

**KARAKTERISASI BIOLOGI, DETEKSI MOLEKULER DAN  
IDENTIFIKASI *BEGOMOVIRUS* YANG MENGINFEKSI TANAMAN  
PEPAYA (*Carica papaya* L.)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**LIONITA DEWI  
1954191010**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**KARAKTERISASI BIOLOGI, DETEKSI MOLEKULER DAN  
IDENTIFIKASI BEGOMOVIRUS YANG MENGINFEKSI TANAMAN  
PEPAYA (*Carica papaya* L.)**

**Oleh**

**LIONITA DEWI**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Proteksi Tanaman  
Fakultas Pertanian**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### KARAKTERISASI BIOLOGI, DETEKSI MOLEKULER DAN IDENTIFIKASI *BEGOMOVIRUS* YANG MENGINFEKSI TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)

Oleh

LIONITA DEWI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter biologi *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya, mendeteksi secara molekuler *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya menggunakan *universal primer* SPG1/SPG2, mengidentifikasi dan mengetahui variasi genetik *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya asal Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Survey* lapangan telah dilakukan dan ditemukan gejala yang diduga sebagai infeksi *Begomovirus* yaitu mosaik kuning dan malformasi daun serta gejala kerdil pada areal budidaya pepaya di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Deteksi berdasarkan sekuen asam nukleat virus menunjukkan hasil positif *Begomovirus* dengan pita DNA tampak berukuran  $\pm 900$  bp. Analisis keragaman genetik *Begomovirus* dibuat berdasarkan pengurutan nukleotida langsung dan dikonfirmasi oleh program BLAST. Hasil filogenetik menunjukkan bahwa *Begomovirus* isolat Pesawaran dari sampel pepaya memiliki *common acestor* yang sama dengan *Ageratum yellow vein virus* (AYVV) isolat Yunan dengan nilai *bootstrap* yaitu 72%. Berdasarkan analisis homologi, *Begomovirus* isolat Pesawaran memiliki kesamaan genetik dengan AYYV isolat Yunan, yaitu sebesar 94%. Sehingga, *Begomovirus* isolat Pesawaran memiliki kekerabatan dekat dengan AYVV isolat Yunan, China. Hasil uji patogenisitas pada tanaman pepaya, cabai merah keriting dan terung ungu menunjukkan hasil positif berupa munculnya gejala penyakit dengan masa inkubasi rata-rata 10-56 hari setelah inokulasi.

**Kata kunci:** *Begomovirus*, deteksi molekuler, karakter biologi, pepaya

Judul Skripsi

**: KARAKTERISASI BIOLOGI, DETEKSI  
MOLEKULER DAN IDENTIFIKASI  
BEGOMOVIRUS YANG MENGINFEKSI  
TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)**

Nama Mahasiswa

**: Lionita Dewi**

Nomor Pokok Mahasiwa

**: 1954191010**

Program Studi

**: Proteksi Tanaman**

Fakultas

**: Pertanian**



**Prof. Ir. Dr. Hasriadi Mat Akin, M.P.**  
NIP 195706291986031002

**Selvi Helina, S.P., M.Sc.**  
NIDN 0028098805

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

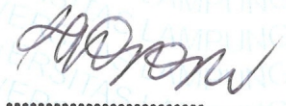
**Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.**  
NIP 198108152008122001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

Ketua

**Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P.**



Sekretaris

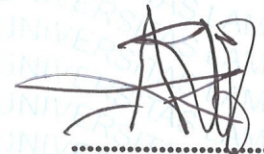
**Selvi Helina, S.P., M.Sc.**



Penguji

Bukan Pembimbing

**Ir. Nur Yasin, M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Prof. Dr. Ir. Iwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **06 Desember 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**KARAKTERISASI BIOLOGI, DETEKSI MOLEKULER DAN IDENTIFIKASI *BEGOMOVIRUS* YANG MENGINFEKSI TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya L.*)**” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Akan tetapi, beberapa bagian tertentu yang mendukung penulisan skripsi ini, saya kutip dari hasil karya orang lain, dan telah saya tuliskan dengan sebenarnya secara jelas dengan kaidah, normal, serta etika penulisan karya ilmiah di Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Desember .....2023  
Penulis



**Lionita Dewi**  
NPM 1954191010

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Lampung pada tanggal 3 Juli 2001. Penulis lahir dari pasangan Bapak Eenk Supit dan Ibu Tri Endang Widiastuti dan merupakan anak sulung dari empat bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Merak Batin pada tahun 2013, di MTs Raudlatul Jannah pada tahun 2016, dan di SMA Swadhipa Natar pada tahun 2019. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Masuk Mandiri Perguruan Tinggi Negeri Barat (SMMPTN Barat).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suban, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan dan Praktik Umum di PT Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari-Pematang Kiwah, Kecamatan Natar, Lampung Selatan pada tahun 2022. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman (2022), Pengantar Genetika Proteksi Tanaman (2022), Virologi Tumbuhan (2023) dan Ilmu Penyakit Benih (2023). Penulis juga aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota Bidang II (Seminar dan Diskusi) pada periode tahun 2021 dan 2022 dan organisasi Forum Studi Islam Fakultas Pertanian (FOSI FP) sebagai anggota bidang Syiar Islam dan Keumatan pada tahun 2020 dan 2021.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji Syukur kuucapkan kepada Allah ﷻ, Tuhan Semestas Alam, atas berkeat-Nya selama ini kepadaku sehingga aku dapat kuat menjalani kehidupan di dunia. Tak lupa shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad ﷺ

Teriring doa, syukur dan dengan kerendahan hati kupersembahkan karya ini untuk orang-orang tercinta dalam hidupku:

## Bapak Eenk Supit dan Ibu Tri Endang Widiastuti

Adik-adik tercinta Adinda Dwi Wahyuni, Dendi Muhammad Ar-Rauf dan Adiva Saqina

Untuk diriku sendiri **Lionita Dewi**. Terimakasih telah berusaha keras, bertahan dan berjuang dengan penuh tangis dan do'a hingga titik ini.

Guruku dan Dosenku. Terimakasih atas ilmu yang telah didedikasikan dalam dunia pendidikan, semoga dapat menjadi amal jariyah di akhirat kelas.

Serta



Almamater tercinta, Universitas Lampung



“Sesungguhnya bersama **kesulitan** itu ada **kemudahan**”  
(Q.S Al-Insyirah 94:6)

“Sebaik-baik manusia adalah yang **paling bermanfaat** bagi **manusia lainnya**”  
(HR. Ahmad)

## SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah  yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah sehingga atas izin-Nya skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Nabi Besar Muhammad  yang telah membawa kita dari kegelapan menuju cahaya, sehingga kita memiliki panduan dalam kehidupan.

