

**DETEKSI SIMULTAN BERBAGAI VIRUS YANG MENGINFEKSI
TANAMAN CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens* L.) DI
KABUPATEN PRINGSEWU DAN TANGGAMUS**

(Skripsi)

Oleh

**VIRA ARRISHA PUTRI SIREGAR
1917021003**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

DETEKSI SIMULTAN BERBAGAI VIRUS YANG MENGINFEKSI TANAMAN CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens* L.) DI KABUPATEN PRINGSEWU DAN TANGGAMUS

Oleh

VIRA ARRISHA PUTRI SIREGAR

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu tanaman budidaya bernilai jual tinggi yang sering digunakan sebagai bahan penambah cita rasa masakan di Indonesia. Namun, besarnya jumlah permintaan cabai rawit menyebabkan keberadaan tanaman ini mengalami fluktuasi. Dalam meningkatkan produksi, budidaya tanaman ini mengalami berbagai kendala salah satunya infeksi virus. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan, yaitu koleksi sampel di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus, serta analisis molekuler di Laboratorium Bioteknologi, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Oktober 2022 hingga Februari 2023. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi adanya beberapa jenis virus pada cabai rawit, mengetahui karakter virus, serta mengetahui kekerabatan isolat virus yang berbeda. Penelitian ini menggunakan teknik *Multiplex Polymerase Chain Reaction* (PCR) untuk mengamplifikasi dua virus yang diduga menginfeksi tanaman cabai rawit serta untuk mendapatkan data hasil peruntukan basa nukleotida yang dilanjutkan dengan membandingkan isolat virus dengan isolat virus di daerah lain menggunakan *online software* BLAST. Isolat virus selanjutnya dianalisis dengan *software* MEGA 11 dan program ClustalW. Kemudian dilakukan analisis filogenetik untuk menentukan hubungan kekerabatan isolat virus divisualisasikan dengan *software* MEGA 11. Hasil deteksi menunjukkan tanaman cabai rawit asal Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus positif terinfeksi TYLCV dan PepYLCV dengan pita spesifik ± 912 bp dan ± 550 bp. Karakterisasi molekuler dari isolat, Ca1 KH (PepYLCV), Ca1 SPG (TYLCV), dan Ca3 KH (PepYLCV) menunjukkan jumlah basa nukleotida secara berurutan sebesar 417 basa, 884 basa, dan 457 basa. Analisis filogenetik menunjukkan isolat Ca1 SPG (TYLCV) asal Srikaton memiliki hubungan kekerabatan dengan isolat asal Bali, sedangkan isolat Ca1 KH (PepYLCV) asal Srikaton dan Ca3 KH (PepYLCV) asal Gisting Permai dalam satu kelompok yang sama menunjukkan isolat mengarah pada spesiasi.

Kata kunci: Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.), Lampung, *Multiplex* PCR, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), Virus.

ABSTRACT

SIMULTANEOUS DETECTION OF VARIOUS VIRUSES INFECTING CHILI PEPPER PLANTS (*Capsicum frutescens* L.) IN PRINGSEWU AND TANGGAMUS REGENCIES

By

VIRA ARRISHA PUTRI SIREGAR

*Chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) is one of the high-value cultivated plants that is often used as an enhancer of the taste of cuisine in Indonesia. However, the large amount of demand for cayenne pepper causes the existence of this plant to fluctuate. In increasing production, the cultivation of this plant experiences various obstacles, one of which is viral infection. This research was carried out in two stages, namely sample collection in Pringsewu and Tanggamus Regencies, and molecular analysis at the Biotechnology Laboratory, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Lampung from October 2022 to February 2023. This study aims to detect the presence of several types of viruses in chili pepper, determine the character of the virus, and find out the kinship of different virus isolates. This study used the Multiplex Polymerase Chain Reaction (PCR) technique to amplify two viruses suspected of infecting chili pepper plants and to obtain data on the results of nucleotide base traceability which was continued by comparing virus isolates with virus isolates in other regions using online BLAST software. Virus isolates were further analyzed with MEGA 11 software and the ClustalW program. Then phylogenetic analysis to determine the kinship relationships of virus isolates was visualized with MEGA 11 software. The detection results showed chili pepper plants from Pringsewu and Tanggamus districts were positively infected with TYLCV and PepYLCV with specific bands of ± 912 bp and ± 550 bp. Molecular characterization of isolates, Ca1 KH (PepYLCV), Ca1 SPG (TYLCV), and Ca3 KH (PepYLCV) shows the number of nucleotide bases respectively of 417 bases, 884 bases, and 457 bases. Phylogenetic analysis shows that Ca1 SPG (TYLCV) isolates from Srikaton are related to isolates from Bali, while Ca1 KH (PepYLCV) isolates from Srikaton and Ca3 KH (PepYLCV) from Gisting Permai in the same group show isolates showing speciation.*

Keywords: *Chili pepper (*Capsicum frutescens* L.), Lampung, Multiplex PCR, Polymerase Chain Reaction (PCR), Virus.*

**DETEKSI SIMULTAN BERBAGAI VIRUS YANG MENGINFEKSI
TANAMAN CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens* L.) DI
KABUPATEN PRINGSEWU DAN TANGGAMUS**

**Oleh
VIRA ARRISHA PUTRI SIREGAR**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **DETEKSI SIMULTAN BERBAGAI VIRUS YANG MENGINFEKSI TANAMAN CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens* L.) DI KABUPATEN PRINGSEWU DAN TANGGAMUS**

Nama Mahasiswa : **Vira Arrisha Putri Siregar**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917021003

Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Mahfut, M.Sc.
NIP 19810909 201404 1 001



Dra. Tundjung T. Handayani, M.S.
NIP 19580624 198403 2 002,

2. Ketua Jurusan Biologi

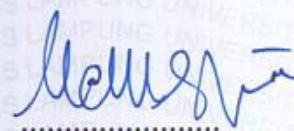


Dr. Jani Master, M.Si.
NIP 19830131 200812 1 001


MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

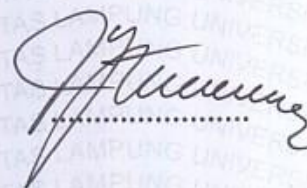
Ketua : **Dr. Mahfut, M.Sc.**



Sekretaris : **Dra. Tundjung T. Handayani, M.S.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Suratman, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Mei 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Vira Arrisha Putri Siregar
NPM : 1917021003
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Deteksi Simultan Berbagai Virus yang Menginfeksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus” adalah benar karya saya sendiri. Dalam penyelesaian karya tulis ini, saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko, sanksi atau klaim dari pihak lain yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudianditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan terhadap keaslian karya saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, penuh kesadaran yang dilandasi oleh kebenaran ilmiah yang berlaku dalam dunia akademik.

Bandarlampung, 23 Mei 2023

Yang membuat pernyataan,



Vira Arrisha Putri Siregar

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya.”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Barangsiapa yang menempuh suatu jalan untuk mendapatkan ilmu, maka Allah memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim: 2699)

“Janganlah engkau bersedih, sesungguhnya Allah Bersama kita”

(At-Taubah: 40)

“Orang yang lemah tidak mampu memaafkan. Memaafkan adalah ciri orang yang kuat”

(Mahatma Gandhi)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Jika orang lain bisa, maka aku juga bisa”

(Penulis)

Persembahan

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Maha Suci Allah,

Tiada Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang Selain Engkau.

*Sembah sujud serta rasa syukur yang tak terhingga kepada Allah Swt.
yang telah memberikan sebaik-baik kehidupan. Sholawat teriring
salam senantiasa tercurahkan kepada Suri Tauladan Rasulullah
Muhammad Saw.*

*Kata terima kasih yang tulus dan penuh kasih kepada mama yang paling
berharga, Sri Rahmawati, S.H. yang selalu mendo'akan tanpa Lelah.
Terima kasih, mama. Melaluimu, pertolongan Allah sampai kepadaku.*

*Kepada yang kuhormati Bapak dan Ibu dosen, atas ketulusan dan
keikhlasannya dalam membimbing, mengarahkan, dan memberikan
pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik setiap
harinya. Terima kasih atas segala kesempatan berharga yang telah
diberikan kepada saya.*

Serta sahabat-sahabat yang telah menemani dan berjuang bersama.

Teristimewa kupersembahkan tulisan ini...

Demí bakti kepada orang tua,

Demí manfaat kepada sesama,

dan Demí Almamater tercinta, Universitas Lampung.

RIWAYAT HIDUP



Vira Arrisha Putri Siregar atau akrab disapa Vira. Lahir di Bandarlampung pada 2 April 2001 yang merupakan anak sulung dari dua bersaudara pasangan Ferry Gagarin Siregar dan Sri Rahmawati, S.H. Bertempat tinggal di Jalan Pangeran Antasari, Kedamaian, Bandarlampung.

Penulis memulai pendidikan pertama di Taman Kanak-kanak (TK) Pratama pada tahun 2005-2007. Pendidikan dilanjutkan ke Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Tanjung Agung pada tahun 2007-2013. Kemudian, pendidikan dilanjutkan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Al-Azhar 3 pada 2013-2016 dan tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 10 Bandarlampung pada 2016-2019. Penulis resmi diterima sebagai mahasiswa di Program Studi S1-Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah botani tumbuhan rendah pada semester ganjil 2020, asisten praktikum mata kuliah ekologi pada semester ganjil 2021 dan semester ganjil 2022, serta mata kuliah fitopatologi pada semester genap 2022. Pada 2019, penulis melaksanakan Karya Wisata Ilmiah (KWI) di Desa Tambah Dadi, Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur.

Pada bulan Januari-Februari 2022, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pembibitan Direktorat Pengelolaan Koleksi Ilmiah-BRIN dengan judul laporan **“Pertumbuhan Stek Batang *Epipremnum pinnatum* (L.) Engl. Pada Berbagai Media Tanam di Pembibitan Direktorat Pengelolaan Koleksi Ilmiah-BRIN”**. Kemudian pada bulan Juli-Agustus 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Kemiling Permai, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah robbil 'alamin. Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi sebagai syarat meraih gelar Sarjana Sains. Penulisan dan penelitian skripsi berjudul **“Deteksi Simultan Berbagai Virus yang Menginfeksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus”** ini telah dilaksanakan pada bulan Oktober 2022-April 2023. terselesaikannya penulisan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan dukungan sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtuaku yang kusayangi.
2. Bapak Dr. Mahfut, M.Sc., selaku Pembimbing Utama yang telah membimbing, mengarahkan, memberi saran dan masukan selama proses penelitian serta penulisan hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Dra. Tundjung Tripeni Handayani, M.S., selaku Pembimbing Kedua yang telah membimbing, mengarahkan, memberi saran dan masukan selama proses penulisan hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Drs. Suratman, M.Sc., selaku Penguji yang telah memberikan arahan, solusi, dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

5. Bapak Ir. Zulkifli, M.Sc. (alm) dan Ibu Gina Dania Pratami, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis, yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis.
6. Ibu Selvi Helina, S.P., M.Sc., dosen yang telah membimbing dan memberi saran dalam proses penelitian.
7. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M selaku Rektor Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Dr. Jani Master, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
10. Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Kepala Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lampung.
11. Deri Pernandi, S.Pd., thank you for always encourage, support, and stay by my side to finish this eventhough sometimes it feels like the world is falling apart. You complete me and I'm so grateful to have you.
12. Sahabat-sahabat seperjuangan, Veronica Elizabeth Sijabat, Sarah, Kishy Dhea Herlanda, yang telah kebersamai dan berbagi cerita, serta memberi warna di kehidupan perkuliahanku. Semoga persahabatan kita kekal abadi, semoga persahabatan ini akan terjalin hingga ke surga-Nya nanti.
13. Teman-teman KKN Kemiling Permai, Aryan Yuhandi Putera, S.Si., Al Fina Damayanti, Kak Jessica Sinaga, Bagus Wicaksono, Rizki Dava, Lola Anovika, dan Wahyu Afdhila, atas keseruan dan kebersamaan selama terjun ke masyarakat.
14. Senior di kampus, Faradhila Amanda, S.Si., Alvin Wiwiet Susanto, S.Si., Ahad Putra Dewantara, S.Si., Zelfi Julita Dwi Putri, S.Si, Az-Zahra Septiana, S.Si., Lulu Anbiya, S.Si., Mai Sari, S.Pd., dan Ferisa Desi Aulia, S.Pd., Yosi Dwi Saputra, M.Si., yang telah berbagi cerita, memberikan saran dan masukan, serta semangat.

15. Teman-teman Biologi Angkatan 2019, atas kebersamaan dan kekeluargaannya selama masa perkuliahan.
16. Diriku sendiri, terima kasih sudah berjuang sampai saat ini. Kapan pun kamu melihat tulisan ini, jangan lupa kalau kamu hebat, kamu sudah berjuang melewati banyak hal.
17. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang belum disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis menerima saran dan masukan dari pembaca untuk penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, *Alhamdulillah*, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. *Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*.

Bandarlampung, 23 Mei 2023

Penulis,

Vira Arrisha Putri Siregar

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Manfaat Penelitian	5
1.4 Kerangka Pemikiran.....	5
1.5 Hipotesis Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	7
2.1.1 Letak Geografis Kabupaten Pringsewu.....	7
2.1.2 Letak Geografis Kabupaten Tanggamus	8
2.2 Cabai Rawit (<i>Capsicum frutescens</i> L.)	9
2.2.1 Sejarah.....	9
2.2.2 Klasifikasi	9
2.2.3 Deskripsi	10
2.2.4 Morfologi	10
2.2.5 Manfaat	12
2.2.6 Penyakit.....	12
2.3 Famili Geminiviridae	16
2.4 Begomovirus	16
2.4.1 Deskripsi	16
2.4.2 Gejala Infeksi Begomovirus.....	17

2.5	Virus Mosaik.....	19
2.5.1	Deskripsi	19
2.5.2	Gejala Infeksi	20
2.6	Gen <i>Trap</i> dan <i>Rep</i>	21
2.7	Metode Deteksi Virus	23
2.8	Metode <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)	24
2.9	<i>Multiplex</i> PCR.....	25
2.10	Amplifikasi DNA.....	26
III.	METODE PENELITIAN	29
3.1	Waktu dan Tempat	29
3.2	Alat dan Bahan.....	29
3.2.1	Alat Penelitian	29
3.2.2	Bahan Penelitian.....	30
3.3	Rancangan Penelitian.....	31
3.4	Prosedur Kerja	31
3.4.1	Koleksi Sampel	31
3.4.2	Ekstraksi DNA Sampel	32
3.4.3	Ekstraksi RNA Sampel.....	34
3.4.4	Uji Kuantitatif Hasil Ekstraksi DNA Sampel.....	35
3.4.5	Amplifikasi DNA dengan <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)....	35
3.4.6	Visualisasi Hasil PCR dengan Elektroforesis	39
3.4.7	Sekuensing	39
3.4.8	Analisis Data	39
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Penelitian	41
4.1.1	Survei dan Koleksi Sampel.....	41
4.1.2	Gejala di Lapangan.....	42
4.1.3	Isolasi DNA Sampel	48
4.1.4	Isolasi RNA Sampel	50

