa instar dua berwarna hijau gelap dengan antena sangat pendek dengan tungkai yang tereduksi. Nimfa instar tiga mirip dengan instar dua hanya dengan ukuran yang sedikit lebih besar, nimfa instar dua dan instar tiga tidak aktif bergerak dan ukuran panjangnya dapat mencapai 0,7 mm. Nimfa pada umumnya terletak pada daun bagian tengah. Nimfa instar keempat awal memiliki mata berukuran kecil, nimfa ini tidak berganti kulit, kemudian menjadi nimfa dengan mata besar berwarna merah. Seringkali terjadi kekeliruan dalam menyebutkan nimfa dengan mata merah ini sebagai fase pupa. Nimfa instar keempat berbentuk bulat panjang, di bagian toraks agak melebar, cembung, dan abdomen tampak jelas. Lama stadium nimfa instar empat adalah 2–4 hari. Stadium nimfa secara keseluruhan

berlangsung selama 12–15 hari. Imago berwarna kuning, panjangnya sekitar 1–1,5 mm dengan sayap tertutup oleh lapisan lilin yang bertepung berwarna putih, memiliki mata faset memanjang vertikal dan menyempit di tengah, sayap belakang hampir sama besar dengan sayap depan, dan pada saat istirahat sayap ini akan menutup horizontal di atas tubuh seperti tenda. Serangga yang baru menjadi imago akan mengembangkan sayapnya selama 8–15 menit dan kemudian tubuh baru akan tertutupi tepung lilin. Ukuran serangga betina biasanya berukuran lebih besar daripada serangga jantan. Seekor betina dapat meletakkan sekitar 300 butir telur selama hidupnya. Lama hidup imago berkisar 6–7 hari dan biasanya terletak pada bagian daun pucuk (Suharto, 2007; Barbedo, 2014; Hasyim et al., 2016; Sarjan dan Nikmatullah, 2019; Rahayuwati et al., 2020).



Gambar 4. Siklus Hidup *Bemisia tabaci* Genn. (Barbedo, 2014)

Kutu kebul berkembang biak dengan dua cara, yaitu dengan perkawinan biasa dan tanpa perkawinan atau telur–telurnya dapat berkembang menjadi anak tanpa pembuahan (partenogenesis) (Nurtjahyani dan Murtini, 2015). *Bemisia tabaci* bersifat *arrhenotokous* artinya lebih banyak menghasilkan betina daripada jantan. Dengan demikian, jumlah individu betina dapat memengaruhi nilai keperidian. Jumlah imago betina yang lebih banyak daripada imago jantan dapat menimbulkan masalah jika serangga tersebut menimbulkan kerugian. Hal ini disebabkan oleh perkembangan populasi di suatu habitat ditentukan oleh banyaknya imago betina, artinya semakin banyak imago betina maka populasi akan semakin meningkat (Hidayat et al., 2017).

2.7.2 Tanaman Inang dan Kerusakan Tanaman Akibat Serangan *Bemisia tabaci* Genn.

Bemisia tabaci memiliki lebih dari satu tanaman inang yang diklasifikasikan menjadi tanaman pokok dan tanaman hortikultura (Kesumawati, et al, 2020). Tanaman yang menjadi inang utama kutu kebul tercatat sekitar 67 famili yang terdiri atas 600 spesies tanaman, antara lain famili–famili Asteraceae, Brassicaceae, Convolvulaceae, Lamiaceae, Begoniaceae, Lythraceae, Zygophyllaceae, Cucurbitaceae (mentimun, labu, labu air, pare, semangka, dan zuchini), Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Cruciferae (brokoli, kembang kol, kubis, lobak), Compositae (letus, krisan), Leguminoceae (kedelai, kacang hijau, kacang tanah, buncis, kapri), dan Solanaceae (tembakau, terong, kentang, tomat, cabai)

(Hendrival et al., 2011; Marwoto dan Inayati, 2011; Nurtjahyani dan Murtini, 2015).