Skripsi yang berjudul “**Karakterisasi Biologi, Deteksi Molekuler dan Identifikasi *Begomovirus* yang Menginfeksi Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)**” merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pertanian. Skripsi ini disusun secara maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, nasihat, bantuan dan ilmu selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Selvi Helina, S.P., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, bantuan, nasihat, dan ilmu selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Ir. Nur Yasin, M.Si. selaku dosen pembahas yang telah memberikan bimbingan, saran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

6. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan, dukungan, nasihat, saran, dan ilmu untuk penulis selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis Bapak Eenk Supit dan Ibu Tri Endang Widiastuti, serta ketiga adik penulis Adinda Dwi Wahyuni, Dendi Muhammad Ar-Rauf dan Adiva Saqina yang telah memberikan do'a, ridho, kasih sayang serta motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini dan dapat menyelesaikan studi di Universitas Lampung.
8. Reni Safitri sebagai teman seperjuangan virus dan teman pertama di kampus yang selalu mengingatkan penulis dari segala keteledoran. Terimakasih atas segala masukan, motivasi dan semangat yang telah diberikan.
9. Ikke Nuraini sahabat menuju dewasa yang selalu mendukung penulis dan selalu membuat tertawa akan imajinasinya yang sangat tinggi. Terimakasih telah menjadi tempat bercerita tentang segala hal selain perkuliahan.
10. Para pejuang muda yang selalu menghibur penulis ketika sedang stress dalam menulis, yaitu Bang Mahen, Bang Rehan, Bang Nono, Bang Jeman, Bang Haikal, Lele, dan adik Icung. Terimakasih sudah berbagi tawa bersama penulis.
11. Mba Tariyati, Mba Yeyen, dan Mba Erika Febrianti yang telah memberikan bantuan dan pengarahan pada penggunaan alat di Laboratorium Bioteknologi Pertanian serta ilmu yang telah diberikan.
12. Keluarga Proteksi Tanaman 2019 yang tidak bisa penulis ucapkan satu per satu.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung,                      2023  
Penulis

**Lionita Dewi**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Kerangka Pemikiran .....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Tanaman Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.).....	4
2.1.1 Deksripsi umum pepaya.....	4
2.1.2 Pepaya Kalina .....	4
2.1.3 Budidaya pepaya Kalina .....	5
2.2 Genus <i>Begomovirus</i> .....	6
2.3 Gejala Infeksi <i>Begomovirus</i> .....	8
2.5 Deteksi <i>Begomovirus</i> menggunakan teknik PCR.....	11
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.3 Observasi, Pengambilan <i>Vektor</i> , dan Persiapan Tanaman Uji .....	14
3.3.1 Observasi di lapangan .....	14
3.3.2 Pengambilan serangga vektor kutu kebul ( <i>Bemisia tabaci</i> ).....	15
3.3.3 Persiapan tanaman untuk uji patogenisitas <i>Begomovirus</i> .....	16
3.4 Uji Patogenisitas <i>Begomovirus</i> .....	16

3.5 Deteksi <i>Begomovirus</i> yang menginfeksi Tanaman Pepaya.....	18
3.6 Identifikasi dan Penentuan Variasi Genetik <i>Begomovirus</i> yang menginfeksi Tanaman Pepaya .....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	22
4.1 Hasil Penelitian.....	22
4.1.1 Karakter biologi <i>Begomovirus</i> yang menginfeksi tanaman pepaya.	22
4.1.3 Deteksi <i>Begomovirus</i> yang menginfeksi tanaman pepaya.....	29
4.1.4 Identifikasi dan variasi genetik <i>Begomovirus</i> yang menginfeksi tanaman pepaya .....	29
4.2 Pembahasan .....	32
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	36
5.1 Simpulan.....	36
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Fungsi biologi protein yang disandikan <i>Begomovirus</i> .....	8
2. Representasi nukleotida dengan IUPAC <i>ambiguity code</i> .....	12
3. Kriteria gejala infeksi <i>Begomovirus</i> pada tanaman untuk menentukan skor keparahan penyakit .....	15
4. Kriteria ketahanan tanaman uji terhadap infeksi <i>Begomovirus</i> .....	15
5. Primer untuk mendeteksi <i>Begomovirus</i> menggunakan Teknik PCR.....	20
6. Komposisi reagen PCR.....	20
7. Komposisi reagen PCR sekuensing .....	20
8. Parameter pengamatan inokulasi <i>Begomovirus</i> pada uji patogenisitas ..	28
9. Homologi <i>Begomovirus</i> isolat pepaya asal Kabupaten Pesawaran dengan <i>Begomovirus</i> dari berbagai negara .....	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta genom <i>Begomovirus</i> .....	7
2. Variasi gejala penyakit yang disebabkan oleh <i>Begomovirus</i> pada tanaman pepaya di lapang. ....	9
3. Imago <i>Bemisia tabaci</i> .....	10
4. Infestasi <i>B. tabaci</i> pada tanaman sakit.....	17
5. Gejala infeksi <i>Begomovirus</i> pada daun pepaya. ....	22
6. Pola penyebaran infeksi <i>Begomovirus</i> pada lahan tanaman pepaya tidak merata .....	23
7. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> pada tanaman pepaya yang ditunjukkan pada gejala didaun .....	24
8. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> pada tanaman pepaya yang ditunjukkan pada perbedaan tinggi tanaman dan jumlah daun.....	24
9. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> pada tanaman cabai merah keriting yang ditunjukkan pada gejala didaun .....	25
10. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> pada tanaman cabai merah keriting yang ditunjukkan pada perbedaan tinggi tanaman dan jumlah daun .....	26
11. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> pada tanaman terung ungu yang ditunjukkan pada gejala didaun. ....	27
12. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> pada tanaman terung ungu yang ditunjukkan pada perbedaan tinggi tanaman dan jumlah daun.....	27
13. Visualisasi DNA hasil amplifikasi gen AC2 dan AC1 berukuran ~912 bp menggunakan <i>universal primer</i> SPG1/SPG2. ....	29
14. Pohon filogenetik <i>Begomovirus</i> asal pepaya berdasarkan sekuen gen AC1/AC2 dengan pendekatan <i>Neighbor-Joining</i> .....	30

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pepaya (*Carica papaya* L.) menjadi salah satu komoditas buah-buahan yang penting di Indonesia. Aktivitas ekspor buah-buahan di Indonesia menjadikan pepaya sebagai salah satu komoditas ekspor selain pisang, nanas dan manggis. Pepaya memiliki peranan cukup penting dalam membangun perekonomian nasional (Kasron dkk., 2018). Rata-rata produksi pepaya di Indonesia tahun 2022 mencapai 1.089.578 ton (BPS, 2022).

Namun, dalam budidaya tanaman tidak lepas dari hambatan budidaya yaitu organisme pengganggu tanaman (OPT), salah satunya patogen tanaman. Virus menjadi salah satu patogen yang menginfeksi berbagai tanaman. Gejala akibat infeksi virus secara umum memiliki gejala yang hampir sama, sehingga sangat sulit untuk diidentifikasi berdasarkan gejalanya. Kelompok virus yang dianggap sebagai salah satu genus virus paling beragam dan menyebabkan kerusakan di seluruh dunia yaitu *Begomovirus* (Islam *et al.*, 2018).

*Begomovirus* termasuk dalam famili *Geminiviridae* yang merupakan salah satu patogen tanaman yang menyebabkan penyakit serius secara ekonomi di banyak negara (Islam *et al.*, 2018), seperti infeksi *Tomato yellow leaf curl virus* di Oman (Haq *et al.*, 2022), *Pepper yellow vein Mali virus* di Afrika Barat (Soro *et al.*, 2021), *Chili leaf curl disease* di Saudi Arabia (Sohrab, 2020) dan beberapa negara lainnya termasuk Indonesia (Wilisiani, 2019). Penyebaran *Begomovirus* melalui vektor kutu kebul (*white fly*) menyebabkan virus ini menyebar secara cepat serta sulit untuk dikendalikan (Islam *et al.*, 2018).