4.1.5 Hasil Isolasi DNA dan RNA	51
4.1.6 Amplifikasi cDNA dengan <i>Reverse Transcriptase</i> (RT).....	52
4.1.7 Amplifikasi DNA dengan <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)....	58
4.1.8 Analisis Sekuensing.....	59
4.2 Pembahasan.....	71
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Gejala infeksi Begomovirus pada cabai rawit terinfeksi pada beberapa	19
2. Sekuen nukleotida yang digunakan dalam <i>Multiplex</i> PCR	27
3. Sekuen nukleotida primer universal SPG1/SPG2 yang digunakan dalam reaksi PCR	36
4. Sekuen nukleotida primer universal TICV-CF dan TICV-CR yang digunakan dalam reaksi PCR	37
5. Sekuen nukleotida primer universal CMV-F dan CMV-R yang digunakan dalam reaksi PCR.....	37
6. Komposisi reaktan untuk satu kali reaksi ampifikasi dengan metode PCR	37
7. Komposisi reaktan untuk RT-PCR (cDNA).....	37
8. Optimasi suhu dan waktu untuk reaksi PCR	38
9. Deskripsi gejala infeksi begomovirus yang ditemukan pada 16 isolat cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus	46
10. Nilai absorbansi keempat sampel hasil uji kuantitatif kemurnian DNA dan RNA	52
11. Persentase kandungan basa isolat PepYLCV dan TYLCV yang menginfeksi tanaman cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus	63
12. Isolat-isolat virus yang dibandingkan dengan sampel Ca1 KH, Ca1 SPG, dan Ca3 KH untuk analisis filogenetik	64
13. Hasil penyejajaran (alignment) isolat PepYLCV menggunakan program Clustal W yang menunjukkan adanya mutasi delesi, translasi dan transversi	65
14. Hasil analisis kejadian mutasi pada isolat Ca1 KH, Ca1 SPG, dan Ca3 KH PepYLCV.....	68
15. Hasil analisis perubahan asam amino pada isolat Ca1 KH, Ca1 SPG, dan Ca3 KH PepYLCV	70

- 16.**Frekuensi asam amino gen CP pada isolat PepYLCV yang menginfeksi
Cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus..... 71
- 17.**Nilai jarak genetik gen CP pada isolat PepYLCV yang menginfeksi cabai
rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Cabai Rawit.....	11
2. Tanaman cabai rawit terinfeksi	19
3. Tanaman cabai rawit yang telah terinfeksi	21
4. Transcriptional activator protein (TrAP) dan protein C2	22
5. Skema Pendekatan <i>Multiplex</i> PCR.....	26
6. Diagram alir rancangan penelitian.....	31
7. Tahapan koleksi sampel penelitian.....	32
8. Tahapan ekstraksi DNA sampel	34
9. <i>Multiplex Template PCR Reaction</i>	36
10. Homologi sekuen asam amino dari sebagian <i>sekuen coat</i>	36
11. Peta pengambilan sampel cabai rawit.....	42
12. Variasi gejala infeksi virus pada tanaman cabai di Desa Srikaton	43
13. Variasi Gejala Infeksi Virus Pada Tanaman Cabai di Desa Mataram	43
14. Variasi Gejala Infeksi Virus Pada Tanaman Cabai di Desa Gisting Permai ...	44
15. Variasi Gejala Infeksi Virus Pada Tanaman Cabai di Desa Dadapan	44
16. Isolat hasil isolasi DNA.....	50
17. Isolat hasil isolasi RNA	51
18. Visualisasi hasil amplifikasi DNA	58
19. Sekuen nukleotida Ca1 KH PepYLCV (Srikaton), Ca1 SPG PepYLCV (Srikaton), dan Ca3 KH PepYLCV (Gisting Permai)	61
20. Hasil pencarian homolog sekuen isolat Ca1 KH (Srikaton) dengan program BLAST	61

21. Hasil pencarian homolog sekuen isolat Ca1 SPG (Srikaton) dengan program BLAST	62
22. Hasil pencarian homolog sekuen isolat Ca3 KH (Srikaton) dengan program BLAST	62
23. Pohon filogenetik isolat PepYLCV dan isolat PepYLCV asal daerah lain dengan bootstrap 1000 kali	74

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu jenis sayuran budidaya bernilai jual tinggi yang sering digunakan sebagai bumbu dan penambah cita rasa masakan di Indonesia. Selain itu, masyarakat memiliki berbagai cara untuk mengkonsumsi cabai rawit. Tumbuhan ini digunakan dalam industri kesehatan sebagai asimilasi obat-obatan herbal bahkan sebagai agen anti kanker. Cabai rawit mengandung senyawa kimia penting yang bermanfaat sebagai obat, seperti antioksidan, *lasparaginase*, dan *capsaicin* (Kilham, 2006). Banyaknya industri yang membutuhkan cabai rawit sebagai bahan baku menyebabkan cabai rawit memiliki nilai jual yang tinggi. Produktivitas cabai rawit mengalami peningkatan selama kurun waktu 2018-2020, tercatat pada tahun 2018 mencapai 57 ton/ha, tahun 2019 sebesar 82,32 ton/ha, dan pada tahun 2020 mencapai 531 ton/ha (BPS,2020). Namun, pada tahun 2021 mengalami penurunan produktivitas cabai mencapai 2,4% (518 ton/ha) (BPS, 2021). Peningkatan produktivitas cabai rawit di Indonesia pada tahun 2022 mengalami peningkatan yang sangat signifikan, yaitu 11,5% (1,55 juta ton/ha) (BPS, 2022).

Rendahnya produksi cabai rawit diakibatkan oleh beberapa faktor, antara lain serangan hama tanaman berupa serangga dan mikroorganisme seperti virus, bakteri, dan jamur. Selain itu, ditemukan bahwa cabai rawit sama seperti tanaman lainnya yang tidak terlepas dari patogen penyebab infeksi sehingga menyebabkan penyakit. Pada setiap penyakit memiliki intensitas dan dampak serangan maupun infeksi yang berbeda, namun tetap berakibat pada berkurangnya hasil panen atau bahkan tidak ada produksi (Vivaldy dkk., 2017).

Dalam meningkatkan produksi cabai rawit di Indonesia, pembudidayaan cabai rawit mengalami berbagai hambatan salah satunya yaitu infeksi virus (Kurniawati dkk., 2015). Virus yang banyak menginfeksi

tanaman cabai rawit di Indonesia hingga menurunkan hasil panen diantaranya *Chili veinal mottle potyvirus* (CVMV), *Cucumber mosaic cucumovirus* (CMV), *Peppers mild mottle potyvirus* (PMMV), dan *Pepper yellow leaf curl virus* (PYLCV) (Vivaldy dkk., 2017). *Pepper yellow leaf curl Indonesian virus* (PepYLCV) yang disebabkan oleh Begomovirus di Indonesia pertama kali dilaporkan oleh Hidayat dkk. (1999) menginfeksi tanaman cabai rawit di Jawa Barat. Untuk meningkatkan kembali produksi dan kualitas cabai rawit telah dilakukan dengan berbagai cara, namun hal tersebut sering kali tidak berjalan sebagaimana mestinya.

Kendala penyakit yang terjadi berupa infeksi oleh bakteri, jamur, dan virus. Diantara ketiga infeksi tanaman tersebut, infeksi virus merupakan infeksi yang sangat sulit untuk dikendalikan dan berakibat pada kegagalan panen. Penyakit akibat infeksi virus pertama kali dilaporkan tahun 1999 di Jawa Barat, berupa daun keriting kuning pada cabai rawit. Virus dari genus Geminivirus menjadi penyebab utama dari gejala penyakit tersebut (Hidayat dkk., 1999). Penyakit ini menyebar ke berbagai pusat budidaya tanaman cabai rawit di Indonesia dengan sangat cepat khususnya di Sulawesi Utara (Polli dkk., 2019). Paath dan Ratulangi (2014) melaporkan bahwa penyakit utama yang menyerang tanaman cabai rawit yang banyak ditemukan di daratan Minahasa adalah antraknosa, layu bakteri, dan penyakit mosaik virus. Umumnya, virus menginfeksi bagian daun dan buah pada cabai rawit yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti lingkungan, vektor penular, jenis cabai yang diinfeksi, atau adanya hubungan kekerabatan (Thumumury dan Amanupunyo, 2013).

Sebagai contoh, penularan Begomovirus disebabkan oleh vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) (Olive *et al.*, 2019). Infeksi Begomovirus mengakibatkan terjadinya penyakit kuning atau bulai (Sudiono dkk., 2006). Kutu kebul sebagai vektor dalam penularan penyakit kuning ini dan bersifat dinamis, yaitu tanaman yang terinfeksi virus kuning dan dikonsumsi oleh kutu kebul akan menjadi vektor pembawa virus tersebut selama siklus hidupnya (Kurniawan dan Fitria, 2021).

Geminivirus diklasifikasikan menjadi empat genus berdasarkan kisaran inang, vektor serangga, dan organisasi genom. Famili ini terpecah menjadi empat genus, yaitu Mastrevirus, Curtovirus, Begomovirus dan Topocuvirus. Begomovirus memiliki gejala penyakit yang mirip dengan *Pepper yellow leaf curl diseases*, yang telah banyak dilaporkan di berbagai negara diantaranya Thailand, Bangladesh, Spanyol, dan Indonesia tepatnya di pulau Jawa dan Sumatera yang kemudian diketahui masih berkerabat. Kejadian pada beberapa negara tersebut memiliki gejala yang hampir sama antara satu sama lain (Trisno dkk., 2014). Analisis keterkaitan virus daun keriting dengan virus daun keriting lainnya menunjukkan bahwa virus tersebut berkerabat dekat dengan *Pepper yellow leaf curl Indonesian virus (PYLCV)* (Wilisiani dkk., 2014).

Geminivirus memiliki suatu gejala penyakit yang sangat khas pada cabai rawit yaitu tulang daun menebal, terdapat mosaik, tepi daun menggulung ke atas, dan helai daun berwarna kuning cerah (Sulandari dkk., 2006). Kemudian tanaman mengalami perlambatan pertumbuhan (kerdil), kuncup bunga mengalami absisi, dan perkembangan serbuk sari terhambat (Yogidran *et al.*, 2021). Virus telah ditemukan dengan banyak metode dengan cara konvensional yaitu dengan memeriksa gejala khas tanaman yang terkena penyakit. Namun metode ini tidak dapat memastikan bahwa gejala tersebut disebabkan oleh virus lain (Aidawati, 2006). Wabah penyakit yang disebabkan oleh virus yang menghambat produksi cabai rawit memerlukan suatu metode untuk mendeteksi virus pada tanaman, antara lain dengan metode *Polymerase Chain Reaction (PCR)*.

Saat ini perkembangan dan pengaplikasian teknik PCR yang dikenal sebagai upaya mencari dan mengetahui berbagai virus pada tanaman. Penelitian sebelumnya yang dilakukan Darmawan (2016) telah berhasil mendeteksi virus genus MYMIV dengan menggunakan pasangan primer universal PAL1v1978/ PAR1c715, sedangkan Shih *et al.* (2010) berhasil mengidentifikasi *Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)* pada tanaman tomat menggunakan pasangan primer universal PAL1v1978/ PAR1c715.

Selain itu, Septiana (2022) juga berhasil menemukan virus dalam tomat *Tomato yellow leaf curl thailand virus* (TYLCV) di Provinsi Lampung dengan primer universal SPG1 dan SPG2. Penelitian-penelitian sebelumnya membuktikan bahwa teknik PCR terbukti mampu mendeteksi dan mengidentifikasi virus spesifik yang menginfeksi tanaman.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, telah dilaporkan sudah pernah dilakukan deteksi molekuler virus di Kotamadya Bandarlampung, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Lampung Selatan pada tanaman Solanaceae. Hasil penelitian menunjukkan Begomovirus telah menginfeksi tanaman Solanaceae salah satunya cabai rawit di lokasi tersebut dengan beberapa gejala yaitu daun menguning, daun keriting, kekerdilan, *vein clearing*, daun menggulung, mosaik, dan klorosis. Hasil analisis filogenetik menunjukkan Begomovirus isolat Kotamadya Bandarlampung, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Lampung Selatan memiliki hubungan kekerabatan yang dekat dengan isolat dari negara Indonesia (Bali, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Sumatera Utara, Yogyakarta, dan Jawa Timur) dan negara lainnya (Cina, Laos, Thailand, dan Malaysia) dengan persentase kemiripan sebesar 91,63%; 94,57%; dan 91,99% (Anbiya *et al*, 2022). Akan tetapi, belum ada laporan resmi terkait penelitian tersebut di Kabupaten Tanggamus sehingga diperlukan penelitian lanjutan terkait infeksi Begomovirus, *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), dan *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus.

Penelitian menggunakan teknik *Multiplex* PCR mengenai infeksi dan deteksi molekuler virus pada tanaman cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus belum pernah dilakukan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk memberikan data dan informasi terbaru mengenai infeksi virus pada tanaman cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus serta untuk mengetahui kekerabatan isolat virus dengan isolat yang ada di daerah lain.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi beberapa jenis virus yang berbeda pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus.
2. Mengetahui karakter molekuler virus menggunakan analisis sekuensing.
3. Mengetahui kekerabatan isolat virus di Kabupaten Pringsewu dan Kabupaten Tanggamus dengan isolat virus di daerah lain berdasarkan analisis filogenetik.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan data dan informasi mengenai virus yang menginfeksi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus.
2. Dapat digunakan sebagai acuan penelitian lanjutan mengenai virus yang menginfeksi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di daerah lain.

1.4 Kerangka Pemikiran

Cabai rawit merupakan salah satu tanaman budidaya yang memiliki nilai jual tinggi di Indonesia. Tingginya tingkat konsumsi masyarakat terhadap cabai rawit membuat banyak petani membudidayakannya. Dalam pembudayaannya, petani mengalami berbagai kendala. Kendala terbesar saat ini diakibatkan oleh penyakit yang menginfeksi tanaman dan mengakibatkan kegagalan panen. Kendala penyakit yang dimaksudkan adalah adanya infeksi oleh bakteri, jamur, dan virus.

Data di lapangan menyebutkan bahwa cabai rawit di Indonesia banyak terinfeksi oleh virus, yaitu *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV) yang termasuk ke dalam Genus Begomovirus (Sudiono dkk., 2006). Gejala utama yang timbul pada tanaman yang terinfeksi adalah perubahan warna daun menjadi warna kuning terang, penebalan tulang daun, dan penggulangan daun.

Cabai rawit yang terinfeksi virus di bagian daun akan menunjukkan gejala belang-belang hijau gelap, bercak-bercak hijau gelap, dan kadang kadang pola-pola tersebut menyatu ke tulang daun di dekatnya, *leaf cupping*, *epinasty*, dan nekrosis.

Analisis hubungan kekerabatan virus penyebab daun keriting pada cabai rawit dengan Begomovirus lain menunjukkan bahwa virus tersebut berkerabat dekat dengan isolat dari berbagai negara seperti Thailand, Bangladesh dan Spanyol. Sedangkan di Indonesia, infeksi Begomovirus sudah terdeteksi di Pulau Jawa dan Sumatera (Trisno dkk., 2014). Untuk membuktikan hal tersebut, diperlukan penelitian terkait identifikasi penyakit akibat Begomovirus yang dilakukan dengan teknik *Multiplex PCR* untuk mengamplifikasi gen *TrAP* dan *Rep*. Penelitian mengenai deteksi virus pada tanaman cabai rawit di Kabupaten Pringsewu sudah pernah dilakukan oleh Anbiya *et al.* (2022). Namun, deteksi virus pada tanaman cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus dengan teknik *Multiplex PCR* belum pernah dilakukan. Maka dari itu untuk keterbaharuan informasi dilakukan deteksi virus pada cabai rawit yang ada di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus untuk mengetahui kekerabatan dengan isolat yang ada di daerah maupun negara lain.