Bemisia tabaci dapat menimbulkan kerusakan langsung dan tidak langsung pada tanaman (Yuliani et al., 2006; Kamaliah et al., 2022). Kerusakan langsung pada tanaman dengan menghisap cairan makanan dalam sel dan jaringan tanaman (Kamaliah et al., 2022) pada bagian-bagian yang lunak (Tuhumury dan Amanupunyo, 2013), menimbulkan gejala berupa bintik-bintik klorotik (Hendrival et al., 2011) yang terjadi karena luka akibat stilet *B. tabaci* yang menembus tanaman (Yuliani et al., 2006), menimbulkan gangguan fisiologis, menghambat proses fotosintesis dengan memacu tumbuhnya cendawan embun jelaga pada tanaman inangnya akibat sekresi embun madu yang dihasilkannya yang dapat menutup stomata (Pitojo, 2005; Hendrival et al., 2011; Hidayat, et al., 2017), pembentukan pigmen antosianin, dan menyebabkan daun berguguran dan menghambat pertumbuhan tanaman (De Barro et al., 2011).

2.7.3 Faktor Pendukung Pertumbuhan Populasi *Bemisia tabaci* Genn.

Efektivitas penularan *Begomovirus* oleh *B. tabaci* dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: strain virus, biotipe serangga, dan jenis tanaman inang. *Bemisia tabaci* biotipe B akan berkembang dengan baik pada Solanaceae dan merupakan vektor *Begomovirus* yang sangat efektif (Sulandri, 2006). Kepadatan *B. tabaci* pada cabai juga dapat dipengaruhi ciri morfologi tertentu seperti tinggi dan kerapatan trikoma pada daun,

ketebalan daun, warna daun (Tricahyati et al., 2021), bentuk daun, dan senyawa–senyawa kimia yang dihasilkan dari proses metabolisme sekunder (Adilah dan Hidayat, 2014).

Suhu merupakan faktor lingkungan utama yang mempengaruhi dinamika populasi *B. tabaci* sebagai vektor. Kondisi optimum untuk *B. tabaci* di daerah tropis adalah 28°C, dengan kisaran titik minimum–maksimum antara 15–33°C (Kesumawati, et al, 2020). Perkembangan populasi *B. tabaci* dapat sangat melimpah jika didukung musim kemarau yang sangat panjang karena kondisi tersebut cocok untuk aktivitas dan perkembangbiakannya (Sulandari, 2006; Adilah dan Hidayat, 2014; Munandar dan Suwandi, 2021). Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan mortalitas imago. Berkurangnya curah hujan hingga taraf tertentu dapat memberi peluang bagi pertumbuhan dan perkembangan *B. tabaci* (Yuliani et al., 2006). Selain itu, peluang perubahan iklim saat ini juga mempengaruhi penyebaran virus di daerah tertentu yang sebelumnya tidak memiliki riwayat infeksi virus dan vektornya (Kesumawati et al., 2020).

Peningkatan populasi serangga vektor juga berkaitan dengan ketersediaan makan dan umur tanaman. Pada fase awal pertumbuhan tanaman, populasi kutu kebul sangat sedikit. Namun, makin tua umur tanaman, populasi *B. tabaci* makin meningkat dan mencapai puncaknya pada saat tanaman berumur 60–70 hari setelah tanam. Selanjutnya, populasi kutu kebul tersebut akan menurun kembali. Setelah tanaman

berumur 45 hari, kepadatan populasi telur dan nimfa mulai menurun. Tanaman pada umur tersebut kurang sesuai atau tidak disukai lagi sebagai makanan dan sebagai tempat peletakan telur oleh imago *B. tabaci* karena relung ekologisnya yang berupa daun–daun muda sudah tidak ada atau dengan kata lain pertumbuhan vegetatif tanaman sudah berhenti (Yuliani et al., 2006; Tuhumury et al., 2021). Kemampuan bertahan hidup *B. tabaci* dipengaruhi oleh kebutuhan makan, perilaku seekor serangga, dan jenis makanannya, yang selanjutnya akan menentukan keperidian dan strategi reproduksinya. Tanaman inang merupakan salah satu faktor biotik yang dapat memengaruhi aspek biologi dan kelangsungan hidup suatu organisme (Hidayat et al., 2017).

2.8 Pengendalian Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai

Pengendalian penyakit daun keriting kuning masih sulit dilakukan hingga saat ini karena beberapa faktor, antara lain kisaran inang yang luas, keragaman genetik yang tinggi, vektor serangga *B. tabaci* yang bersifat polifag, multiplikasi oleh beberapa spesies, rekombinasi antar spesies, dan adanya DNA satelit yang berpotensi mempengaruhi gejala (Kandito, et al, 2021). Cara pengendalian penyakit daun keriting kuning cabai yang paling murah dan mudah dilakukan adalah dengan melakukan eradikasi tanaman sakit maupun tanaman inang alternatifnya pada masa pertanaman (Sulandri, 2006) dan pada masa panen sampai saatnya ditanami cabai pada pertanaman berikutnya (Sulandri et al., 2006).