Tanaman pepaya sendiri memiliki gejala akibat infeksi *Begomovirus* seperti mosaik pada daun, daun menggulung dan daun mengerdil (Sutrawati *et al.*, 2021). Meskipun begitu, gejala yang diakibatkan oleh *Begomovirus* sulit dipastikan secara langsung bahwa itu merupakan infeksi dari *Begomovirus*. Oleh sebab itu, diperlukan deteksi virus yang mampu mendeteksi secara akurat. Menurut Makkouk and Kumari (2006), deteksi virus secara molekuler menjadi teknik yang efisien dan akurat dalam mendeteksi virus, dengan menggunakan *polymerase chain reaction* (PCR). Laporan mengenai *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya di Indonesia baru pada tahap identifikasi, studi lebih lanjut seperti karakterisasi hingga cara pengendaliannya belum diketahui pasti (Sutrawati *et al.*, 2021).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

1. Karakterisasi biologi *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya (*Carica papaya* L.),
2. Deteksi molekuler *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya (*Carica papaya* L.),
3. Identifikasi dan variasi genetik *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya (*Carica papaya* L.).

## 1.3 Kerangka Pemikiran

*Begomovirus* menjadi salah satu kelompok virus yang dapat menyebabkan kerusakan serta kerugian di seluruh dunia. Infeksi *Begomovirus* dapat terjadi pada banyak tanaman (Islam *et al.*, 2018), salah satunya tanaman pepaya. Menurut Tennant *et al.* (2007), sedikitnya telah terdapat 20 spesies virus tanaman yang menginfeksi tanaman pepaya. Studi pertama mengenai infeksi virus keriting pada tanaman pepaya akibat infeksi *Papaya leaf curl virus* (PaLCV) dilaporkan terjadi di India tahun 1998 (Saxena *et al.*, 1998). Laporan lainnya mengenai infeksi virus pada tanaman pepaya, yaitu *Tomato yellow leaf curl virus* di Bangladesh (Hamim

*et al.*, 2019), *Papaya yellow leaf curl virus* di India (Nehra *et al.*, 2019), *Okra enation leaf curl virus* di Iran (Bananej *et al.*, 2016).

Di Indonesia sendiri belum banyak laporan mengenai infeksi virus pada tanaman pepaya. Namun, sebelumnya telah dilaporkan infeksi *Papaya ring spot virus* di provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (Hidayat dkk., 2012) dan belakangan ini Sutrawati *et al.* (2021) melaporkan infeksi *Begomovirus* pada tanaman pepaya sendiri di Indonesia telah dilaporkan pertama kali di Bengkulu. Tanaman yang terinfeksi memiliki gejala mosaik (garis hijau dan hijau muda) pada daun dan tangkai daun, keriting pada daun dan adanya bintik-bintik hijau pada bagian kulit buah pepaya. Gejala yang timbul memiliki tingkat keparahan yang bervariasi, mulai dari ringan hingga berat. Tanaman pepaya yang terinfeksi dapat menjadi sumber inokulum *Begomovirus* dan menyebar dengan bantuan vektor (Hamim *et al.*, 2019).

Adanya infeksi *Begomovirus* pada tanaman pepaya di Indonesia dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap penurunan produksi pepaya. Oleh sebab itu, diperlukan adanya kajian mengenai karakterisasi *Begomovirus* pada tanaman pepaya yang terinfeksi di Indonesia, sehingga hasil kajiannya dapat membantu upaya pencegahan (preventif) dan pengelolaan *Begomovirus*. Menurut laporan Sutrawati *et al.* (2021) penyakit yang disebabkan oleh *Begomovirus* pada tanaman pepaya di Indonesia belum terlalu banyak dilaporkan dan masih dilakukan studi lebih lanjut mengenai karakterisasi dan pengelolaannya. Deteksi maupun karakterisasi *Begomovirus* biasanya dilakukan secara molekuler. Cara yang paling akurat dalam mendeteksi penyakit akibat virus yaitu dengan menggunakan *polymerase chain reaction* (PCR). PCR digunakan untuk membuat salinan identik dari urutan DNA dalam tabung reaksi kecil. Deteksi virus tumbuhan menggunakan PCR memiliki keunggulan karena dari segi waktu lebih efisien dan deteksinya lebih akurat (Jeong *et al.*, 2014).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)

#### 2.1.1 Deskripsi umum pepaya

Pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan tanaman buah yang sering dijumpai di negara-negara tropis termasuk Indonesia. Pepaya menjadi salah satu buah yang digemari masyarakat Indonesia. Selain buahnya yang dapat dikonsumsi, bagian tanaman pepaya lain seperti daun, bunga dan akarnya dapat dimanfaatkan, baik sebagai olahan makanan maupun bahan obat herbal. Selain itu, tanaman pepaya dapat ditemukan dimana saja dan mudah untuk dibudidayakan. Meskipun banyak dijumpai di Indonesia, namun tanaman pepaya bukan berasal dari Indonesia. Tanaman pepaya berasal dari Meksiko Selatan di Amerika Tengah yang akhirnya menyebar ke negara lain (Harsono, 2021).

#### 2.1.2 Pepaya Kalina

Pepaya memiliki jenis yang cukup beragam seperti pepaya Bangkok, pepaya wulung, pepaya Hawaii, pepaya mas hingga pepaya kalina. Pepaya kalina merupakan jenis pepaya yang cukup populer di masyarakat Indonesia. Awalnya pepaya ini adalah hasil dari pemuliaan tanaman dari Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika Institut Pertanian Bogor dengan nama IPB-9. Namun pepaya ini kemudian diberi nama *Papaya callina*, sementara di pasaran masyarakat lebih mengenalnya dengan pepaya kalifornia. Sehingga, banyak orang yang terkecoh bahwa jenis pepaya ini adalah jenis impor (Novita, 2016).

Pepaya kalina memiliki ciri khas yaitu pada ukuran buahnya yang lebih kecil dibandingkan dengan pepaya pada umumnya. Pepaya ini memiliki bentuk yang lonjong dengan rata-rata bobot per buah yaitu 1,3 kg. Buahnya berwarna hijau dengan kulit buah yang cukup tebal, namun menjelang masak akan berubah menjadi kekuningan yang muncul di sekitar tangkai buah. Selain itu, keunikan dari pepaya kalina yaitu pohonnya yang lebih pendek jika dibandingkan dengan tanaman pepaya pada umumnya (Harsono, 2021). Tinggi pohon pepaya kalina hanya mencapai 1,5-2 m. Batangnya beruas pendek dan berongga serta pelepah, memiliki akar tunggang dengan akar lunak yang tumbuh ke samping (Novita, 2016).

Menurut Cronquist (1981), taksonomi tanaman pepaya adalah sebagai berikut

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Brassicales  
Famili : Caricaceae  
Genus : *Carica*  
Spesies : *Carica papaya* L.

### **2.1.3 Budidaya pepaya Kalina**

Pepaya merupakan tanaman tropis yang dapat optimal tumbuh pada suhu ruang berkisar antara 25-30 °C. Pada lingkungan yang memiliki suhu udara demikian, tanaman pepaya akan optimal dalam pertumbuhannya. Pepaya cocok dibudidayakan pada lahan yang berada pada ketinggian 700 mdpl, dapat juga dibudidayakan pada lahan yang berada pada ketinggian 1.000 mdpl. Namun, hasil dari tanaman pepaya tidak optimal. Tanah yang cocok digunakan untuk budidaya pepaya yaitu memiliki kadar keasaman netral, dengan pH tanah berkisar antara 6 sampai 6,5. Tanah dengan tekstur gembur dan sedikit berpasir juga cocok untuk tanaman pepaya karena dapat memudahkan akar untuk menembus tanah dalam mendapatkan unsur hara (Novita, 2016).