1.5 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini diambil beberapa hipotesis, yaitu sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa virus yang terdeteksi menginfeksi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus yang berbeda dari penelitian sebelumnya dengan teknik *Multiplex Polymerase Chain Reaction (PCR)*.
2. Didapatkan karakter molekuler virus yang menginfeksi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) dengan analisis sekuensing.
3. Adanya hubungan kekerabatan antara isolat virus pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus dengan daerah dan negara lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

2.1.1 Letak Geografis Kabupaten Pringsewu

Kabupaten Pringsewu dengan luas wilayah 625 km² yang terdiri 9 kecamatan yaitu Pringsewu, Pagelaran, Pardasuka, Gadingrejo, Sukoharjo, Ambarawa, Adiluwih, Banyumas dan Pagelaran Utara. Kabupaten Pringsewu saat ini merupakan kabupaten terkecil dan terpadat di Provinsi Lampung. Secara geografis, Kabupaten Pringsewu terbentang pada 104°45'25"- 105°08'42"BT dan 05°08'10"- 05°34'27"LS.

Menurut data Dinas Pertanian Kabupaten Pringsewu (2020), Kabupaten Pringsewu memiliki wilayah pedesaan yang luas dan subur yaitu 354 hektar, sehingga sangat berpotensi untuk pengembangan tanaman palawija seperti tomat, cabai, sayuran, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, singkong dan ubi jalar. Komoditas palawija tersebut menjadi komoditas yang cukup diandalkan dan tidak hanya dipasarkan di Kabupaten Pringsewu, tetapi juga tersebar di luar Provinsi Lampung, seperti Jakarta dan Palembang.

2.1.2 Letak Geografis Kabupaten Tanggamus

Secara geografis Kabupaten Tanggamus terletak antara $104^{\circ}18'$ - $105^{\circ}12'$ BT dan $5^{\circ}05'$ - $5^{\circ}56'$ LS dan memiliki luas wilayah 3.356,61 km² yang mencakup wilayah daratan dan perairan. Salah satu dari dua teluk utama di Provinsi Lampung terletak di Kabupaten Tanggamus yaitu Teluk Semaka yang memiliki garis pantai sepanjang 200 km dan menjadi tempat mengalirnya dua sungai penting yaitu Way Sekampung dan Way Semaka. Selain itu, Kabupaten Tanggamus dipengaruhi oleh udara pantai tropis dan dataran pegunungan dengan suhu udara sejuk rata-rata 28°C. Kabupaten Tanggamu memiliki batas wilayah di sebelah utara yang berbatasan dengan wilayah Lampung Barat dan Lampung Tengah. Di selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia. Kabupaten Lampung Barat berbatasan di sisi barat. Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Lampung Selatan.

Kabupaten Tanggamus memiliki 28 kecamatan dengan luas total 3.356,61 km². Kota Agung dipilih sebagai pusat pemerintahan Kabupaten Tanggamus karena Kota Agung memiliki syarat kelancaran penyelenggaraan pemerintahan sehari-hari dan kemampuan membuka jalan untuk mendapatkan informasi lebih banyak. Kabupaten Tanggamus berpotensi dalam aspek perkebunan sehingga berkembang pesat dan signifikan. Luas area perkebunan mencapai 30% dari luas wilayah dan menjadi tempat para penduduk mencari mata pencaharian dengan memproduksi tanaman perkebunan antara lain kelapa sawit, kelapa, karet, kopi, kakao dan lada. Produksi tanaman perkebunan rakyat (Ton) Kabupaten Tanggamus dapat dilihat pada lampiran 2.

2.2 Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)

2.2.1 Sejarah

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) telah digunakan sejak tahun 2500 SM di Amerika Selatan dan Tengah, termasuk Meksiko (Wijoyo, 2009). Penyebaran cabai rawit diyakini bertepatan dengan kedatangan Christopher Columbus pada 14 Oktober 1492 di Amerika. Sejak saat itu, Columbus tertarik untuk membawa cabai ke Eropa bersama biji-bijian khas Amerika lainnya.

Cabai rawit pertama kali diperkenalkan ke Indonesia oleh pelaut Portugis Ferdinand Magellan (1480-1521). Selain itu, pedagang India juga turut andil dalam penyebaran cabai di Indonesia. Mereka membawa cabai melintasi pulau Sumatera (Djarwaningsih, 2005).

2.2.2 Klasifikasi

Cabai rawit diklasifikasikan pada famili terung-terungan (Solanaceae), dan termasuk tanaman semusim atau berumur pendek yang tumbuh sebagai perdu (Wijoyo, 2009). Dalam sistematika tumbuh-tumbuhan menurut Cronquist (1981), cabai rawit dapat diklasifikasi sebagai berikut:

Regnum : Plantae
Divisio : Magnoliophyta
Classis : Magnoliopsida
Ordo : Solanales
Familia : Solanaceae
Genus : *Capsicum*
Species : *Capsicum frutescens* L.

Cabai rawit memiliki beberapa nama daerah. Di daerah Jawa dikenal dengan lombok japlak, mengkreng, cengis, ceplik, atau cempling. Dalam bahasa Sunda cabai rawit disebut cengek. Sementara orang-orang di Nias dan Gayo menyebutnya dengan nama lada limi dan pentek. Secara internasional, cabai rawit dikenal dengan nama *thai pepper* (Tjandra, 2011).

2.2.3 Deskripsi

Cabai rawit merupakan salah satu tanaman budidaya bernilai jual tinggi yang sering digunakan sebagai bumbu dan penambah cita rasa masakan di Indonesia. Cabai rawit dapat dibudidayakan baik pada daerah beriklim sedang maupun tropis di seluruh bagian dunia. Di dalam cabai rawit terdapat kandungan *capsaicin* yang menyebabkan sensasi pedas yang dapat meningkatkan nafsu makan (Sari, 2017).

2.2.4 Morfologi

Cabai rawit termasuk tanaman famili terung-terungan (Solanaceae), berbentuk perdu, dan tergolong tanaman semusim. Cabai rawit memiliki banyak cabang, dengan bunga dan buah yang tumbuh dari setiap cabang.

a. Akar

Cabai rawit memiliki akar tunggang yang terdiri dari akar utama (primer) dan akar lateral (sekunder). Serat akar terbentuk dari akar lateral. Panjang akar utama bervariasi antara 35 sampai 50 cm (Prajnanta, 2007).

b. Daun

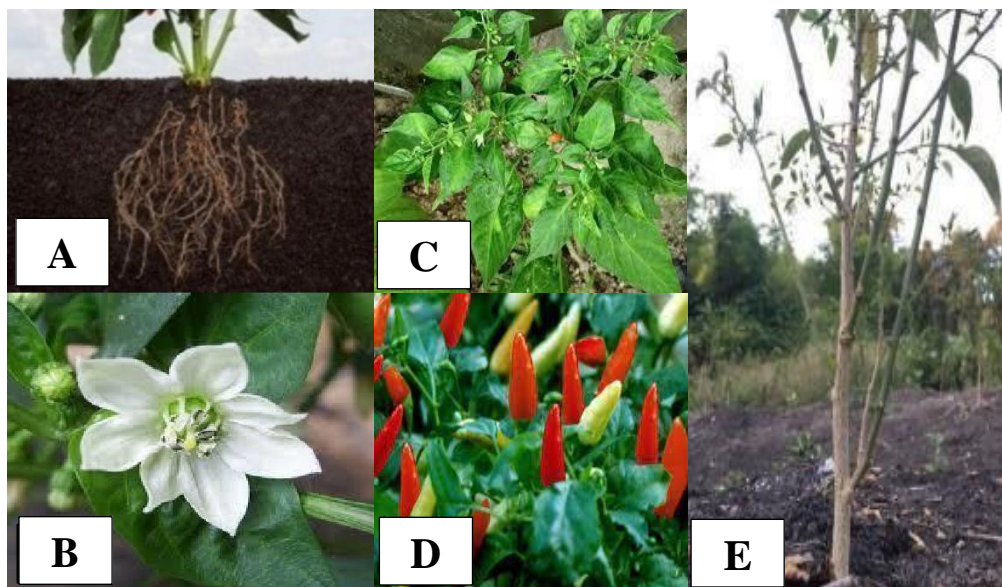
Daun cabai rawit tersebar dan ukuran daunnya bervariasi. Panjang batang 0,5–2,5 cm, elips-lanset, pangkal dan ujung meruncing. Warna daun cabai rawit bervariasi dari hijau muda sampai hijau tua tergantung spesies dan varietasnya (Wijoyo, 2009).

c. Batang dan Bunga

Batang cabai rawit berkayu, kuat, bercabang lebar, dan bercabang banyak. Tingginya bisa mencapai 1,5 meter. bagian batang yang masih muda berbulu halus (Wijoyo, 2009). Bunga cabai rawit muncul dari ketiak daun, berbentuk terompet dan mengandung bunga sempurna dengan benang sari dan putik terletak menyatu pada batang (Agromedia, 2008).

d. Buah dan Biji

Cabai rawit bervariasi dalam ukuran, bentuk, warna dan tingkat panas. Bentuk buahnya menyerupai tabung memanjang dan berbentuk kerucut. Warna buah bervariasi antara hijau, merah, jingga, kuning atau ungu dan bijinya kuning muda (Djarwiningsih, 2005). Menurut Djawarningsih (2005), cabai rawit tumbuh berpasangan atau bahkan lebih pada setiap ruasnya, kebanyakan sangat pedas. Morfologi cabai rawit dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Morfologi Cabai Rawit (A) Akar, (B) Bunga, (C) Daun, (D) Buah, (E) Batang (Adiyanto, 2021).

2.2.5 Manfaat

Cabai rawit digunakan dalam banyak hal dalam kehidupan sehari-hari, termasuk sebagai bahan dalam penyiapan makanan. Cabai rawit kaya akan *capsaicin*, minyak esensial *capsitol*, dan bioflavonoid serta nutrisi. Cabai rawit kaya akan vitamin A dan mineral yang memiliki efek sangat positif bagi kesehatan tubuh. Cabai rawit juga semakin diminati di berbagai industri, seperti industri farmasi, kosmetik, pewarna, oleoresin dan lainnya (Harpenas dan Dermawan, 2010).

2.2.6 Penyakit

Penyakit mosaik yang disebabkan oleh virus merupakan faktor pembatas utama dalam budidaya cabai rawit. Beberapa virus telah dilaporkan menginfeksi berbagai kultivar cabai di Indonesia (Duriat *et al.*, 1994). Salah satu yang paling sering menginfeksi tanaman cabairawit dan menyebabkan kerugian yang serius adalah infeksi virus. Beberapa virus juga menginfeksi tanaman cabai, antara lain *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Chilli mottle virus* (CVMV), *Potato virus Y* (PVY), dan *Tobacco mosaic virus* (TMV) yang dapat menyebabkan gejala mosaik. Gejala penyakit cabai rawit antara lain bercak kuning di sekitar urat daun, penebalan urat daun dan layu daun. Gejala lanjut menunjukkan daun muda menjadi kecil, helaian daun berwarna kuning cerah atau hijau muda berselang-seling dengan warna kuning dan terang, dan akhirnya tanaman menjadi kerdil (Sulandari dkk., 2004). Berikut beberapa penyakit yang biasa menyerang tanaman cabai rawit.

1. Geminivirus

Helaian daun mengalami *vein clearing* mulai dari pucuk daun menjadi kuning cerah, urat menebal dan daun melengkung ke atas. Infeksi Geminivirus tingkat lanjut menyebabkan daun layu dan menguning, tanaman kerdil dan tidak berbuah. Kehadiran penyakit ini sangat merugikan karena dapat mempengaruhi produksi buah.

Selain cabai rawit, virus ini juga mampu menginfeksi tanaman buncis, gula bit, babadotan, atau tanaman pertanian yang lain. Penyakit ini disebabkan oleh Geminivirus dengan diameter partikel isometri berukuran 18–22 nm. Geminivirus mempunyai genom sirkular DNA tunggal. Virus dapat ditularkan melalui penyambungan dan melalui vektor *Bemisia tabaci* Genn. (Aji, 2015).

2. *Cucumber mosaic virus (CMV)*

Cucumber mosaic virus (CMV) termasuk dalam kelompok Cucumovirus bersama dengan *Peanut stunt virus dan Cabaio aspermy virus*. Virus ini memiliki kisaran inang terluas dari semua virus tanaman yang diketahui saat ini dan telah dilaporkan menginfeksi lebih dari 800 genus tanaman dan dapat menyebabkan kerusakan yang luas pada tanaman cabai. Gejala khas pada tanaman cabai adalah pembentukan helaian daun, klorosis antara urat dan tepi daun, daun agak tua menggulung, urat daun menebal, tepi daun berwarna kuning pucat hingga kuning muda. Infeksi lanjut menyebabkan daun mengerut dan berubah menjadi kuning cerah, tanaman menjadi kerdil dan tidak berbuah (Nyana dkk., 2012).

3. *Chilli veinal mottle potyvirus (ChiVMV)*

Beberapa anggota Potyvirus pernah dilaporkan menginfeksi tanaman cabai, antara lain *Chilli-venous mottle potyvirus (ChiVMV)*. Beberapa faktor yang menyebabkan penyakit ini menyebar lebih luas antara lain serangga yang berperan sebagai agen infeksi (vektor), jenis cabai yang ditanam, dan cara panen. Serangga vektor yang melakukan penyebaran virus berasal dari kelompok aphid. Tanaman cabai rawit yang terinfeksi bercak daun menunjukkan gejala bercak hijau tua dan kadang-kadang pola ini menyatu dengan urat daun di dekatnya, pengeritingan daun, epinasti dan nekrosis. Tanaman cabai rawit yang terinfeksi biasanya kerdil dan cacat. Terkadang buah juga

memiliki gejala cacat atau terdistorsi, sehingga menghasilkan produksi dan kualitas yang buruk (Nuraeni, 2011).

4. *Tobacco mosaic virus* (TMV)

Salah satu virus yang umumnya menginfeksi cabai rawit adalah TMV. Di lapangan, TMV dapat disebarkan melalui alat budidaya dan secara mekanis melalui gesekan antara tanaman sakit dan tanaman sehat. Selain itu, persistensi yang lama di luar tanaman inang membuat TMV mampu beradaptasi di dalam tanah dan menginfeksi tanaman baru melalui luka mekanis pada akar cabai. Virus ini menyebabkan pertumbuhan vegetatif berkurang, sehingga menurunkan hasil dan komponen hasil tanaman cabai. Selain itu, infeksi TMV menghambat pertumbuhan reproduksi tanaman cabai yang dibuktikan melalui fluktuasi jumlah dan berat buah cabai (Ripangi, 2012).

5. *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV)

PepYLCV merupakan virus penyebab penyakit keriting kuning pada cabai (Adilah dan Hidayat, 2014). Gejala utama tanaman yang terinfeksi adalah pewarnaan daun yang kuning cerah, penebalan urat daun, dan pengeritingan daun. Infeksi yang berlanjut menyebabkan daun layu dan tanaman menderita. Gejala infeksi PepYLCV pada cabai rawit dimulai melalui terbentuknya bercak kuning pada daun muda, yang kemudian menyebar ke daun yang lebih tua dimana muncul bercak kuning pada daun. Gejala lanjutan dapat muncul berupa mosaik serta daun muda yang mengeriting dan mengerut (Sari, 2020).