Penggunaan varietas yang tidak sesuai juga menyebabkan penurunan produktivitas cabai dan menyebabkan tanaman rentan terhadap serangan hama dan penyakit (Kesumawati, et al, 2020). Salah satu upaya pengendalian PepYLCIV yang efektif adalah menggunakan varietas resisten (Putri et al., 2018). Namun, secara komersial ketersediaannya terbatas dan membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkannya. Selain itu, varietas resisten umumnya hanya bertahan beberapa musim tanam saja (Putri et al., 2018). Sampai saat ini, varietas cabai yang resisten penyakit tersebut masih terus dikembangkan (Kusumanegara et al, 2020).

Berdasarkan sifat–sifat *Begomovirus* yang menyerang cabai di Indonesia, strategi pengendalian yang sekiranya tepat untuk diterapkan adalah pengendalian secara terpadu dengan mengutamakan menanam bibit sehat (bebas virus) dan tanaman harus dikelola agar selalu tetap sehat (Nurtjahyani dan Murtini, 2015), menanam kultivar resisten/toleran, sanitasi lingkungan, dan pengelolaan serangga vektor. Menanam bibit cabai sehat merupakan cara pengendalian yang paling efektif (Sulandri, 2006). Karena tanaman yang sehat akan lebih resisten terhadap infeksi virus (Nurtjahyani dan Murtini, 2015). Pengadaan bibit bebas virus dapat dilakukan dengan melakukan pembibitan pada lokasi yang terisolasi pada lingkungan yang bukan merupakan tempat yang cocok untuk perkembangan vektornya, misalnya di sekitar pertanaman padi. Untuk menghindari serangan *B. tabaci* pada pembibitan cabai, dapat dilakukan

penutupan bedengan menggunakan kain kasa yang kedap terhadap serangga (Sulandri, 2006).

Pemantauan keberadaan hama secara reguler dan intensif oleh petani merupakan langkah pengendalian yang tepat sebelum hama merusak tanaman. Tindakan ini juga sebagai dasar analisis ekosistem untuk pengambilan keputusan dalam melakukan pengendalian yang diperlukan. Pengambilan keputusan untuk menentukan pengendalian hama didasarkan pada hasil pemantauan ambang populasi serangga atau ambang kerusakan ekonomi yang ditimbulkan oleh hama. Keputusan meliputi berbagai tindakan pengendalian yang mempertimbangkan perlu tidaknya aplikasi insektisida. Pengendalian kutu kebul dianjurkan pada waktu populasinya masih rendah, sebelum terjadi gejala embun tepung di daun. Perkembangan populasi kutu kebul sangat cepat, karena itu pengendalian tidak boleh terlambat (Marwoto dan Inayati, 2011).

Kutu kebul biasanya ada di bawah daun dan akan terbang bila ada sentuhan atau getaran sehingga relatif sulit dalam pengendaliannya (Nurtjahyani dan Murtini, 2015). Pengendalian serangga vektor dapat dilakukan secara terpadu, antara lain menggunakan tanaman yang resisten, pengelolaan budidaya tanam, dan pengendalian serangga vektor secara langsung. Penetapan strategi ini dengan dasar pertimbangan bahwa *Begomovirus* isolat cabai memiliki kisaran inang yang cukup luas. *Begomovirus* tersebut sangat efektif ditularkan oleh *B. tabaci* (Marianah, 2020) dan dengan satu ekor kutu kebul sudah dapat menularkan penyakit

tersebut. Pengendalian serangga vektor secara langsung dapat menggunakan bahan kimia ataupun agens hayati dengan memanfaatkan predator dan parasitoid serta menggunakan cendawan entomofag. Pengendalian *B. tabaci* juga dapat dilakukan dengan cara konservasi dan augmentasi musuh alaminya (Sulandri, 2006).