Penyemaian benih dapat dilakukan pada lahan, benih dimasukkan kedalam tanah dengan kedalaman 1 cm, lalu ditutup kembali. Setelah 12-15 hari setelah tanam, benih akan berkecambah. Tunas akan muncul kemudian berubah menjadi daun muda, tunas batang akan menjadi batang muda dan ruas akar akan berkembang menjadi akar. Bibit yang siap digunakan dalam budidaya tanaman pepaya memiliki usia 45-60 hari dengan ketinggian tanaman berkisar antara 15-20 cm. Sebaiknya pemindahan bibit dapat dilakukan pada awal musim penghujan (Novita, 2016).

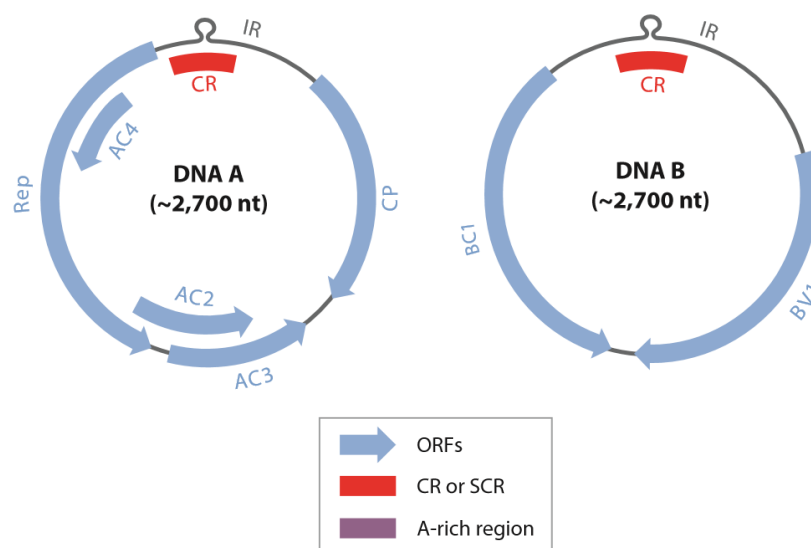
Bedengan disiapkan dengan lebar 2 m dan tinggi 20-30 cm dari permukaan tanah dengan jarak antar bedengan sekitar 50-60 cm. Bibit pepaya dimasukkan ke lubang tanam sedalam 50-60 cm dengan ukuran 50 x 50 x 50 cm. Lubang tanaman dibuat dengan diameter 50 cm. Jarak tanam antar tanaman yaitu 2 x 2,5 m. Selanjutnya lubang tanam diisi oleh campuran pupuk kandang dan tanah. Lubang akan dibiarkan terbuka sehingga sinar matahari akan membunuh bakteri pada lubang tanam (Novita, 2016).

Pemupukan tanaman pepaya dilakukan dua minggu setelah tanam yang diberikan secara melingkar disekitar pohon. Komposisi yang digunakan yaitu 50 g ZA, 25 g Urea, 25 gr KCL, 50 g TSP dan 1 sdm pupuk organik padat. Pemupukan berikutnya dilakukan setelah umur 3 bulan sampai 5 bulan dengan komposisi 75 g ZA, 75 g TSP, 50 g Urea dan 50 g KCl. Ditambahkan pupuk organik padat sebanyak 1 sdm yang dilarutkan dengan 10 L air lalu disiram secara melingkar sekitar batang tanaman (Novita, 2016).

## **2.2 Genus *Begomovirus***

*Begomovirus* termasuk ke dalam famili *Geminiviridae*. Famili *Geminiviridae* terbagi menjadi empat genus, yaitu genus *Mastrevirus*, *Curtovirus*, *Topocuvirus*, dan *Begomovirus*. Keempat genera ini dibedakan berdasarkan struktur genomnya, tanaman inang yang diinfeksi dan jenis serangga yang menjadi vektornya. *Begomovirus* memiliki genom DNA untai tunggal (*single-stranded DNA/ssDNA*) melingkar yang dikelompokkan menjadi virus monopartit dan bipartit

(Hamim *et al.*, 2019). Genom tunggal (monopartit) dalam bentuk DNA-A (Kandito *et al.*, 2020). Genom DNA bipartit memiliki dua komponen DNA, yaitu DNA-A dan DNA-B dan memiliki ukuran yang sama sekitar 2,5 sampai 3,0 kb. (Wilisiani, 2019). DNA-A berperan dalam replikasi di nukleus (konversi ssDNA ke dsDNA dan amplifikasi) kemudian dilanjutkan oleh DNA-B dalam proses enkapsidasi yang secara sistemik mengatur produksi gejala dalam sel inang (Islam *et al.*, 2018). DNA-A terdiri atas enam *open reading frames* (ORF), yaitu AC1, AC2, AC 3, AC4, AV1 dan AV2, sementara DNA-B terdiri atas dua ORF, yaitu BC1 dan BV1 (Gambar 1). Setiap ORF di *Begomovirus* memiliki peran penting dalam induksi gejala, patogenisitas virus dan transpor intraseluler dan interseluler (Tabel 1). Beberapa spesies *Begomovirus* dapat diasosiasikan dengan DNA satelit seperti alphasatelit dan *Betasatelit* (Zhou, 2013).



Keterangan:

ORF : *open reading frames*

CR : *conserved region*

SCR : *satellite conseved region*

A-rich region : *sequencence rich in adenine region*

Gambar 1. Peta genom *Begomovirus* (Sumber: Zhou, 2013).

Tabel 1. Fungsi biologi protein yang disandikan *Begomovirus*

Kerangka Baca	Jenis Protein	Fungsi Biologi
ORF AV1	CP: Subunit protein (kapsomer)	Protein selubung (kapsid)
ORF AC1	REP: <i>replication associated protein</i>	Replikasi virus
ORF AC2	<i>trap (transactivator protein)</i>	Transaktivator
ORF AC3	<i>ren (replication enhancer)</i>	Replikasi virus
ORF AC4	<i>sd (possible symptom determinant)</i> <i>ss (possible silencing suppressor)</i>	Gejala penyakit
ORF BC1	<i>mp (movement protein)</i>	Translokasi virus
ORF BV1	<i>nsp (nuclear shuttle protein)</i>	Translokasi genom ke dalam inti sel

Sumber: Bornancini *et al.* (2020).

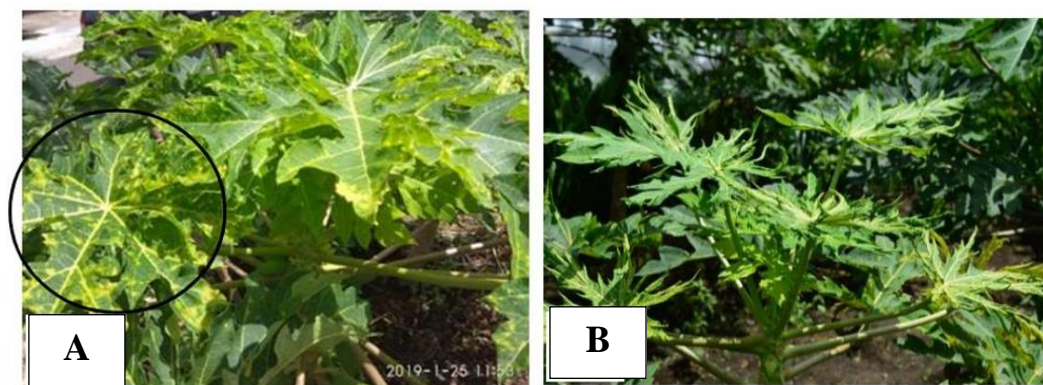
Penyakit yang disebabkan oleh *Begomovirus* merupakan salah satu penyakit penting pada beberapa komoditas hortikultura (Haerunisa dkk., 2016), salah satunya tanaman pepaya (Sutrawati *et al.*, 2021). Penyakit keriting pepaya yang disebabkan oleh *Begomovirus* pertama kali dilaporkan pada tahun 1998 di India (Saxena *et al.*, 1998). Sementara di Indonesia pertama kali dilaporkan tanaman pepaya yang terinfeksi *Begomovirus* tahun 2021 yang ditemukan di Bengkulu (Sutrawati *et al.*, 2021). Adanya infeksi *Begomovirus* ini memiliki dampak bagi para petani karena dapat menurunkan hasil panen hingga 100% dan mengalami kerugian secara ekonomi. Beberapa jenis *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya, yaitu *Tomato yellow leaf curl virus* (Hamim *et al.*, 2019), *Papaya yellow leaf curl virus* (Nehra *et al.*, 2019), *Okra enation leaf curl virus* (Bananej *et al.*, 2016).