Infeksi PepYLCV dapat terjadi pada tahap vegetatif dan reproduksi, hal ini dapat mengurangi hasil secara kuantitatif dan kualitatif. Mekanisme penetrasi virus *yellow curl* ke dalam tubuh tanaman disebarkan oleh serangga kutu kebul, sehingga dapat dikatakan bahwa kutu kebul merupakan penyebar penyakit. Serangga ini membantu penyebaran virus ke tanaman pada saat pengisapan tanaman dengan vektor seekor serangga

berupa cairan tanaman atau mengambil makanan dari tanaman yang terinfeksi, kemudian menularkan virusnya. Ini bersirkulasi dalam cairan tubuh serangga dan kemudian di kelenjar ludah. Ketika serangga tersebut kembali menghisap atau memakan tanaman yang sehat, virus masuk ke dalam tanaman langsung dari cairan mulut serangga yang telah memiliki virus di dalam tubuhnya (Suryadi, 2021).

6. *Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)*

Tomato yellow leaf curl virus merupakan virus penyebab gejala mosaik kuning pada beberapa tanaman hasil pertanian. Gejala yang ditimbulkan oleh infeksi virus antara lain menyebabkan kekerdilan pada tanaman, arah cabang dan tangkai daun cenderung tegak, anak daun berukuran kecil, kisut dan cekung, serta pada bagian pinggir daun menunjukkan warna kuning yang ditularkan oleh kutu kebul. Penyebaran TYLCV tidak hanya terjadi dengan kontak antar tanaman, hal ini karena virus tidak dapat ditularkan secara mekanis dan juga tidak ditularkan melalui biji (Gunaeni dan Purwati, 2013).

7. *Tomato infectious chlorosis virus (TICV)*

Tomato infectious chlorosis virus adalah salah satu penyebab terjadinya penyakit klorosis pada tanaman tomat dengan gejala berupa daun menguning dan klorosis pada bagian antara tulang daun. Gejala klorosis akut dan kronis akan menyebabkan daun mengalami nekrotik atau kematian jaringan sehingga bersifat rentan, ukuran buah menjadi lebih kecil, mudah gugur, dan disfungsi pada proses pematangan yang mengakibatkan menurunkan hasil panen. Serangga vektor yang menularkan TICV adalah jenis *Trialeurodes vaporariorum* dalam kurun waktu sebentar karena vektor bersifat aktif dan *semipersistent* (Kurniawati dkk., 2015).

2.3 Famili Geminiviridae

Geminiviridae merupakan salah satu famili virus yang dibedakan menjadi empat genus, yaitu Begomovirus, Mastrevirus, Curtovirus, dan Topovirus (Sebayang, 2013). Anggota virus dalam Famili Geminiviridae banyak menginfeksi tanaman hortikultura, seperti tanaman yang tergolong dalam Famili Solanaceae, contohnya tomat dan cabai (Faizah, 2012). Virus ini memiliki genom DNA berbentuk bundar (sirkuler), untai tunggal, dan terselubung dalam partikel isometrik kembar. Virus ini dapat menginfeksi berbagai jenis tanaman, mulai dari tanaman hortikultura hingga tanaman hias di daerah tropis dan sub-tropis. Salah satu genus dari Geminiviridae yang menginfeksi tanaman hortikultura adalah Begomovirus.

2.4 Begomovirus

2.4.1 Deskripsi

Begomovirus adalah genus virus partikel ganda (Geminivirus atau Geminiviridae) dalam bentuk virus tanaman DNA beruntai tunggal melingkar. DNA Begomovirus relatif kecil dan diselubungi partikel *geminata*. Genom Begomovirus dapat berupa unipartit atau bipartit (Fauquet *et al.*, 2005). Infeksi penyakit ini menunjukkan gejala salah satunya yaitu bercak kuning. Awal mula kemunculan penyakit daun menguning ini yaitu pada tahun 2008 dan berdampak pada gagal panen serta kerugian mencapai 100% (Santoso, 2013).

Begomovirus dapat ditularkan oleh serangga vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) dari famili Hemiptera yang memiliki kisaran inang yang luas dan menginfeksi tanaman dikotil. Penyebaran infeksi virus ini cukup luas (Brown dan Czosnek, 2002). Di Thailand, Begomovirus tidak hanya menginfeksi cabai rawit, tetapi juga tanaman labu kuning (Cucurbitaceae). Penyakit ini berkerabat dengan *Pumpkin leaf curl virus* dan menginfeksi tanaman labu kuning (*Cucurbita pepo* L.).

Selain itu, sejak tahun 1996 gejala penyakit menguning daun yang parah telah terlihat pada tanaman mentimun. Samretwanich *et al.* berhasil mendeteksi Begomovirus dengan mendapatkan urutan nukleotida Begomovirus dari mentimun (*Cucumis melo* L.), melon (*Cucumis melo* var. *reliculatus*), dan tanaman lilin serta labu (*Benincasa hispida* Cogn.). Infeksi Begomovirus terparah terjadi pada cabai rawit di Jawa Barat pada tahun 1999 dan disebabkan oleh PepYLCV. Genus PepYLCV termasuk dalam genus Begomovirus dan famili Geminiviridae (kelompok Geminivirus). Berdasarkan klasifikasinya, famili Geminiviridae dibagi menjadi empat genus berbeda, yaitu Mastrevirus, Curtovirus, Topocuvirus, dan Begomovirus, berdasarkan urutan genetik, tanaman inang, dan vektor infeksi (Fauquet *et al.*, 2005).

2.4.2 Gejala Infeksi Begomovirus

Begomovirus menginfeksi tanaman muda, mulai dari daun muda atau pucuk sehingga tanaman tidak dapat berproduksi sama sekali dan menyebabkan tanaman menjadi kerdil. Tanaman yang terinfeksi Begomovirus menunjukkan gejala berupa klorosis pada daun, tepi daun menggulung, daun keriting, daun menguning sampai tanaman menjadi kerdil, serta daun menjadi kaku dan apabila diremas akan pecah seperti kerupuk sehingga disebut penyakit kerupuk (Trisno dkk., 2014).

Gejala awal yang ditimbulkan pada daun cabai rawit berupa penjernihan tulang daun (*vein clearing*) yang kemudian berkembang menjadi warna kuning, penebalan tulang daun, dan penggulangan daun (*cupping*). Infeksi lanjut geminivirus menyebabkan daun-daun mengecil, berwarna kuning cerah, dan tanaman menjadi kerdil (Sulandari dkk., 2006). Genom virus dalam famili Geminiviridae berbentuk ssDNA melingkar. Replikasi virus ssDNA terjadi dalam inti sel dan sintesis protein dalam sitoplasma serta perakitan virus

baru terjadi dalam inti sel. Setelah berada dalam sitoplasma sel, ssDNA akan masuk ke dalam inti sel melalui pori inti sel dan menggunakan DNA polimerase sel tanaman inang akan membentuk dsDNA (Akin, 2021).

Tingginya aktivitas virus memungkinkan akan mempengaruhi proses metabolisme sehingga dapat menurunkan proses pertumbuhan tanaman, hal ini merupakan salah satu penyebab tanaman menjadi kerdil. Metabolisme utama yang terganggu yaitu proses fotosintesis yang berhubungan dengan pigmen klorofil. Tanaman yang mendapat infeksi CMV kemungkinan akan mereduksi pertumbuhannya baik fase vegetatif maupun generatif. Beberapa penelitian telah membuktikan infeksi virus mampu menurunkan pertumbuhan tanaman, menurunkan hasil dan komponen hasil tanaman.

Selain itu, bila intensitas cahaya yang diterima rendah maka jumlah cahaya yang diterima oleh setiap luasan permukaan daun dalam jangka waktu tertentu rendah. Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme sehingga menyebabkan penurunan laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat. Penurunan fotosintesis pada tanaman terinfeksi virus merupakan akibat dari menurunnya efisiensi kloroplas.

Mekanisme fisiologi yang terjadi mengakibatkan penurunan pertumbuhan antara lain perubahan aktivitas hormon pertumbuhan dan berkurangnya kemampuan tanaman dalam pengambilan nutrisi (Hamidah, 2013). Variasi gejala infeksi Begomovirus pada cabai rawit tersebut ditampilkan pada **Gambar 2** dan dipaparkan dalam **Tabel 1**.



Gambar 2. Tanaman cabai rawit terinfeksi (A) *vein clearing*; (B) pucuk daun cabai rawit berpenyakit (Trisno dkk., 2014)

Tabel 1. Gejala infeksi Begomovirus pada cabai rawit terinfeksi pada beberapa daerah di Indonesia (Sulandari, 2006; Nyana dkk., 2014)

Jenis Virus	Daerah pengambilan sampel	Gejala
<i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV), <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV), dan <i>Chili pepper vein mottle virus</i> (ChiVMV)	Badung, Karangasem, Bangli Buleleng, Gianyar, Klungkung, dan Tabanan	<i>Cupping, curling, mosaic</i> , serta menghasilkan buah yang kecil
	Bali	Klorosis, daun melengkung ke arah atas, tulang daun menebal, pinggir daun menjadi pucat sampai kuning terang, tanaman
	Denpasar	<u>kerdil, dan tidak berbuah</u>
<i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)	Jawa Tengah Muntilan dan Klaten	Daun keriting, menguning, tanaman kerdil

2.5 Virus Mosaik

2.5.1 Deskripsi

Virus mosaik termasuk kedalam Cucumovirus. Virus berbentuk isometrik dengan diameter 30 nm. Virus ini mempunyai suhu inaktivasi antara 60-750°C, dengan titik pengenceran akhir 10-4. Dalam tanaman sakit, virus akan menjadi inaktif setelah disimpan selama 96 jam pada suhu kamar. Virus mosaik dapat ditularkan

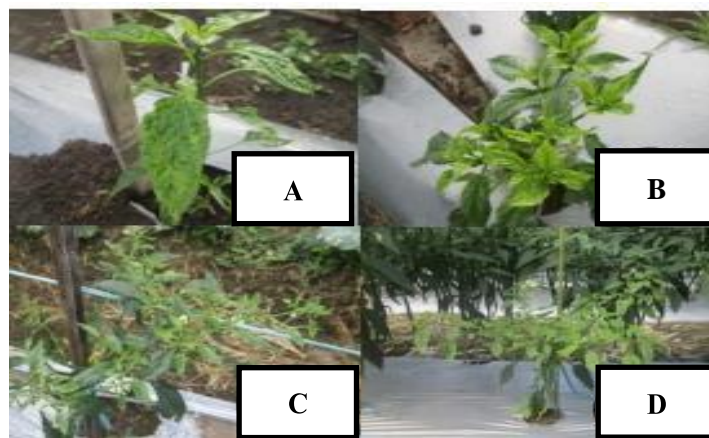
secara mekanis, oleh lebih dari 60 jenis kutu daun secara non-persisten, termasuk *Myzus persicae* dan *Aphis gossypii*, serta melalui biji beberapa tanaman inang (Gonzalves dan Garnsey, 1989). Virus mosaik termasuk jenis virus yang mempunyai sebaran tanaman inang yang sangat luas dan dapat menyerang 775 jenis tanaman dari 85 famili, termasuk famili Cucurbitaceae, Papilionaceae, Solanaceae dan Cruciferae. Diantara tanaman tersebut yang sering ditemukan berada disekitar tanaman tembakau adalah tomat, cabai, mentimun, terung, buncis, kacang tunggak, dan kacang panjang. Penularan virus melalui biji dan infeksi pada beberapa tumbuhan liar terbukti memegang peranan penting dalam penyebaran dan perkembangan penyakit di lapang.

2.5.2 Gejala Infeksi

Gejala penyakit virus pada populasi tanaman inang merupakan hasil interaksi antara virus, tanaman inang, dan lingkungan. Faktor lain yang berpengaruh adalah campur tangan manusia yang berperan dalam mengubah sistem pertanaman. Beberapa tanaman yang terinfeksi virus memiliki gejala seperti daun mosaik, belang, klorosis, nekrosis, belang, daun mati, dan bercak cincin (Mahfut dkk., 2016). Manusia mempunyai peran yang sangat penting dalam penyebaran penyakit virus dan vektornya. Manusia dapat mempengaruhi patogenisitas virus, kerentanan tanaman terhadap virus, vektor, dan lingkungan disekitar pertanaman. Manusia merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam penyebaran penyakit pada tumbuhan karena mempunyai mobilitas yang tinggi sehingga dalam waktu singkat dapat membawa tanaman sekaligus vektor dan penyakitnya ke tempat-tempat yang jauh dalam waktu yang relatif singkat, meskipun harus melalui barrier yang sangat keras.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Vivaldy dkk. (2017) menunjukkan bahwa pada lokasi pertanaman cabai rawit sudah terdapat adanya infeksi patogen penyebab penyakit virus, dan ini

terjadi sejak tanaman berumur 2 minggu sesudah dilakukan *transplanting*. Gejala yang muncul yaitu mula-mula pada bagian atas tanaman atau daun yang baru terbentuk terjadi perubahan warna berupa warna agak pucat kemudian berkembang menjadi warna kuning atau klorosis pada helaian daun, sedangkan pada bagian tulang daun masih berwarna hijau. Selanjutnya perubahan warna ini akan berkembang ke daun yang lain dengan menunjukkan warna yang agak kekuningan, ada kalanya berbentuk keriting atau melengkung keatas.



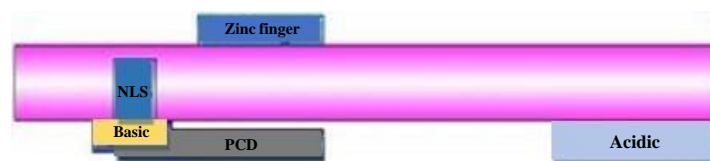
Gambar 3. Tanaman cabai rawit yang telah terinfeksi virus pada umur: (A) 21 hst; (B) 35 hst; (C) 49 hst dan (D) 63 hst (Vivald dkk., 2017)

2.6 Gen *Trap* dan *Rep*

Gejala penyakit virus pada populasi tanaman inang merupakan hasil interaksi antara virus, tanaman inang, dan lingkungan. Faktor lain yang berpengaruh adalah campur tangan manusia yang berperan dalam mengubah sistem pertanaman. Beberapa tanaman yang terinfeksi virus memiliki gejala seperti daun mosaik, belang, klorosis, nekrosis, belang, daun mati, dan bercak cincin (Mahfut dkk., 2016). Manusia mempunyai peran yang sangat penting dalam penyebaran penyakit virus dan vektornya. Manusia dapat mempengaruhi patogenisitas virus, kerentanan tanaman terhadap virus maupun vektor dan terhadap lingkungan disekitar pertanaman. Manusia merupakan salah satu media yang sangat penting dalam penyebaran

penyakit, karena mempunyai mobilitas yang tinggi sehingga dalam waktu singkat dapat membawa tanaman sekaligus vektor dan penyakitnya ke tempat-tempat yang jauh dalam waktu yang relatif singkat, meskipun harus melalui barrier yang sangat keras.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Vivaldy dkk. (2017) menunjukkan bahwa pada lokasi pertanaman cabai sudah terdapat adanya infeksi patogen penyebab penyakit virus, dan ini terjadi sejak tanaman berumur 2 minggu sesudah dilakukan *transplanting*. Gejala yang muncul yaitu mula-mula pada bagian atas tanaman atau daun yang baru terbentuk terjadi perubahan warna berupa warna agak pucat kemudian berkembang menjadi warna kuning atau klorosis pada helaian daun, sedangkan pada bagian tulang daun masih berwarna hijau. Selanjutnya perubahan warna ini akan berkembang ke daun yang lain dengan menunjukkan warna yang agak kekuningan, ada kalanya berbentuk keriting atau melengkung keatas.