Pengendalian menggunakan pengelolaan budidaya tanam dapat dilakukan dengan mengatur pola tanam, menanam tanaman perangkap, misalnya tanaman yang berdaun lebar di sekitar pertanaman cabai, menanam tanaman *barrier* di pematang dengan tanaman jagung, sorgum dan sejenisnya, serta menanam tanaman resisten serangga vektor maupun virusnya, kiranya mempunyai prospek yang baik. Pola tanam yang baik untuk diterapkan adalah menanam tanaman resisten atau bukan inang *Begomovirus* sebagai tanaman sela atau untuk tumpang sari, misalnya tanaman bawang-bawangan atau tanaman dari famili *Amaranthaceae* maupun *Chenopodiaceae* (Sulandri et al., 2006). Cara ini merupakan langkah yang bijaksana untuk mencegah terjadinya epidemi. Penanaman cabai secara monokultur atau menanam kultivar cabai yang sama dalam areal yang luas sangat tidak dianjurkan (Sulandri, 2006).

Cara pengendalian yang dapat dilakukan untuk menekan keberadaan serangga vektor antara lain pengendalian secara fisik. Penggunaan mulsa merupakan salah satu cara yang dapat menekan keberadaan serangga vektor. Keberadaan serangga hama pada penggunaan mulsa plastik hitam cenderung lebih sedikit jika dibandingkan

dengan penggunaan mulsa jerami. Jika serangga menyukai warna tertentu, sangat memungkinkan serangga juga tidak menyukai warna tertentu. Jika warna yang tidak disukai atau kurang disukai tersebut digunakan sebagai warna mulsa maka dapat mencegah masuknya serangga ke pertanaman dan pada akhirnya akan menekan penyakit yang ditularkan oleh serangga vektor (Tricahyati et al., 2021).

2.9 Frekuensi Aplikasi Insektisida

Frekuensi aplikasi insektisida merupakan jumlah atau tingkat keseringan penyemprotan insektisida pada tanaman untuk mengendalikan hama. Frekuensi aplikasi insektisida diharapkan dapat mengurangi penggunaan insektisida secara berlebihan karena interval frekuensi yang dekat dan begitupun sebaliknya. Interval frekuensi aplikasi insektisida yang terlalu jauh bisa saja menyebabkan insektisida menjadi tidak efektif untuk mengendalikan hama. Aplikasi insektisida harus dilakukan pengulangan. Hal tersebut dikarenakan setelah aplikasi, residu insektisida dapat hilang dan berkurang disebabkan oleh faktor lingkungan seperti angin, panas matahari, dan insektisida yang larut terbawa air hujan (Hendra et al., 2021). Beberapa kemungkinan yang juga dapat terjadi setelah aplikasi insektisida antara lain *run off* atau aliran permukaan, penguapan, fotodekomposisi, penyerapan oleh partikel tanah, perubahan molekul pestisida menjadi bentuk yang tidak aktif melalui reaksi kimia, dan perombakan oleh mikroorganisme tanah (Wudianto, 2011).

2.10 Insektisida Berisiko Rendah

Insektisida berisiko rendah adalah insektisida yang menunjukkan selektivitas hama yang tinggi, toksisitas non-target minimal, dan daya tahan yang singkat di lingkungan. Insektisida berisiko rendah dapat memberikan alternatif yang efektif untuk produk insektisida berspektrum luas (Dale dan Borden, 2018). Abamektin dan spinetoram masing-masing telah terdaftar di Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat sebagai alternatif organofosfat dan insektisida berisiko rendah. Pestisida ini terutama sangat efektif untuk mengendalikan tungau tanaman serta beberapa serangan hama dengan takaran yang sangat rendah. Abamektin merupakan racun kontak dan racun perut serta bekerja sebagai racun saraf dengan menstimulasi gama amino asam butiran (GABA). GABA merupakan sejenis neurotransmitter. Oleh karena itu neurotransmitter bekerja berlebihan sehingga serangga target mengalami paralisis. Abamektin memiliki sedikit sifat sistemik, tetapi memiliki efek translaminar yang kuat (Putra et al., 2018). Abamektin merupakan insektisida semi-sintetik yang diisolasi dari hasil fermentasi bakteri tanah *Streptomyces avermitilis* (Pitterna, 2012). Spinetoram juga merupakan turunan insektisida semi-sintetik spinosyn J dan spinosyn L yang berasal dari hasil fermentasi bakteri tanah *Saccharopolyspora spinosa* (Crouse et al., 2012). Abamektin dan spinoteram bekerja sebagai racun saraf yang menyebabkan gejala hipereksitasi, kejang, kelumpuhan dan kematian serangga yang terkena racun. (IRAC, 2018).