### 2.3 Gejala Infeksi *Begomovirus*

Infeksi *Begomovirus* pada tanaman umumnya akan menimbulkan gejala seperti daun keriting (*curling*), menguning (*yellowing*), mosaik (*mosaic*) serta terhambatnya pertumbuhan tanaman (*stunting*) (Wilisiani, 2019). Gejala tanaman

yang disebabkan infeksi *Begomovirus* dapat bervariasi yang dipengaruhi oleh strain virus, kultivar tanaman (Jeong *et al.*, 2014), kondisi lingkungan, aktivitas vektor dan umur tanaman ketika terinfeksi (Polston and Anderson, 1997). Apabila infeksi *Begomovirus* terjadi pada fase tanaman vegetatif maka intensitas serangan umumnya akan lebih parah dibandingkan ketika menginfeksi fase generatif. Hal ini karena sistem pertahanan pada tanaman muda belum cukup kuat, menyebabkan virus dapat menyebar ke bagian tanaman yang masih muda secara cepat (Pangesti dkk., 2022). Umumnya infeksi ketika fase generatif atau telah melewati masa rentan tetap dapat menghasilkan buah namun tidak normal (buah kecil) (Guswanto dkk., 2016).

Gejala penyakit pada tanaman akibat infeksi *Begomovirus* pada tanaman pepaya (*Carica papaya*) yang terjadi di Indonesia yaitu daun menguning (*yellowing*), mosaik, daun mengeriting (malformasi) (Gambar 2). Infeksi *Begomovirus* pada tanaman pepaya yang terjadi di India memiliki gejala daun melengkung ke bawah serta penebalan urat daun. Gejala lebih lanjut tangkai daun membengkok dan mengerdil, tidak dapat menghasilkan buah atau buah akan memiliki ukuran kecil (Reddy *et al.*, 2010). Gejala-gejala yang muncul diakibatkan karena terhambatnya penyebaran hasil fotosintat ke seluruh bagian tanaman. Hal ini disebabkan virus yang terdapat dalam jaringan tanaman menguasai floem (Ariyanti, 2014).



Gambar 2. Variasi gejala penyakit yang disebabkan oleh *Begomovirus* pada tanaman pepaya di lapang. (A) daun menguning; (B) daun mengeriting (malformasi) (Sumber: Sutrawati *et al.*, 2021).



#### 2.4 Penularan *Begomovirus* melalui Vektor Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*)

Penularan virus tumbuhan umumnya bergantung pada serangga vektor yang menjadi vektor virus dari inang satu ke inang lainnya (Ghosh and Ghanim, 2021). Peran aktif serangga vektor memiliki pengaruh terhadap terjadinya epidemi penyakit akibat virus (Guswanto dkk., 2015). Terdapat lebih dari 550 spesies virus yang ditularkan melalui vektor (Andret-Link and Fuchs, 2005). Salah satu vektor virus yang cukup berpengaruh dalam menularkan virus yaitu kutu kebul (*Bemisia tabaci*). *Bemisia tabaci* (Sennadius) (Hemiptera: *Aleyrodidae*) (Gambar 3) termasuk dalam vektor virus terpenting yang mampu menularkan lebih dari 400 spesies virus dan sebagian besar virus yang ditularkan adalah genus *Begomovirus* (*Geminiviridae*) (Ghosh and Ghanim, 2021).



Gambar 3. Imago *Bemisia tabaci* (Sumber: Yasin dan Sudiono, 2006).

Imago *B. tabaci* yang telah berumur 1-4 hari mampu menghasilkan telur rata-rata tujuh butir sehari. Telur diletakkan di bawah permukaan daun yang disisipkan ke dalam jaringan epidermis daun. Hal ini karena imago cenderung akan berkumpul pada bagian bawah permukaan daun (Guswanto dkk., 2015). Selain itu, *B. tabaci* bersifat polifag sehingga mendukung cepatnya penyebaran virus dari satu inang ke inang lain. Perilaku makan ini akan memberikan banyak peluang untuk menularkan virus ke inang yang baru (Islam *et al.*, 2018). Menurut Narendra dkk.

(2017), populasi *B. tabaci* yang semakin meningkat dapat meningkatkan insidensi penyakit kuning pada tanaman yang terinfeksi.

*Begomovirus* ditularkan oleh *B. tabaci* secara persisten sirkulatif non propagatif. Ketika *B. tabaci* menghisap cairan tanaman maka virus akan masuk bersamaan dengan cairan tanaman tersebut. Setelah masuk ke dalam tubuh *B. tabaci* kemudian virus akan beredar melalui saluran pencernaan, menembus dinding usus dan akan bersirkulasi dalam *hemolymph* (cairan dalam tubuh serangga). Setelah itu, virus dikeluarkan kembali melalui *saliva* (cairan liur) dalam stiletnya. Non propagatif diartikan bahwa telur tidak mengandung virus sehingga generasi imago *B. tabaci* selanjutnya akan terbebas dari virus. Periode makan akusisisi dibutuhkan waktu minimum 2 jam dengan periode makan inokulasi berkisar antara 24 hingga 48 jam (Guswanto dkk., 2015).

## **2.5 Deteksi *Begomovirus* menggunakan teknik PCR**

Deteksi secara molekuler sudah banyak diterapkan untuk mendiagnosis penyakit akibat virus, salah satunya yaitu teknik PCR (*polymerase chain reaction*). PCR merupakan teknik yang digunakan untuk membuat jutaan salinan yang identik dari urutan DNA tertentu dalam tabung reaksi kecil (Jeong *et al.*, 2014). Prinsip kerja teknik PCR adalah menduplikasi bagian spesifik menggunakan enzim DNA polimerase kemudian dilanjutkan dengan penempelan primer spesifik dengan menghubungkan *deoksiribonukleotida trifosfat* (dNTP) dalam reaksi termal. Terdapat tiga tahapan dalam teknik PCR secara berurutan yaitu *denaturation* (94-95 °C), *annealing* (penempelan primer pada DNA target) (50 °C) dan *extentions* (pemanjangan) (70 °C) (Setyawati dan Zubaidah, 2021).

Teknik PCR memiliki beberapa kelebihan terutama dalam mendeteksi *Begomovirus*. Teknik ini relatif lebih mudah dilakukan untuk mendeteksi kelompok *Begomovirus* yang memiliki genom berupa DNA. Umumnya *Begomovirus* melakukan replikasi melalui DNA intermediet yang berbentuk sirkuler dan utas ganda (Gutierrez, 2000). Bentuk replikatif digunakan sebagai cetakan (*template*) DNA pada proses amplifikasi (Khan and Ahmad, 2005).