Gambar 4. Struktur genom gen *TrAP* dan protein C2 (Fondong, 2013)

TrAP yang telah dikarakterisasi dengan baik pada virus adalah protein multifungsi yang terlibat dalam aktivasi gen (Sunter dan Bisaro, 1992), patogenisitas virus (Hong *et al.*, 1996) dan penekanan pembungkaman gen. *TrAP* mengaktifkan transkripsi gen yang mengkode *Coat Protein* (CP) dan *Movement Protein* (MP) dengan cara tertentu (Hanley-Bowdoin *et al.*, 1999). Transaktivasi protein ini bergantung pada domain *zinc-finger* dan terminal-C (Hartitz *et al.*, 1999), serta pada kemampuannya untuk membentuk multimer (Yang *et al.*, 2007). *TrAP* mengatur ekspresi spesifik jaringan dari promotor CP dengan mengesampingkan penekan inang yang diduga dalam jaringan floem (Sunter dan Bisaro, 1997).

2.7 Metode Deteksi Virus

Berbagai metode digunakan untuk mendeteksi virus yang didasarkan pada sifat biologis dan bagian dari partikel virus yaitu asam nukleat. Deteksi berbasis asam nukleat dapat dilakukan secara serologis dan molekuler. Salah satu teknik serologi adalah *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA), sedangkan teknik molekuler yang umum digunakan adalah *polymerase chain reaction* (PCR) (Naidu dan Hughes, 2003).

Metode serologi adalah metode yang relatif berguna untuk deteksi dan diagnosis virus tanaman, baik menggunakan antibodi poliklonal atau monoklonal. *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) adalah teknik untuk mendeteksi patogen berdasarkan reaksi antibodi dan antigen. Enzim spesifik berikatan dengan antibodi. Jika terjadi reaksi positif, enzim akan menghidrolisis substrat sehingga terjadi perubahan warna yang dapat dibaca secara visual. Metode ini sangat efektif untuk digunakan dalam pendeteksian virus karena mudah dilakukan, memberikan hasil dalam waktu singkat, dan biaya implementasinya relatif rendah. Selain itu, teknik serologi dapat digunakan untuk mendeteksi virus pada bahan tanaman dan vektor serangga.

Virus pada sampel dengan jumlah yang banyak dapat dideteksi menggunakan teknik serologi dengan ELISA. Namun, ELISA memiliki keterbatasan yaitu tidak mampu mendeteksi virus pada konsentrasi yang sangat rendah di dalam jaringan tanaman. Hal ini berbanding terbalik dengan RT-PCR, yaitu metode deteksi yang lebih sensitif dibandingkan dengan ELISA karena mampu mengetahui keberadaan virus dalam konsentrasi rendah (Sharma *et al.*, 2007). Deteksi virus dengan PCR/RT-PCR memerlukan asam nukleat sebagai templat yang diekstraksi dari jaringan tanaman.

Gejala tanaman yang terserang virus dapat dikenali dengan cara yang biasa dilakukan, yaitu dengan membersihkan urat daun yang berubah warna menjadi kuning muda, urat daun menebal dan helaian daun keriting (*couplet*). Dengan gejala lanjut daun muda mengerut, helaian daun

berwarna kuning cerah atau tetap hijau muda, dan tanaman terlihat tidak sehat (Sulandari, 2004). Namun, cara ini tidak dapat memastikan bahwa gejala tersebut disebabkan oleh virus. Deteksi virus seringkali tidak dapat dilakukan dengan metode konvensional, karena tidak semua virus dapat ditularkan secara mekanis melalui getah tanaman yang terinfeksi, sehingga sulit untuk menggunakan *bioassay* untuk mengidentifikasi dan menilai kisaran inang (Aidawati, 2006).

Deteksi dan identifikasi virus penginfeksi tanaman dapat dilakukan antara lain dengan mengamati gejala yang muncul pada tanaman yang terinfeksi, menggunakan teknik serologi dan *Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism* (PCR-RFLP) dari berbagai gen virus. Karena kesamaan gejala infeksi dengan gejala defisiensi unsur hara dan titer antigen yang rendah pada jaringan tanaman, virus penginfeksi tanamandapat salah diidentifikasi berdasarkan gejala atau teknik serologi saja. Menurut laporan, teknik PCR-RFLP lebih sensitif dan telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi virus yang terkait dengan penyakitkeriting daun cabai dan cabai (Aidawati, 2006).

2.8 Metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) memanfaatkan kehadiran enzim *Polymerase* yang bersifat termostabil untuk mengamplifikasi molekul DNA secara *in vitro*. Teknik ini mampu memperbanyak segmen DNA tertentu yang telah ditandai oleh primer dalam jumlah ribuan hingga jutaan *copy* dalam waktu beberapa jam saja (Handoyo dan Rudiretna, 2000). Kehadiran teknologi PCR telah memberikan sumbangan besar bagi ilmu pengetahuan di berbagai bidang.

Deteksi virus dengan PCR akan memberikan hasil yang akurat, cepat, dan sangat sensitif. Teknik PCR hanya memerlukan jumlah sampel yang sedikit, dan sampel dapat berupa bahan segar, sudah dikeringkan atau beku. Teknik PCR pada umumnya dapat mengatasi kendala pada pengujian virus secara serologi (Sulandari, 2004). Teknik PCR memungkinkan terjadinya proses pelipat gandaan suatu fragmen DNA. Umumnya primer yang

digunakan pada PCR terdiri dari 20-30 nukleotida.

Yusuf (2010) menjelaskan ada tiga tahapan penting dalam proses PCR yang selalu terulang dalam 30-40 siklus dan berlangsung dengan cepat yaitu sebagai berikut.

1. Pembukaan Untai Ganda DNA (*Denaturation*)

Denaturasi awal dilakukan sebelum menambahkan enzim *Taq polymerase* ke dalam tabung reaksi. Denaturasi DNA merupakan proses pembukaan DNA untai ganda menjadi DNA untai tunggal yang berlangsung sekitar 3 menit, untuk mengetahui bahwa molekul DNA telah terdenaturasi menjadi DNA untai tunggal.

2. Penempelan Primer (*Annealing*)

Waktu yang diperlukan dalam tahap *annealing* yaitu 30-45 detik. Semakin panjang ukuran primer, maka semakin tinggi temperaturnya. Temperatur yang umumnya digunakan pada tahap ini adalah antara 36°-72°C dengan suhu antara 50°-60°C.

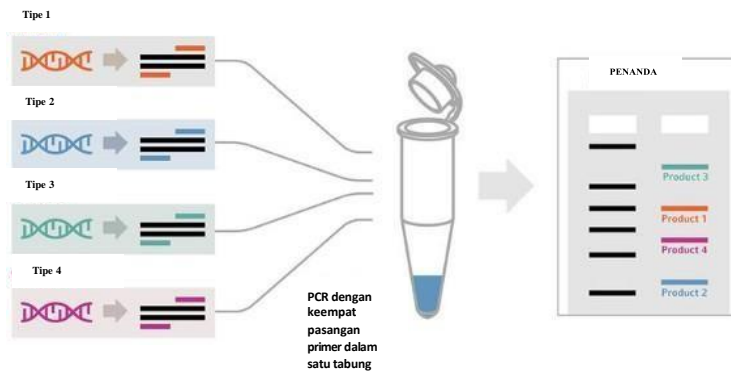
3. Pemanjangan Primer (*Extention*)

Taq polymerase memperpanjang DNA primer dari ujung 3' selama tahapan ini. Kecepatan penyusunan nukleotida oleh enzim pada suhu 72°C diperkirakan sekitar 35-100 nukleotida/detik, tergantung pada *buffer*, pH, konsentrasi garam, dan molekul DNA target. Umumnya, pada akhir siklus PCR waktu yang diperlukan untuk tahap ini diperpanjang sampai 5 menit.

2.9 *Multiplex* PCR

Multiplex PCR (mPCR) adalah salah satu aplikasi teknologi PCR yang memungkinkan amplifikasi secara simultan dari berbagai sekuen gen. *Multiplex* PCR berisi berbagai macam set primer dengan campuran reagen PCR tunggal untuk memproduksi ampikon dari berbagai ukuran yang spesifik terhadap sekuens DNA yang berbeda. *Multiplex* PCR (mPCR) ini memiliki kelebihan antara lain dapat mendeteksi patogen dalam waktu yang

bersamaan, sehingga dapat menghemat alat dan reagen yg digunakan. Teknologi ini biasanya dimanfaatkan untuk mendeteksi infeksi berbagai penyakit yg disebabkan oleh parasit, virus, jamur maupun bakteri (Aisah dkk., 2015). mPCR menggunakan protokol *Next Generation Sequencing* (NGS).



Gambar 5. Skema Pendekatan Multipleks PCR (Rosel, 2021)

2.10 Amplifikasi DNA

Multiplex PCR (mPCR) melakukan tahapan amplifikasi. Amplifikasi merupakan tahap perbanyak DNA target. DNA target diperbanyak untuk meningkatkan target. Putri (2020), menyebutkan bahwa ketika DNA diperbanyak maka hal ini akan memudahkan elektroforesis.

DNA virus diamplifikasi menggunakan primer diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Primer universal SPG1 dan SPG2

Primer universal SPG1 dan SPG2 merupakan pasangan primer yang banyak digunakan dalam identifikasi virus menggunakan teknik PCR. SPG1 (*Forward*) (5' CCCCKGTGCGWRAATCCAT-3') dan SPG2 (*Reverse*) (5' ATCCVAAYWTYCAGGGAGC TAA-3') yang mengamplifikasi bagiangen *TrAP* dan *Rep* dengan target amplicon berukuran ± 912 pb (Kintasaridkk., 2013).

b. Primer *degenerate* universal PAL1v1978-F dan PAR1c715-R Selain primer SPG1 dan SPG2, terdapat primer *degenerate* universal

PAL1v1978 dan PAR1c715 yang juga berfungsi untuk mengidentifikasi virus ini. Sekuen basa primer PAL1v1978 (*Forward*):

5'GCATCTGCAGGCCACATYGTCTTYCCNGT 3' dan PAR1c715

(*Reverse*): 5'GATTTCTGCAGTTDATRTTYTCRTCCATCCA3'

(Herman dkk., 2018).

c. Primer universal Krusty-Hommer

Primer universal Krusty-Hommer digunakan dalam deteksi molekuler virus untuk mengamplifikasi gen *coat protein* (CP) pada virus ini. Sekuen basa primer Krusty-Hommer (Krusty (*Forward*):

5'CCNMRDGGHTGTGARGGNCC'3; dan Homer (*Reverse*):

5'SVDGCRTGVGTRCANGCCAT'3) (Wilisiani dkk.,2014).

d. Primer CMV-F dan CMV-R

Primer CMV-F dan CMV-R digunakan dalam deteksi molekuler virus untuk mengamplifikasi gen *coat protein* (CP) pada virus ini. Sekuen basa primer CMV-F dan CMV-R:

CMV-F: 5'ATGGACAAATCTGAATCAAC-3'

CMV-R: 5'TCAAACGGGAGCACCC-3'

e. Primer TICV-CF dan TICV-CR

Primer TICV-CF dan TICV-CR dapat digunakan dalam deteksi TICV pada tomat. Sekuen basa primer TICV-CF (*Forward*):

5'-AATCGGTAGTGACACGAGTAGCATC-3' dan TICV-CR (*Reverse*):

5'-CTTCAAACATCCTCCATCTGCC-3' (Hartono *et al.*, 2007).

Secara lengkap nama primer, sekuen nukleotida, serta produk PCR pada masing-masing primer ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Sekuen nukleotida yang digunakan dalam Multiplex PCR

Nama Primer	Sekuen Nukleotida 5'-3'	Produk PCR
SPG1-F	5'-CCCCCKGTGCGWRAATCCAT-3'	912 bp
SPG2-R (Kintasari, dkk., 2013)	5'-ATCCVAAYWTYCAGGGAGCTAA-3'	
PAL1v 1978-F	5'GCATCTGCAGGCCACATYGTCTTYCCNGT-3'	

PAR1c 715-R (Sipriyadi dkk., 2022)	5'GATTTCTGCAGTTDATRTTYTCRTCCATCCA- 3'	1500 bp
TICV-CF	5'AATCGGTAGTGACACGAGTAGCATC-3'	416 bp
TICV-CR (Hartono <i>et.al.</i> , 2008)	5'CTCAAACATCCTCCATCTGCC-3'	
Krusty-F	5'CCNMRDGGHTGTGARGGNCC'3	
Hommer-R (Septiana, 2021)	5'SVDGCRTGVGTRCANGCCAT-3'	550 bp
CMV-F CMR-R (Miftakurohmah dkk., 2020)	5'ATGGACAAATCTGAATCAAC-3' 5'TCAAAC TGGGAGCACCC-3'	650 bp

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai dengan Februari 2023. Koleksi sampel tanaman dilakukan di lahan perkebunan cabai rawit di Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus. Analisis molekuler meliputi ekstraksi DNA, ekstraksi RNA, uji kuantitatif hasil ekstraksi, amplifikasi DNA dengan PCR, dan visualisasi hasil PCR dengan elektroforesis dilakukan di Laboratorium Bioteknologi, Jurusan Hama dan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan yaitu koleksi sampel, deteksi molekuler, dan karakterisasi molekuler. Alat yang digunakan pada koleksi sampel penelitian ini adalah *ice box*, gunting, alat tulis, amplop coklat, kantung plastik, kain hitam, dan kamera.