Penggunaan primer spesifik dalam teknik PCR membuat teknik ini memiliki sensitivitas dan keakuratan yang tinggi (Yustinadewi *et al.*, 2018). Primer akan menempel pada nukleotida yang spesifik dengan DNA target *Begomovirus* sehingga hanya terdeteksi genom *Begomovirus* saja ketika amplifikasi. Primer yang digunakan untuk mendeteksi *Begomovirus* adalah *universal primer* SPG1 (*forward*) (5'-CCC CKG TGC GWR AAT CC AT-3')-SPG2 (*reverse*) (5'-ATC CVA AYW TYC AGG GAG CTA A-3') (Tabel 2) (Li *et al.*, 2004). Selain itu, sampel DNA yang dibutuhkan hanya sedikit serta tidak dipengaruhi oleh tahap perkembangan dan lingkungan (Khan and Ahmad, 2005).

Tabel 2. Representasi nukleotida dengan IUPAC *ambiguity code*

<i>IUPAC Ambiguity Code</i>	Basa
A	Adenin
C	Sitosin
G	Guanin
T	Timin (atau Urasil)
R	A atau G
Y	C atau T
S	G atau C
W	A atau T
K	G atau T
M	A atau C
D	A atau G atau T
H	A atau C atau T
V	A atau C atau G
N	A atau C atau G atau T

Sumber: IUPAC Committee (1985).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada September 2022 sampai Mei 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian dan Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan di lahan pepaya di Desa Negeri Sakti, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah mortar, alu, timbangan digital, minisentrifugasi, inkubator, mikropipet 100-1000  $\mu\text{L}$ , mikropipet 10-100  $\mu\text{L}$ , mikropipet 0.5-10  $\mu\text{L}$ , tip (biru, kuning dan putih), tabung eppendorf (1,5 mL dan 0,2 mL), rak tabung eppendorf, vortek, *freezer*, mesin *spin down*, mesin PCR, mesin elektroforesis, cetakan agar, gelas ukur 20 mL, labu erlenmeyer 100 mL, *microwave*, otoklaf, *UV Transilluminator*, tray semai benih, aspirator, cangkul, polybag, sungkup kaca, dan telpon seluler.

Bahan yang digunakan adalah daun pepaya bergejala *Begomovirus* sebagai sampel, tanaman pepaya, *Genomic DNA Mini Kit (Plant; Geneid)*, 1x TE (Tris-EDTA) *buffer*, *Water of Injection (WI)*, etanol 70%, etanol isopropanol 96%, MyTaq™ HS Red Mic, 2x (Bioline), sepasang *universal primer SPG1 dan SPG2* untuk amplifikasi ORF AC1 dan AC2, *agarose powders*, 100 bp *DNA ladder*, 1x TBE (Tris-Borate-EDTA) *buffer*, *DNA loading dye*, *aluminium foil*,

benih tanaman (terung ungu varietas Yuvita F1 merk Cap Panah Merah dan cabai merah keriting varietas PM 999 F1), bibit tanaman pepaya varietas Kalina, plastik sampel, plastik tahan panas, sarung tangan karet, *tissue*, karet gelang, dan alat tulis.

### 3.3 Observasi, Pengambilan *Vektor*, dan Persiapan Tanaman Uji

#### 3.3.1 Observasi di lapangan

Observasi yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan sampel yang berupa daun tanaman pepaya yang bergejala seperti terinfeksi *Begomovirus* dengan gejala daun mosaik kuning, daun menggulung atau mengeriting, kemudian menghitung insidensi penyakit dan keparahan penyakit. Observasi dan pengambilan contoh tanaman sakit ini dilakukan pada lahan petani di Desa Negeri Sakti, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

Insidensi penyakit pada tanaman pepaya dihitung menggunakan rumus (Sudiono dkk., 2005):

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

Keterangan:

IP = Insidensi penyakit (%),

n = Jumlah tanaman yang bergejala infeksi *Begomovirus*,

N = Jumlah tanaman yang diamati.

Keparahan penyakit pada tanaman uji dihitung menggunakan rumus (Taufik dkk., 2023)

$$KP = \frac{\sum (n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

KP = Keparahan penyakit (%),

n = Jumlah tanaman yang masuk dalam gejala tertentu,

v = Skor gejala tertentu,

- N = Jumlah tanaman yang diamati,  
 V = Skor keparahan gejala tertinggi.

Tanaman pepaya yang dijadikan sebagai sumber inokulum diambil kemudian dipelihara di kebun percobaan, lalu diambil daunnya sebagai sampel untuk dilakukan deteksi menggunakan PCR. Apabila sampel daun tanaman pepaya tersebut menunjukkan hasil positif terinfeksi *Begomovirus* dipelihara di kebun percobaan untuk dilakukan uji patogenisitas.

Tabel 3. Kriteria gejala infeksi *Begomovirus* pada tanaman untuk menentukan skor keparahan penyakit

Skor	Gejala
0	Tanaman sehat atau tidak bergejala
1	Tulang daun memucat, terdapat bercak kuning pada daun,
2	Daun mengeriting dan terlihat warna belang-belang pada hijau muda kekuningan (mosaik)
3	Daun mengeriting, terjadi perubahan bentuk daun (malformasi) atau daun tidak simetris, daun menggulung, mosaik daun
4	Daun mengeriting dan menguning, daun melengkung ke atas, ukuran daun mengecil dan tanaman mengalami penghambatan pertumbuhan
5	Seluruh bagian daun berwarna kuning cerah, terjadi klorosis pada tulang daun ( <i>vein clearing</i> ), daun melengkung ke atas, ukuran daun mengecil dan tanaman kerdil

Sumber: Adilah dan Hidayat (2014).

Tabel 4. Kriteria ketahanan tanaman uji terhadap infeksi *Begomovirus*

Keparahan Penyakit (%)	Kategori	Keparahan
0	Sehat	Sehat
$1 < KP \leq 10$	Ringan	Tahan
$10 < KP \leq 20$	Sedang	Toleran
$20 < KP \leq 40$	Parah	Rentan
$KP > 40$	Sangat parah	Sangat rentan

Sumber: Adilah dan Hidayat (2014).

### 3.3.2 Pengambilan serangga vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*)

Serangga vektor yang digunakan yaitu kutu kebul (*Bemisia tabaci*) yang digunakan sebagai media inokulasi *Begomovirus* pada tanaman uji. Imago *B. tabaci* diambil di lahan petani tanaman pepaya yang menjadi sumber inokulum,

diambil menggunakan aspirator pada daun yang bergejala seperti terinfeksi *Begomovirus*, biasanya terdapat di bawah permukaan daun. Imago dimasukkan ke dalam sungkup kaca yang di dalamnya telah terdapat tanaman inokulum.

### **3.3.3 Persiapan tanaman untuk uji patogenisitas *Begomovirus***

Tanaman uji yang digunakan terdiri atas tiga jenis tanaman, yaitu tanaman terung (*Solanum melongena*) varietas Yuvita F1 merk Cap Panah Merah, cabai merah keriting (*Capsicum annum*) varietas PM 999 F1 dan tanaman pepaya (*Carica papaya*) varietas Kalina. Awalnya benih cabai merah keriting dan terung ungu disemai menggunakan media tanam tanah dan sekam bakar dalam *tray* dengan masing-masing 1-2 benih. Setelah berumur sekitar 4 minggu (telah memiliki 4-5 helai daun sejati), bibit tanaman cabai merah keriting dan terung ungu dipindahtanamkan pada *polybag* dan disiram setiap 1-2 hari sekali. Bibit tanaman pepaya yang berumur sekitar 5 minggu dipindahtanamkan pada *polybag* dan disiram setiap 1-2 hari sekali.