Alat yang digunakan pada deteksi molekuler penelitian ini adalah mortar dan pestel, neraca, mikropipet 0,5 µl–10 µl, mikropipet 10 µl–100 µl, mikropipet 100 µl–1000 µl, tabung mikrosentrifus (1,5 ml dan

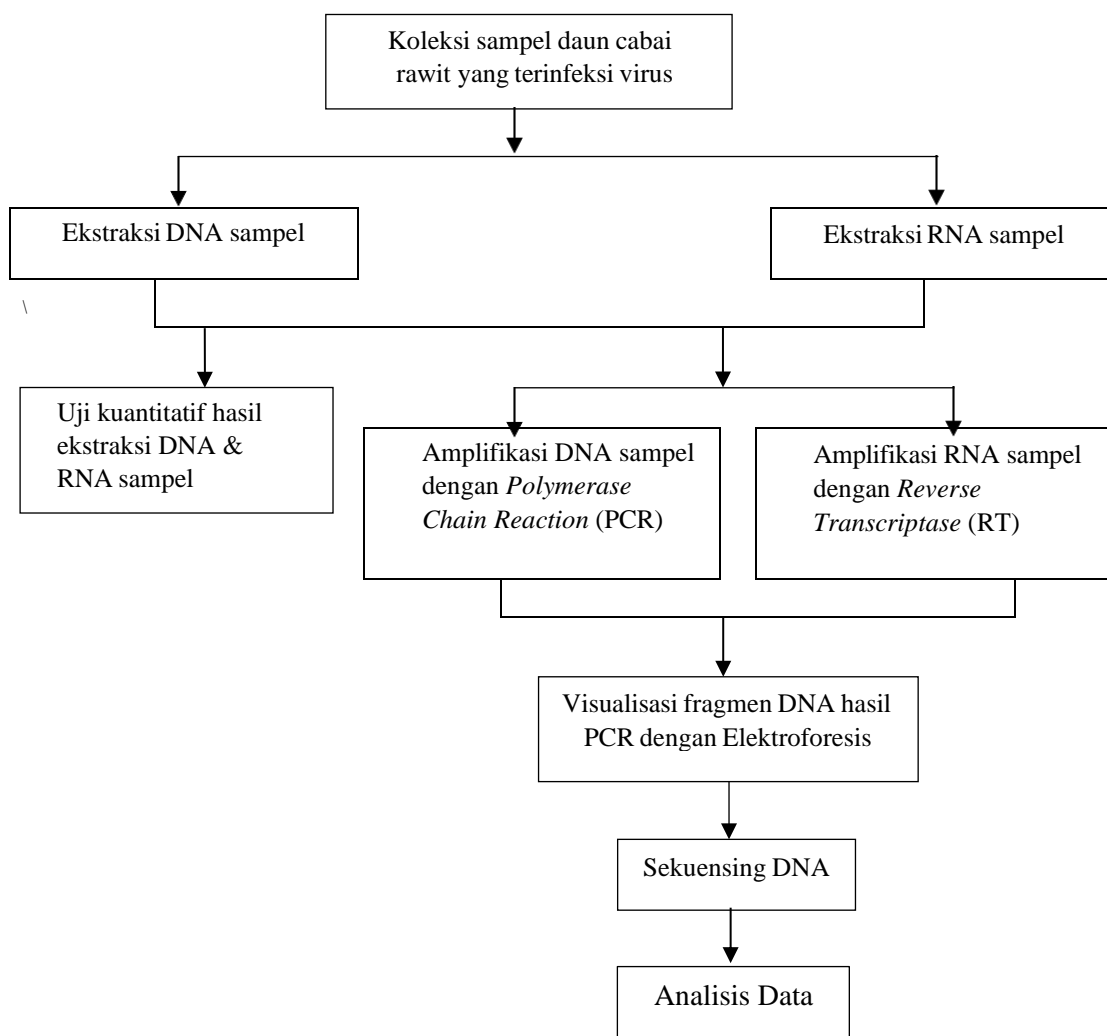
0,2 ml), mesin sentrifus, *rotamixer*, *waterbath*, *freezer*, gelas ukur, Erlenmeyer 250ml, *microwave*, *pipet tip* (*white tip*, *yellow tip*, *blue tip*), cetakan agar elektroforesis, kotak kecil agar elektroforesis, sisir elektroforesis, elektroforator, dan mesinPCR. Aplikasi yang digunakan pada karakterisasi molekuler penelitian ini adalah aplikasi Bioedit V.7.2.5, MEGA V.11.0.11 program ClustalW, dan program BLAST.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel daun cabai rawit, *Genomic DNA mini kit (plant) reaction* (Geneaid), *Genomic RNA mini kit (plant) reaction* (Geneaid), cDNA kit (Geneaid), primer SPG1 dan SPG2, primer Krusty-Hommer, *aquadest*, *Go Taq RedMaster Mix*, *DNA loading dye*, Geneaid *DNA ladder (marker)*, serbuk agarosa, Tris-Borate EDTA (TBE), *Ethidium Bromide* (EtBr), kertas label, *parafilm*, *aluminium foil*, *gloves*, dan kertas tisu.

3.3 Rancangan Penelitian

Secara ringkas, rancangan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Diagram alir rancangan penelitian

3.4 Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Koleksi Sampel

Koleksi sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*.

Sampel diambil dari Kabupaten Pringsewu dan Tanggamus. Sampel yang dikumpulkan berupa daun cabai rawit yang menunjukkan gejala penyakit akibat infeksi virus sebanyak 7-8 helai daun.

Sampel daun kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik *zip lock* dan disimpan didalam amplop, dikemas dalam amplop, yang kemudian dibungkus dengan kantong plastik dan dimasukkan ke dalam *ice box*. Sampel kemudian dibawa ke laboratorium dan disimpan di lemari es untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 7. Tahapan koleksi sampel penelitian (Dokumentasi pribadi, 2022)

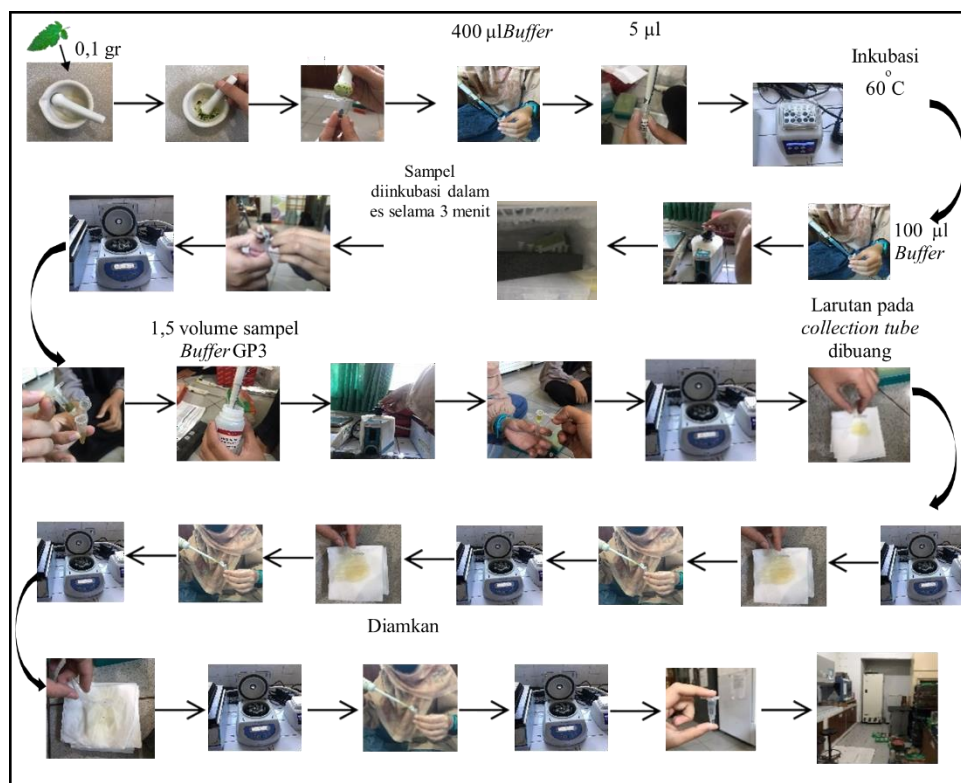
3.4.2 Ekstraksi DNA Sampel

Ekstraksi DNA dilakukan sesuai dengan protokol *Genomic DNA Mini Kit (Plant)* dari *Geneaid*. Sampel daun cabai rawit dipisahkan dari tulang daunnya dan ditimbang sebanyak 100 mg, kemudian dihaluskan menggunakan *mortar* dan *pestle* sampai halus. Setelah halus, sampel dimasukkan ke tabung *microcentrifuge* 1,5 ml dan ditambahkan 400 μ l *Buffer GP1* dan 5 μ l RNase. Kemudian campuran tersebut dihomogenkan dengan vortex. Campuran diinkubasi dalam mini inkubator pada suhu 60°C selama 10 menit. Agar tercampur rata, tabung dibolak-balik setiap 5 menit sekali. Pada saat yang sama, 200 μ l *Buffer* elusi per sampel dipanaskan. Pada akhir inkubasi ditambahkan 100 μ l *Buffer GP2* ke dalam campuran, kemudian dihomogenkan dengan vortex. Selanjutnya, campuran diinkubasi

dalam es selama 3 menit. *Filter column* ditempatkan dalam *collection tube* 2 ml dan kemudian campuran dipindahkan ke *filter column*. Campuran disentrifugasi pada 1000 rpm selama 1 menit, setelah itu *filter column* dibuang. Supernatan dari *collection tube* dipindahkan ke *tube microcentrifuge* 1,5 ml yang baru.

Buffer GP3 kemudian ditambahkan ke dalam 1,5 volume campuran dan dihomogenisasi dengan vortex selama 5 detik. *GD column* ditempatkan dalam *collection tube* 2 ml, kemudian 700 µl campuran (dan sisa endapan) dipindahkan ke *GD column* yang telah disiapkan, kemudian disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 5 menit. Larutan dalam *collection tube* kemudian dikeluarkan hingga benar-benar kering. Campuran yang tersisa di *GD column* kemudian disentrifugasi lagi pada 12.000 rpm selama 5 menit. Larutan dalam *collection tube* dibuang dan *GD column* ditempatkan kembali ke dalam *collection tube*.

400 µl *Buffer* W1 ditambahkan ke dalam *GD column* kemudian disentrifus pada 14.000 rpm selama 30 detik. Lalu larutan di dalam *collection tube* dibuang hingga benar-benar kering kemudian *GD column* dimasukkan kembali ke dalam *collection tube*. Setelah itu, 600 µl *Wash Buffer* ditambahkan ke dalam *GD column* dan disentrifus pada 14000 rpm selama 30 detik. Larutan di dalam *collection tube* dibuang kembali hingga benar-benar kering kemudian *GD column* dimasukkan kembali ke dalam *collection tube* dan disentrifugasi selama 3 menit pada 14000 rpm untuk mengeringkan matriks kolom. *GD column* yang sudah kering dipindahkan ke dalam tabung mikrosentrifus 1,5 ml yang bersih. Lalu 100 µl *Buffer* Elusi atau TE yang telah dipanaskan sebelumnya ditambahkan ke tengah matriks kolom. Campuran didiamkan selama 3-5 menit untuk memastikan *Buffer* Elusi atau TE benar-benar terserap kemudian disentrifugasi pada 14000 rpm selama 30 detik untuk mengelusi DNA yang telah dimurnikan.



Gambar 8. Tahapan ekstraksi DNA sampel (Dokumentasi pribadi, 2022)

3.4.3 Ekstraksi RNA Sampel

Tahap pertama yaitu persiapan sampel yang memerlukan 100 mg jaringan tanaman segar, tambahkan nitrogen cair pada sampel, gerus sampel dan homogenkan sebanyak 1,5 atau 2 ml pada *microcentrifuge tube*. Tambahkan 1 ml *buffer* PVR, 100 µl *buffer* PVRs, dan 10 µl β -*mercaptoetanol* lalu diinkubasi pada suhu 70°C selama 10 menit. Selama proses inkubasi, homogenkan sampel menggunakan *termomixer*, dan disentrifugasi pada 14-16.000 x g selama 5 menit.

Tahap kedua yaitu pengikatan RNA yaitu memindahkan 450 µl supernatan ke dalam 1,5 atau 2 ml pada *microcentrifuge tube* lalu tambahkan 225 µl pada 95-100% etanol. Letakkan PV *column* pada tabung dan tambahkan etanol, sentrifugasi pada 12.000 x g selama 2 menit, jika masih belum homogen maka diperlukan waktu lebih lama lagi untuk melakukan sentrifugasi. Buang natan pada PV *column* dan

diganti dengan 2 ml larutan dalam *tube*. Penghilangan DNA dapat dilakukan dengan menambahkan 100 μ l DNase yang direaksikan dengan larutan *buffer* (contohnya 50 mM Tris-HCl pH7,5, 10 mM $MnCl_2$, 50 μ l BSA pada suhu 25°C atau bufter diberikan DNA ke pusat matriks PV *column*. Tunggu selama 10 menit pada suhu ruangan kemudian dilakukan pencucian RNA.

Tahap ketiga yaitu pencucian RNA dengan penambahan 400 μ l *buffer* W1 ke dalam PV *column* dan disentrifugasi pada 12.000 x g selama 2 menit. Membuang sisa hasil sentrifugasi pada bagian atas dan dipindahkan ke PV *column* berukuran 2 ml. Tambahkan 600 μ l *buffer* pencuci yang mengandung etanol dan dilakukan sentrifugasi selama 30 detik dan 2 menit (pada kolom matriks yang kering).

Tahap keempat yaitu RNA elusi atau pemurnian RNA dengan meletakkan kolom PV kering berukuran 1,5 ml *microtube*. Tambahkan 50 μ l RNase yang telah terabsorpsi dibiarkan hingga 2 menit atau sampai RNase terabsorpsi secara sempurna. Sentrifugasi pada 12.000 x g selama 2 menit untuk memperoleh RNA yang telah dimurnikan.

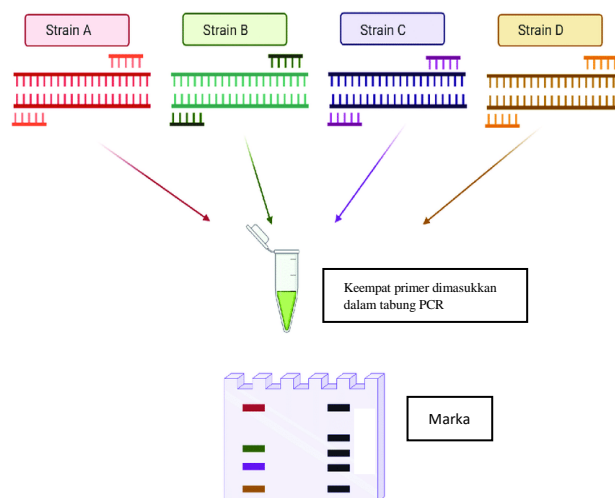
3.4.4 Uji Kuantitatif Hasil Ekstraksi DNA Sampel

Uji kuantitatif yang mengukur konsentrasi dan kemurnian DNA hasil ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Hasil sampel dianalisis pada dua panjang gelombang, yaitu 260 nm dan 280 nm, menggunakan akuades sebagai larutan blanko. Kemudian nilai serapan sampel pada kedua panjang gelombang dibandingkan untuk mendapatkan rasio serapan $\lambda_{260}/\lambda_{280}$ (Farmawati *et al.*, 2015).

3.4.5 Amplifikasi DNA dengan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

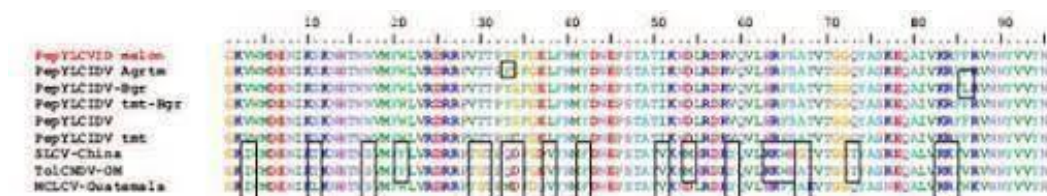
DNA hasil ekstraksi diamplifikasi dengan metode PCR menggunakan

pasangan primer universal virus, beberapa template, dan set primer dalam tabung reaksi yang sama, ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. *Multiplex Template PCR Reaction* (Azizi, 2022)

Amplifikasi DNA virus dengan teknik *Multiplex PCR* menggunakan 3 pasang primer, yaitu SPG1-F/SPG2-R, Krusty- Hommer, dan pAV494-F/pAC1048-R (Kintasari dkk., 2013 ; Hartono *et al.*, 2008 ; Miftakhurohmah dkk., 2020).



Gambar 10. Homologi sekuen asam amino dari sebagian sekuen *coat protein* Begomovirus (Wilisiani dkk., 2014)

Tabel 3. Sekuen nukleotida primer universal SPG1/SPG2 yang digunakan dalam reaksi PCR

Nama Primer	Sekuen Nukleotida 5'-3'	Produk PCR
SPG1-Forward	5'-CCCCCKGTGCGWRAATCCAT-3'	912 bp
SPG2-Reverse	5'-ATCCVAAYWTYCAGGGAGCTAA-3'	

Kintasari dkk. (2013)

Tabel 4. Sekuen nukleotida primer universal TICV-CF dan TICV-CR yang digunakan dalam reaksi PCR

Nama Primer	Sekuen Nukleotida 5'-3'	Produk PCR
TICV-CF	5'-AATCGGTAGTGACACGAGTAGCATC-3'	416 bp
TICV-CR	5'-CTTCAAACATCCTCCATCTGCC-3'	

Hartono *et.al* (2008)

Tabel 5. Sekuen nukleotida primer universal CMV-F dan CMV-R yang digunakan dalam reaksi PCR

Nama Primer	Sekuen Nukleotida 5'-3'	Produk PCR
CMV-F	5'ATGGACAAATCTGAATCAAC-3'	650 bp
CMV-R	5'TCAAACCTGGGAGCACCC-3'	

Miftakhurohmah dkk. (2020)

Tabel 6. Komposisi reaktan untuk satu kali reaksi ampifikasi dengan metode PCR

Komponen	Volume (µl)
DNA hasil ekstraksi	1 µl
Primer <i>forward</i>	1 µl
Primer <i>reverse</i>	1 µl
Go Taq Red Master Mix	12,5 µl
Aquades steril	9,5 µl
Total	25 µl

Tabel 7. Komposisi reaktan untuk RT-PCR (cDNA)

Komponen	Volume (µl)
RT Buffer	2,0
DEPC Buffer	4,5
dNTP Mix	0,5
RNAse Inhibitor	0,5
Tetro RT	0,5
Oligo (dt)	0,5
RNA Template	1,5
Total	10 µl

Terdapat beberapa komponen reaktan yang harus digunakan dalam RT-PCR (cDNA). RT *Buffer* yang digunakan haruslah 0.2 μ l, larutan ini berfungsi untuk menyeimbangkan keadaan pH dan *ionic* serta meningkatkan efisiensi *reverse transcriptase*. Kemudian diperlukan juga reaktan DECP *Buffer* sebesar 4,5 μ l. larutan ini berfungsi untuk menginaktivasi enzim RNAase yang terdapat dalam larutan. DEPC bekerja dengan cara membentuk ikatan kovalen dengan asam amino histidin (paling kuat), lisin, sistein, dan tirosin. Dalam campuran reaktan juga ditambahkan dNTP Mix sebanyak 0.5 μ l. dNTP Mix atau *deoxynucleoside triphosphates* terdiri dari gugus fosfat, gula deoksiribosa, dan basa nitrogen. dNTP bertindak sebagai *building block* DNA yang diperlukan dalam proses ekstensi DNA. Lalu dibutuhkan juga RNAse Inhibitor sebanyak 0.5 μ l. RNAse Inhibitor diperlukan untuk mencegah degradasi RNA. Tetro RT merupakan komponen untuk *reverse transcriptase* menggunakan berbagai jumlah total RNA, sehingga cDNA yang panjang dan rendah dapat dideteksi dengan amplifikasi setelah sintesis cDNA. Tetro RT cocok untuk sintesis cDNA untai pertama, konstruksi pustaka cDNA, dan produksi templat untuk analisis ekspresi gen RT-PCR. Dalam hal ini Tetro RT yang dibutuhkan sebesar 0.5 μ l. Selanjutnya yaitu oligo (dt) 0.5 μ l. Oligo (dT) adalah primer untuk menghasilkan frekuensi tinggi cDNA terpotong melalui *priming* poli(A) internal selama transkripsi terbalik. Dan komponen reaktan yang terakhir adalah RNA template 1.5 μ l. RNA Template adalah templat untuk sintesis protein yang membawa informasi dari DNA.

Tahap amplifikasi dilakukan mengikuti metode Kandito, dkk. (2018) seperti pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Optimasi suhu dan waktu untuk reaksi PCR

Tahapan Reaksi	Optimasi Suhu	Waktu
Predenaturasi	95°C	3 menit
Denaturasi	95°C	1 menit

<i>Anneling</i>	55°C	30 detik
<i>Extension</i>	72°C	1 menit 30 detik
<i>Pasca Extension</i>	72°C	10 menit
Total Siklus	40 Siklus	

3.4.6 Visualisasi Hasil PCR dengan Elektroforesis

Fragmen DNA yang diamplifikasi divisualisasikan dengan elektroforesis gel agarosa. Agarosa yang digunakan adalah 0,5%. Larutkan 0,1 g agarosa dalam 20 ml *buffer* TBE (*Tris-Borate EDTA*) dan panaskan dalam *microwave* selama 2 menit sampai benar-benar larut. Setelah itu ditambahkan 1 µl EtBr (*Ethidium Bromide*) dan dihomogenkan. Biarkan larutan agarose menghangat, lalu tuangkan ke dalam cetakan yang dilengkapi dengan sisir untuk melubangi dan diamkan selama kurang lebih 1 jam. Gel agarosa yang telah mengeras dimasukkan ke dalam tangki (kotak elektroforesis). Sumur gel agarose diisi dengan campuran 3 µl sampel produk amplifikasi DNA dan 1 µl *loading dye*. Elektroforesis dilakukan pada 50 V selama 45 menit dan divisualisasikan menggunakan Sistem *Digi-Doc-Imaging* (*Major Science*).

3.4.7 Sekuensing

Lima sampel hasil PCR dikirim menggunakan jasa PT. Genetika Science Indonesia ke 1st *Base Company* di Malaysia untuk dilakukan peruntutan basa nukleotida.

3.4.8 Analisis Data

Data hasil sekuensing sampel dimasukkan ke dalam BLAST pada NCBI untuk dipilih beberapa isolat yang memiliki kekerabatan yang tinggi dengan sekuen sampel. Selain itu, dipilih juga beberapa isolat Begomovirus yang telah teridentifikasi berasal dari daerah lain sebagai isolat pembanding. Isolat sampel uji dan beberapa isolat lain yang telah dipilih kemudian dicari presentase identitasnya menggunakan matriks presentase identitas dari perangkat Clustal Omega pada situs EMBL (*European Bioinformatics Institute*) (Saraswati, 2014). Lalu isolat sampel

uji dan beberapa isolat lain yang telah dipilih melalui NCBI tersebut disejajarkan menggunakan ClustalW Alignment MEGA V.11.0.11. Hubungan kekerabatan sampel uji cabai rawit dan beberapa sekuen yang telah dipilih akan divisualisasikan dalam pohon filogenetik menggunakan program MEGA V.11.0.11. Hubungan kekerabatan antar cabang dianalisis menggunakan analisis bootstrap 1000 kali (Mahfut *et al.*, 2020).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil deteksi menunjukkan bahwa Begomovirus telah masuk dan menginfeksi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di empat desa, diantaranya Desa Srikaton, Kecamatan Adiluwih, Kabupaten Pringsewu; Desa Mataram, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu; Pekon Gisting Permai, Kecamatan Gisting, Kabupaten Tanggamus dan Pekon Dadapan, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus yang ditunjukkan oleh pita spesifik berukuran ± 1181 bp, ± 437 bp, dan ± 457 bp.
2. Hasil karakterisasi molekuler menunjukkan bahwa sampel Ca1 KH, Ca1 SPG, dan Ca3 KH menunjukkan adanya infeksi PepYLCV pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) ukuran basa nukleotida 417 basa, 884 basa, dan 457 basa.
3. Hasil analisis filogenetik terbagi menjadi tiga kelompok, isolat Ca1 SPG (Srikaton), isolat Ca1 KH dan Ca3 KH tergabung menjadi 1 kelompok. Isolat Ca1 SPG (Srikaton) memiliki jarak genetik 0.071 (7,1%) dengan PYLCIV asal Bali dan isolat Ca1 KH (Srikaton) memiliki jarak genetik 0,054 (5,4%) dengan Ca3 KH (Gisting Permai).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan di pertanaman cabai rawit di seluruh kotamadya dan kabupaten di Lampung untuk mengkaji lebih luas tentang virus yang menginfeksi tanaman cabai rawit, serta diperlukan upaya pencegahan dan pengendalian infeksi virus di pertanaman cabai rawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, N.F. dan Hidayat, S.H. 2014. Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning dan Pertumbuhan Populasi Kutu Kebul Pada Beberapa Genotipe Cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(6): 195-201.
- Agromedia. 2008. *Tanaman Sayur*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. hlm. 120-145.
- Aidawati, N. 2006. *Keanekaragaman Begomovirus pada Cabai rawit dan Serangga Vektornya, Bemisia tabaci Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) serta Pengujian Ketahanan Genotipe Cabai rawit terhadap Strain Begomovirus. Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hlm. 42-50.
- Aisah, A.R., Soekarno, B.P.W., dan Achmad. 2015. Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Penyakit Mati Pucuk pada Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 12(3): 153-163.
- Aji, T.M. 2015. Pengelolaan Kutu Kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) dengan Sistem Barrier pada Tanaman Tembakau Management Whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) With Tobacco Plants Barrier System. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 15(1): 6-11.
- Akin, H.M. 2021. *Biologi Molekuler: Interaksi Virus dan Tumbuhan*. Pustaka Ilmu: Yogyakarta.
- Alunia, D. Z. T., Nugrahini, S. W., dan Endang, S. 2021. Analisis Produksi dan Produktivitas Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribisnis*. 21(1): 18-29.
- Anbiya, L., Mahfut, Wahyuningsih, S., and Umar, S. 2022. Survey of Pepper yellow leaf curl virus (PepYLCV) Infection on Solanaceae Plants L. in Lampung Indonesia. *The Universitas Lampung International Conference on Sciences, Technology, and Environment (ULICoSTE)*.

- Andrawening, F., Sobir, dan Deden, D. M. 2022. Respons Ketahanan Sumberdaya Genetik Lokal Cabai (*Capsicum frutescens* L. dan *Capsicum annuum* L.) terhadap Infeksi Virus Daun Keriting Kuning. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 50(1):65-72
- Ariyanti, Nur Aeni. 2011. Mekanisme Infeksi Virus Kuning Cabai (*Pepperyellow leaf curl virus*) Dan Pengaruhnya Terhadap Proses Fisiologi Tanaman Cabai. *Seminar nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS*.
- Azizi, M.M.F., dan Han, Y.L. 2022. Advanced Diagnostic Approaches Developed for the Global Menace of Rice Disease: a Review. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1-25.
- Barchenger, D. W., Yule, S., Jeeatid, N., Lin, S. W., Wang, Y. W., Lin, T. H., Chan, Y. L., & Kenyon, L. (2019). A novel source of resistance to pepper yellow leaf curl Thailand virus (PepYLCThV) (Begomovirus) in Chile pepper. *Hortikultural Science*, 54(12), 2146–2149.
- Brown, J.K., and Czosnek, H. 2002. Whitefly Transmission of Plant Viruses. *Journal of Advances in Botanical Research*. 36: 65-100.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia*. BPS RI. Jakarta.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York. hlm. 248-250.
- Darmawan, I.G.P. 2016. Identifikasi Spesies *Begomovirus* yang Berasosiasi dengan Penyakit Kuning Pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.) Berdasarkan Sekuen Gen *TRAP* dan *REP*. *Tesis*. Universitas Udayana. Bali. hlm. 40.
- Damayanti TA, Anastasya H, Yusmani P. 2019. Infeksi Alami Pepper Yellow Leaf Curl Virus dan Sweet potato virus C Pada Ubi Jalar di Malang, Jawa Timur. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 15(6):248–254.
- Djarwaningsih, T. 2005. Review: *Capsicum* spp. (Cabai): Asal, Persebaran dan Nilai Ekonomi. *Biodiversitas*. 6(4): 292-296.

- Duriat A.S., Soetarso, T.A., Prabaningrum, L., dan Sutarya, R. 1994. *Penerapan Pengendalian Hama Penyakit Terpadu Pada Budidaya Cabai*. Balai Penelitian Hortikultura Lembang. Bandung. hlm. 120-125.
- Fadhila, C., Lal, A., Vo, T. T. B., Ho, P. T., Hidayat, S. H., Lee, J., Kil, E. J. & Lee, S. 2020. The threat of seed-transmissible *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* in chili pepper. *Microbial Pathogenesis*. 143.
- Faizah, R., Sujiprihati, S., Syukur, M., dan Hidayat, S.H. 2012. Ketahanan Biokimia Tanaman Cabai Terhadap Begomovirus Penyebab Penyakit Daun Keriting Kuning. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(5):138–144.
- Fatchiyah, Arumingtyas, E. L., Widyarti, S., dan Rahayu, S. 2011. *Biologi Molekuler: Prinsip Dasar Analisis*. Erlangga. Jakarta.
- Fauquet CM, Bridson RW, Brown JK, Moriones E, Stanley J, Zerbini M, Zho X. 2008. *Geminivirus strain demarcation and nomenclature*, *Archives of Virology*. Springer.
- Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U., and Ball, L.A. 2005. *Virus Taxonomy, VIIIth report of the ICTV*. Academic Press. London (UK). pp. 20-23.
- Fondong, V.N. 2013. Geminivirus Protein Structure and Function. *Molecular Plant Pathology*. 14(6): 635-649.
- Gaswaton, R. Muhamad, S. Sri, H. H., dan Neni, G. 2016. Identifikasi Gejala dan Kisaran Inang Enam Isolat Begomovirus Cabai di Indonesia. *Jurnal Holtikultur*. 26(2):223-234
- Gonzalves, D., and Garnsey, S.M. 1989. Cross Protection on Technique for Control of Plant Virus Disease in Tropic. *Plant Disease Rep*. pp. 529-597.
- Gunaeni, N. dan Purwati, E. 2013. Uji Ketahanan terhadap *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* pada Beberapa Galur Tomat. *Jurnal Hortikultura*. 23(1): 65-71.
- Hamidah, R., dan Cece, S. 2013. Pengaruh Infeksi *Cucumber Mosaik Virus* (CMV) Terhadap Morfologi Anatomi dan Kadar Klorofil Daun Tembakau. *Buletin Tanaman Tembakau Serat dan Minyak Industri*. 5(1): 11-19.

- Handayani SO. Dan Dwi HP. 2021. Comparison of Fenol-Kloroform Method and Mini-Prep CTAB Method for Chili (*Capsicum annum* L.) Plant DNA Isolation. *Serambi Biologi*. 6(2):37-41.
- Handoyo, D., dan Rudiretna, A. 2000. Prinsip Umum dan Pelaksanaan Polymerase Chain Reaction (PCR). *Jurnal Unitas*. 9(1): 1729.
- Hanley, B.L., Settlage, S.B., Orozco, B.M., Nagar, S., and Robertson, D. 1999. Geminivirus es: Models for Plant DNA Replication, Rranscription, and Cell Cycle Regulation. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 18: 71–106.
- Hanley, B.L., Settlage, S.B., and Robertson, D. 2004. Reprogramming Plant Gene Expression: A Prerequisite to Geminivirus DNA replication. *Molecular Plant Pathology*. 5: 149–156.
- Harpenas, A., dan Dermawan, R. 2010. *Budidaya Cabai Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. hlm. 7-9.
- Hartitz, M.D., Garry, S., and David, M.B. 1999. The Tomato Golden Mosaic Virus Transcivator (TrAP) is a Single Stranded DNA and Zinc Binding Phosphoprotein wint an Acidic Activation Domain. *Virology*. 263: 1-14.
- Hartono, S. 2008. Molecular Identification of Begomovirus Causing Yellow Leaf Curl Disease on Tomato Plants in Central Java. *Journal of Acta Agrosia*. 11:69 – 74.
- Herman, H., Nainggolan, M., dan Roslim, D. I. 2018. Optimasi Suhu Annealing untuk Empat Primer RAPD pada Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). *Dinamika Pertanian*. 34(1): 41-46.
- Hidayat, S. H., E. S. Rusli, dan Nooraidawati. 1999. Penggunaan Primer Universal dalam Polymerase Chain Reaction untuk Mendeteksi Virus Gemini pada Cabe. *Prosiding Kongres Nasional XI dan Seminar Ilmiah PFI*. hlm. 355-359.
- Higgs, P. J., and Attwood, T. K. 2005. *Bioinformatics and Molecular Evolution*. Blackwell, Ltd. Oxford.