### **3.4 Uji Patogenisitas *Begomovirus***

Uji patogenisitas dilakukan untuk mengkonfirmasi gejala infeksi *Begomovirus* pada tanaman uji (sehat). Tanaman sampel yang telah terdeteksi dan menunjukkan hasil positif adanya infeksi *Begomovirus* dengan teknik PCR, kemudian dikonfirmasi dengan teknik penularan virus menggunakan vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*) ke tanaman sehat. Uji patogenisitas dilakukan menggunakan tiga jenis tanaman, yaitu tanaman pepaya, tanaman cabai merah keriting dan tanaman terung ungu dengan jumlah 6 tanaman meliputi 5 tanaman uji (inokulasi) dan 1 tanaman sehat (kontrol). *B. tabaci* terlebih dahulu dimasukkan ke dalam sungkupan bersama dengan tanaman sakit (inokulum) untuk diberi periode makan akuisisi selama 24 jam (Gambar 4). Tanaman uji dimasukkan ke dalam sungkup kaca yang sudah diinfestasi dengan imago *B. tabaci* (yang membawa *Begomovirus*) (15-20 ekor/tanaman) (Sudiono dkk., 2005).



Gambar 4. Infestasi *B. tabaci* pada tanaman sakit

Kemudian tanaman uji dimasukkan ke dalam sungkup yang telah terdapat tanaman sakit dan *B. tabaci* dan diinokulasikan  $\pm 48$  jam (Gottlieb *et al.*, 2010). Setelah itu tanaman dikeluarkan dari sungkup kaca, diinkubasi dan diamati gejala akibat infeksi yang muncul dan dicatat masa inkubasi yang dibutuhkan hingga muncul gejala. Selanjutnya, diamati parameter pengamatan berupa tinggi tanaman dan jumlah daun serta dihitung insidensi penyakit dan keparahan penyakit. Sebagai bentuk dokumentasi, gejala pada tanaman uji disandingkan dengan tanaman kontrol kemudian difoto.

Penghitungan insidensi penyakit pada tanaman uji dihitung menggunakan rumus (Sudiono dkk., 2005):

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

Keterangan:

IP = Insidensi penyakit (%),

n = Jumlah tanaman yang bergejala infeksi *Begomovirus*,

N = Jumlah tanaman yang diamati.

Keparahan penyakit pada tanaman uji dihitung menggunakan rumus (Taufik *et al.*, 2023)

$$KP = \frac{\sum (n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

KP = Keparahan penyakit (%),



- n = Jumlah tanaman yang masuk dalam gejala tertentu,  
v = Skor gejala tertentu,  
N = Jumlah tanaman yang diamati,  
V = Skor keparahan gejala tertinggi.

### 3.5 Deteksi *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya

Deteksi *Begomovirus* dari sampel daun pepaya meliputi tiga tahap, sebagai berikut:

#### a. Ekstraksi DNA Total

Ekstraksi DNA yang berasal dari sampel jaringan tanaman pepaya dilakukan sesuai dengan protokol dari *Genomic DNA Mini Kit (Plant)* dari Geneid. Tahap ekstraksi DNA ini terbagi menjadi 4 tahap, yaitu:

##### 1. Pemisahan jaringan tanaman (*Tissue dissociation*)

Diambil sebanyak 0,1 g daun yang bergejala kemudian dimasukkan ke dalam mortar dan digerus menggunakan alu.

##### 2. Lisis (*Lysis*)

Daun yang sudah digerus lalu dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL. Kemudian, sebanyak 400  $\mu$ L GP1 *buffer* dan 5  $\mu$ L RNase A ditambahkan ke dalam tabung eppendorf lalu di *vortex* agar homogen, selanjutnya diinkubasi dalam inkubator dengan suhu 60 °C selama 10 menit dan setiap 5 menit dibalik. Saat yang bersamaan, dimasukkan dalam tabung eppendorf 1,5 mL, *Elution buffer* sebanyak 200  $\mu$ L per sampel dan diinkubasi secara bersamaan. Setelah diinkubasi, tabung eppendorf yang berisi sampel daun ditambahkan 100  $\mu$ L GP2 *buffer*, lalu divortex kembali dan diinkubasi di dalam *freezer* selama 3 menit. Selanjutnya, diletakkan *Filter Coloumn* ke dalam *collection tube* 2 mL dan dipindahkan hasil campuran tadi ke *Filter Coloumn*. Setelah dipindahkan, di sentrifugasi pada kecepatan 1000 x g selama 1 menit, kemudian *Filter Coloumn* dibuang, dan supernatan yang berada di *colletion tube* 2 mL dipindahkan ke *tube* 1,5 mL baru.

### 3. DNA Binding

Selanjutnya, sebanyak 1,5 volume GP *buffer* ditambahkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL tersebut dan divortex selama 5 detik, lalu diletakkan GD *Coloumn* ke dalam *collection tube* 2 mL dan sebanyak 700  $\mu$ L hasil campuran (dengan endapannya) dipindahkan ke dalam GD *Coloumn*, lalu di sentrifugasi pada 14.000 x g selama 2 menit. Setelah itu, dituang kembali supernatan di *collection tue* 2 mL ke GD *Coloumn*, kemudian disentrifugasi kembali pada 14.000 x g selama 2 menit. Setelah selesai disentrifugasi, GD *Coloumn* dipindahkan kembali ke dalam *collection tube* 2 mL.

### 4. Pencucian (*Wash*)

Tambahkan 400  $\mu$ L W1 *buffer* dan disentrifugasi pada 14.000 x g selama 30 detik. Kemudian, GD *coloumn* dipindahkan kembali ke dalam *collection tube* 2 mL, lalu sebanyak 600  $\mu$ L *Wash Buffer* ditambahkan ke dalam GD *coloumn*, setelah itu disentrifugasi pada 14.000 x g selama 30 detik. Setelah di sentrifugasi, GD *coloumn* dipindahkan lagi ke dalam *collection tube* 2 mL dan di sentrifugasi kembali pada 14.000 x g selama 3 menit supaya GD *coloumn* kering.

### 5. DNA Ellution

Setelah itu, GD *coloumn* yang telah disentrifugasi dipindahkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL baru. Selanjutnya di tambahkan 100  $\mu$ L *Ellution Buffer* pada inkubator dan didiamkan selama 3-5 menit supaya terserap dengan baik. Setelah itu, di sentrifugasi 14.000 x g selama 30 detik agar DNA termurnikan. Setelah selesai sentrifugasi, GD *coloumn* dibuang dan hasil ekstraksi di *tube* 1,5 mL disimpan di dalam *freezer* (untuk digunakan pada tahap selanjutnya).

### **b. Amplifikasi DNA**

DNA yang telah didapatkan pada tahap ekstraksi kemudian di amplifikasi dengan teknik PCR menggunakan mesin PCR *Thermal Cyclor* (LabCycler 48, Sensocuest, Jerman). Amplifikasi ini dilakukan mengikuti prosedur Kandito *et al.* (2020) dengan menggunakan sepasang primer, yaitu *universal primer* SPG 1/SPG 2 (Tabel 5). Komposisi *reagen* PCR dapat dilihat pada Tabel 6 sementara *reagen* PCR untuk sekuensing tercantum pada Tabel 7.