- Hong, Y., Saunders, K., Hartley, M.R., and Stanley, J. 1996. Resistance to Geminivirus Infection by Virus-Induced Expression of Dianthin in Transgenic Plants. *Journal of Virology*. 220: 119–127.
- Ilyina, T.V., and Koonin, E.V. 1992. Conserved Sequence Motifs in the Initiator Proteins for Rolling Circle DNA Replication Encoded by Diverse Replicons from Eubacteria, Eucaryotes and Archaeobacteria. *Nucleic Acids Research*. 20: 3279–3285.
- Kandito, A., Hartono, S., dan Trisyono, Y.A. 2018. First Report of Cacao Mild Mosaic Virus Associated with Cacao Mosaic Disease in Indonesia. *Plant Disease*. 10(2): 12-17.
- Kilham, W. 2006. The First of The Occurrence of Anthracnose Disease Caused by *Colletitrichum gloeosporoides* (Penz) Penz. And Sacc. On Dragon Fruit (*Hylocercus*). *American Journal of Applied Science*. 6(5): 902-912.
- Kintasari, T., Septariani, D.W.N., Sulandri, S., dan Hidayat, S.H. 2013. *Tomato Yellow Leaf Curl Kanchanaburi Virus* Penyebab Penyakit Mosaik Kuning pada Tanaman Terung di Jawa. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(4): 127-131.
- Kurniawan, H.A., dan Fitria. 2021. Neraca Kehidupan Kutu Kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan*. 4(1): 22-26.
- Kurniawati, F., Suastika, G., dan Giyanto. 2015. Identifikasi Cabai rawit *Infectious Chlorosis Virus* Penyebab Penyakit Klorosis pada Tanaman Cabai Rawit di Cipanas Jawa Barat melalui Perunutan Nukleotida Gen Protein Selubung Utama. *Jurnal Hama Proteksi Tanaman Tropika*. 15(1): 33-43.
- Laufs, J., Jupin, I., David, C., Schumacher, S., Heyraud-Nitschke, F., and Gronenborn, B. 1995. Geminivirus Replication: Genetic and Biochemical Characterization of Rep Protein Function, a Review. *Biochimie*. 77: 765-773.
- Mahendra IBG, Phabiola TA, Yuliadhi KA. 2017. Pengaruh infeksi beberapa virus terhadap penurunan hasil produksi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* Mill.) di Dusun Marga Tengah, Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar. *Agrotek Trop*. 6(3):301–309.

- Mahfut, Daryono, B.S., Joko, T., dan Somowiyarjo, S. 2016. Survei *Odontoglossum ringspot virus* (ORSV) yang Menginfeksi Anggrek Alam Tropis di Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 20(1): 1-6.
- Mahfut, Daryono B.S., dan Somowiyarjo, S. 2017b . Identifikasi Molekuler DNA Kloroplas Pada Anggrek Terinfeksi *Odontoglossum ringspot virus* (ORSV) di Magelang, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Penyakit Pada Tanaman Pertanian Ramah Lingkungan II Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komisariat Daerah Yogyakarta, Solo, dan Semarang 2016*. 354-360.
- Manzila, I., Hidayat, S. H., Mariska, I. & Sujiprihati, S. (2012). Analisis gen selubung protein Chilli Veinal Mottle Potyvirus dari beberapa daerah di Indonesia. *Jurnal AgroBiogen*, 8(1), 27-37.
- Melgarejo, T.A., Kon, T., Rojas, M.R., Carrasco, L.P., Zerbini, F.M., and Gilbertson, R.L. 2013. Characterization of a New World Monopartite Begomovirus Causing Leaf Curl Disease of Tomato in Ecuador and Peru Reveals a New Direction in Geminivirus Evolution. *Journal of Virology*. 87(10): 5397–5413.
- Miftakhurohmah, Noveriza, R., dan Mariana, M. 2020. Keragaman Genetik Cucumber mosaic virus Asal Tanaman Nilam, Karuk, Melati, dan Kumis Kucing. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 31(2): 59 – 66.
- Murtiyaningsih H. 2017. Isolasi DNA Genom Dan Identifikasi Kekerbatan Genetik Nanas Menggunakan RAPD (*Random Amplified Polimorphic DNA*). 15(1): 84-92
- Naidu, R. A., and Hughes, J.D.A. 2003. Methods for the Detection of Plant Viral Diseases in Plant Virology in Sub-Saharan Africa. *Proceedings of Plant Virology*. hlm.121.
- Nuraeni, A. 2011. Mekanisme Infeksi Virus Kuning Cabai (*Pepper yellow leaf curl virus*) dan Pengaruhnya Terhadap Proses Fisiologi Tanaman Cabai. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. hlm. 76.
- Nyana, I. D. N., Siadi, I. K., and Raka, I. G. N. 2012. Pengendalian Penyakit Mosaik (CMV) pada Tanaman Cabai Menggunakan RNA Satelit (satRNA). Laporan Hibah Penelitian Unggulan Udayana. Universitas Udayana. Denpasar. hlm. 18-21.

- Nyana, I. D. N., Temaja, I.G.R., dan Suastika, G. 2014. Pengendalian Penyakit Virus Pada Tanaman Cabai dengan Teknik Ramah Lingkungan. *Laporan Akhir Hibah Bersaing Tahun I*. Universitas Udayana. Denpasar. hlm. 17-20.
- Olive, E. F., Li-Long, P., Shu-Sheng, L., and Jesus, N. C. 2019. Transmissions of Begomoviruses and Other Whitefly-Borned Viruses Dependence on the Vector Species. *Phytopathology*. 110: 10-17.
- Orozco, B.M., Miller, A.B., Settlage, S.B., and Hanley-Bowdoin, L. 1997. Functional Domains of a Geminivirus Replication Protein. *Journal Biological Chemistry*. 272: 9840-9846.
- Oshima, K., Kakizawa, S., Nishigawa, H., Kuboyama, T., Miyata, S., Ugaki, M., and Namba, S. 2001. A Plasmid of Phytoplasma Encodes a Unique Replication Protein Having Both Plasmid- and Virus-Like Domains: Clue to Viral Ancestry or Result of Virus/Plasmid Recombination. *Journal of Virology*. 285: 270-277.
- Paath., dan Ratulangi, 2014. *Identifikasi Penyakit-Penyakit Virus pada Tanaman Cabe Rawit dan Tomat*. Kerjasama Unsrat dan Clemson University. hlm. 3.
- Polli, M.G.M., Sondakh, T.D., Raintung, J.S.M., Doodoh, B., and Titah, T. 2019. Kajian Teknik Budidaya Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) Kabupaten Minahasa Tenggara. *Eugenia*. 25(3): 73-77.
- Polston, J.E. and Anderson, P.K. 1997. The Emergence of Whitefly-transmitted in Tomato in Western Hemisphere. *Plant Disease*. 81(12):1358-1369.
- Prajnanta, F. 2007. *Agribisnis Cabai Hibrida*. Penebar Swadaya. Jakarta. hlm. 162.
- Putri, R.Z. 2020. Optimasi Amplifikasi Dna Menggunakan Metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) Untuk Karakterisasi Gen *Light Chain* (Lc) *Trastuzumab* dalam Sel *Chinese Hamster Ovary* (CHO). *Laporan Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. hlm. 60-65.
- Ripangi, A. 2012. *Budidaya Cabai*. Javalitera. Yogyakarta. hlm. 22-26.

- Rosel, S. 2021. Multiple Targets, one Run: Multipleks Your PCR. <https://handlingsolutions.eppendorf.com/samplehandling/amplification/productivity/detailview-productivity/news/multiple-targets-one-run-Multipleks-your-pcr/>. Diakses pada 05 September 2022, pukul 04.30 WIB.
- Sambrook, J., Fritsch, E. F., & Maniatis, T. 1989. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual* (2nd ed.). Cold Spring Harbor, NY, USA: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Santoso, T. J. 2013. Aplikasi Teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) Menggunakan Primer *Degenerate* Dan Spesifik Gen *AVI* untuk Mendeteksi Begomovirus pada Cabai Rawit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 4(3): 140-149.
- Sari, M. I. 2017. Respon Varietas Cabai terhadap Penularan Virus Kuning Keriting Asal Babandotan (*Ageratum conyzoides*) melalui Serangga Vektor *Bemisia Tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Skripsi*. Universitas Sriwijaya. Palembang. hlm. 17-20.
- Septiana, A. 2022. Deteksi dan Karakterisasi Molekuler Gen *Trap* dan *Rep* Begomovirus yang Menginfeksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) di Lampung Selatan. *Skripsi*. Universitas Lampung, Lampung. hlm. 27-28.
- Shafira M. Y., Stalis NE., dan Aditya RE. 2022. Deteksi *Pseudomonas Aeruginosa* Isolat Pus Luka Berbasis Polymerase Chain Reaction Menggunakan Gen *algD*. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*.
- Sharma, S., Sing, B., Rani, G., Zaidi, A.A., Hallan, U., Nagpal, A., and Virk, G.S. 2007. Production of Indian Citrus Ringspot Virus Free Plant of Kinnow Employing Chemotherapy Coupled with Shoot Tip Grafting. *Journal of Central European Agriculture*. 8(1): 1-8.
- Shih S.L., Tsai, W.S., Lee, L.M., Wang, J.T., Green, S.K., and Kenyon, L. 2010. First Report of Cabai Rawit Yellow Leaf Curl Thailand Virus Associated with Pepper leaf curl disease in Taiwan. *Plant Disease*. 94(5): 637.
- Shivaprasad, P.V., Akbergenov, R., Trinks, D., Rajeswaran, R., Veluthambi, K., Hohn, T., and Pooggin, M.M. 2005. Promoters, Transcripts, and Regulatory Proteins of Mungbean Yellow Mosaic Geminivirus. *Journal of Virology*. 79: 8149-8163.

- Sidik, E. A. 2021. Deteksi Molekuler Asosiasi Begomovirus dengan Penyakit Keriting Kuning Cabai di Pakis dan Banyu Urip, Magelang Indonesia. *Vigor: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 6(1): 1-6.
- Supriyadi, Abe NAR, Welly D, Risky HW, Mimi S, Cindy MH, Yuni K, Redo S. 2022. Pencirian Genetik Papper Yellow Leaf Curl Virus pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum*) di Bengkulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(4) : 574-581.
- Siswara HN. Yuny E. dan Edi S. 2021. Kualitas DNA dari Bakso yang Beredar di Pasaran Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Sains dan Teknologi Peternakan*. 3(1): 1-7.
- Stenger, D.C., Revington, G.N., Stevenson, M.C., and Bisaro, D.M. 1991. Replicational Release of Geminivirus Genomes from Tandemly Repeated Copies: Evidence for Rolling-Circle Replication of a Plant Viral DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 88: 8029-8033.
- Sudiono. 2013. Penyebaran Penyakit Kuning pada Tanaman Cabai di Kabupaten Tanggamus Dan Lampung Barat. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 13 (1): 1-7.
- Sudiono, H., Iskandar, I., Halim, S.L., Santoso, R. dan Sinsanta. 2006. *Bagian Patologi Klinik Fakultas Kedokteran UKRIDA*. Urinalisis. Jakarta. hlm. 35-40.
- Sulandari, S., Suseno, R., Hidayat, S.H., Harjosudarmo, J., dan Sosromarsono, S. 2006. Deteksi dan Kajian Inang Virus Penyebab Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai. *Jurnal Hayati*. 13(1): 1-6.
- Sunter, G. and Bisaro, D.M. 1992. Transactivation of Geminivirus AR1 and BR1 Gene Expression by the Viral AL2 Gene Product Occurs at the Level of Transcription. *Journal of Plant Cell*. 4: 1321–1331.
- Sunter, G. and Bisaro, D.M. 1997. Regulation of a Geminivirus Coat Protein Promoter by AL2 protein (TrAP): Evidence for Activation and Derepression Mechanisms. *Journal of Virology*. 232: 269–280.
- Suryadi, R.I. 2021. Pengaruh Serangan *Pepper Yellow Leaf Curl* Indonesia Virus Terhadap Kuantitas dan Kualitas Buah Pada Sembilan Varietas Cabai. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.

- Tamura, K., Glen, S., Danuel, P., Alan, F., and Sudhir, K. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology Evolution*. 30(12): 2725-2729.
- Tjandra, E. 2011. *Panen Cabai Rawit di Polybag*. Cahaya Atma Pustaka. Yogyakarta. hlm. 50-51.
- Trisno J, Hidayat S. H., Jamsari, Habazar T, Manti I. 2010. Identifikasi Molekuler Begomovirus Penyebab Penyakit Kuning Keriting pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) di Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia*. 13(1):41–46.
- Trisno, J., Rifqah, R. A., dan Martinus. 2014. Temuan Penyakit Baru (Penyakit Kerupuk Tembakau Di Sumatera Barat). *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(6): 210-213.
- Ulinuha Z., dan Risqa, NKS., 2021. Insidensi Penyakit Daun Keriting Kuning Beberapa Varietas Cabai Pada Berbagai Tingkat Toleransi Terhadap Intensitas Cahaya Rendah. *AGROSCRIPT*. 3(2):78-89.
- Veniari NK., Ketut AY., I Dewa NN., dan Gede S. 2015. Deteksi Cucumber mosaic virus (CMV) dan Chili veinal mottle virus (ChiVMV) pada Gulma *Commelina* spp. di Pertanaman Cabai (*Capsicum* spp.) Melalui Teknik Uji Serologi dan Molekuler. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(1): 45-52.
- Vivaldy, L. A., Ratulangi, M. M., dan Manengkey, G. S. J. 2017. Insidensi Penyakit Virus pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum annum*) di Desa Kakaskasen II Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. *Cocos*. 1(6): 1-8.
- Wijoyo, P.M. 2009. *Taktik Jitu Menanam Cabai di Musim Hujan*. Bee Media Indonesia. Jakarta. hlm. 18-21.
- Wilisiani, F., Somowiyarjo, S., dan Hartono, S. 2014. Identifikasi Molekuler Virus Penyebab Penyakit Daun Keriting Isolat Bantul Pada Melon. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 18(1): 47-54.
- Yogidran, S., Manish, K., Lingaraj, S., Keithellakpam, S., and Supriya, C. 2021. Occurrence of Cotton leaf curl multan virus and Associated Betasatellites with Leaf Curl Disease of Bhut-Jolokia Chillies (*Capsicum chinense* Jacq.) in India. *Molecular Biology Reports*. 48: 2143-2152.

Yusuf, Z. K. 2010. Polymerase Chain Reaction (PCR). *Jurnal Saintek*. 5(6): 1-6.

Yustinadewi, P.D., Yustiantara, P.S., dan Narayani, I. 2018. Perancangan Primer Untuk Sekuens Gen MDR-1 Varian 1199 pada Sampel *Buffy Coat* Pasien Anak dengan LLA. *Jurnal Metamorfosa*. 5(1): 105-111.