Tabel 5. Primer untuk mendeteksi *Begomovirus* menggunakan Teknik PCR

Primer	Urutan Oligonukleotida	Produk PCR	Referensi
SPG 1 ( <i>Forward</i> )	5'-CCC CKG TGC GWR AAT CC AT- 3'	-912 bp	(Li <i>et al.</i> , 2004).
SPG 2 ( <i>Reverse</i> )	5'-ATC CVA AYW TYC AGG GAG CTA A-3'		

Tabel 6. Komposisi reagen PCR

Komposisi	Volume ( $\mu$ L)
My Taq <sup>TM</sup> HS Red Mix 2x	12,50
Primer SPG 1 ( <i>Forward</i> )	1,00
Primer SPG 2 ( <i>Reverse</i> )	1,00
<i>DNA Template</i>	1,00
<i>Water of Injection (WI)</i>	9,50
Total volume	25,00

Sumber: Febrianti (2022).

Tabel 7. Komposisi reagen PCR sekuensing

Komposisi	Volume ( $\mu$ L)
My Taq <sup>TM</sup> HS Red Mix 2x	20,00
Primer SPG 1 ( <i>Forward</i> )	4,00
Primer SPG 2 ( <i>Reverse</i> )	4,00
<i>DNA Template</i>	4,00
<i>Water of Injection (WI)</i>	8,00
Total volume	40,00

Sumber: Ferbrianti (2022).

Reagen PCR (Tabel 6 dan 7) dimasukkan masing-masing ke dalam tabung eppendorf 0,2 mL kemudian dicampurkan komposisinya menggunakan mesin *spin down*. Setelah itu, tabung eppendorf 0,2 mL berisi reagen PCR dimasukkan ke mesin PCR. Reaksi amplifikasi DNA mengikuti protokol Kandito *et al.* (2020), dengan tahapan sebagai berikut: *pre-denaturation* pada suhu 95 °C selama 3 menit, *denaturation* pada suhu 95 °C selama 1 menit, *annealing* pada suhu 55 °C selama 30 menit, *extension* pada suhu 75 °C selama 1 menit 30 detik, *final extention* pada suhu 72 °C selama 10 menit. Tahapan *pre-denaturation* hingga *extension* dilakukan 40 siklus. Setelah proses amplifikasi selesai, mesin PCR ditingkatkan hingga suhu turun pada 28-29 °C. Selanjutnya, diambil tabung eppendorf 0,2 mL hasil amplifikasi dan disimpan di *freezer* untuk digunakan pada tahapan selanjutnya.

### **c. Visualisasi DNA**

Visualisasi pita DNA bertujuan untuk melihat fragmen DNA hasil amplifikasi yang dilakukan melalui proses elektroforesis. Analisis DNA hasil amplifikasi dengan elektroforesis dilakukan menggunakan *agarose gel* 1% yang telah mengandung 1x TBE *buffer* dan 1  $\mu\text{L}$  *Ethidium Bromide* (EtBr). Dimasukkan 100 bp *ladder* sebanyak 3  $\mu\text{L}$  dan masing-masing DNA hasil amplifikasi (telah mengandung *loading dye*) dimasukkan ke dalam sumuran sampel pada *agarose gel* menggunakan *micropipette* 0,5-10  $\mu\text{L}$ . Proses analisis dengan elektroforesis dilakukan dengan tegangan 50 volt selama 55 menit. Visualisasi DNA kemudian dilihat menggunakan alat *UV Transluminator* lalu hasilnya difoto menggunakan telpon seluler.

## **3.6 Identifikasi dan Penentuan Variasi Genetik *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman pepaya**

### **a. Sekuensing**

Sampel hasil amplifikasi dengan volume total 37  $\mu\text{L}$  (menggunakan *universal primer* SPG 1/SPG) dikirim ke PT. Genetika Science Jakarta untuk dilakukan sekuensing agar dapat diketahui klasifikasi *Begomovirus* hingga takson spesies.

### **b. Analisis Peruntukan Nukleotida DNA Hasil Amplifikasi**

Hasil sekuensing sampel uji yang berupa data kemudian dikonfirmasi ke *GenBank* melalui program *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST) di *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). Setelah itu, dipilih beberapa isolat yang mempunyai kekerabatan paling dekat dengan sekuen hasil sampel uji dan dipilih sekuen nukleotida *Begomovirus* yang telah terkonfirmasi menginfeksi tanaman pepaya di luar negeri, yang bertujuan sebagai pembandingan sampel uji. Sekuen yang telah dipilih dan sekuen sampel uji kemudian disejajarkan menggunakan *Clustal W Multiple Alignment* MEGA versi 11, selanjutnya divisualisasikan ke bentuk dendrogram melalui program MEGA versi 11 dengan metode *Neighbor-Joining* menggunakan *bootstrap* 1000 x ulangan. Spesies *Begomovirus* hasil isolasi ditentukan berdasarkan spesies dengan kekerabatan paling dekat yang tertera di filogenetik dan homologi yang diperoleh.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. *Begomovirus* isolat Pesawaran menunjukkan gejala pada tanaman papaya, yaitu bintik-bintik kuning, keriting pada daun dan penghambatan pertumbuhan dengan masa inkubasi antara 40-56 HSI (hari setelah inokulasi). Tanaman cabai merah keriting gejalanya berupa daun mengeriting, daun melengkung ke bawah dan penebalan daun dengan masa inkubasi antara 11-14 HSI. Tanaman terung memiliki gejala daun melengkung ke dalam, klorosis pada tulang daun dengan masa inkubasi antara 10-12 HSI,
2. *Begomovirus* isolat Pesawaran dapat dideteksi secara molekuler menggunakan teknik PCR dengan pita DNA berukuran ~912 bp menggunakan *universal primer* SPG1/SPG2,
3. Berdasarkan analisis pohon filogenetik, *Begomovirus* isolat Pesawaran memiliki *common ancestor* yang sama dengan *Ageratum yellow vein virus* (AYVV),
4. Berdasarkan homologi, *Begomovirus* isolat Pesawaran teridentifikasi sebagai *Ageratum yellow vein virus* (AYVV) dan memiliki kekerabatan yang dekat dengan *Ageratum yellow vein virus* isolat Yunan dengan kemiripan genetik 94%.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada peneliti selanjutnya adalah perlu dikaji kembali mengenai penentuan pengelolaan pengendalian yang tepat dalam mengendalikan *Begomovirus* pada tanaman pepaya selain perlakuan preventif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, N. dan Hidayat, S. 2014. Keparahan penyakit daun keriting kuning dan pertumbuhan populasi kutu kebul pada beberapa genotipe cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(6): 195-201.
- Andou, T., Yamaguchi, A., Kawano, S., Kawabe, K., Ueda, S., and Onuki, M. 2010. *Ageratum yellow vein virus* isolated from tomato plants with leaf curl on Ishigaki Island, Okinawa, Japan. *Journal of General Plant Pathology*. 76(4): 287-291.
- Andret-Link, P. and Fuchs, M. 2005. Transmission specificity of plant viruses by vectors. *Journal of Plant Pathology*. 87(3): 153-165.
- Ariyanti, N. A. 2014. Mekanisme infeksi virus kuning cabai dan pengaruhnya terhadap proses fisiologi tanaman cabai. *Proceeding Biology Education Conference*. pp. 682-686.
- Bananej, K., Kraberger, S., and Varsani, A. 2016. *Okra enation leaf curl virus* in papaya from Iran displaying severe leaf curl symptoms. *Journal of Plant Pathology*. 98(3): 637-639.
- Bornancini, V. A., Irazoqui, J. M., Flores, C. R., Vaghi Medina, C. G., Amadio, A. F., and López Lambertini, P. M. 2020. Reconstruction and characterization of full-length Begomovirus and Alphasatellite genomes infecting pepper through metagenomics. *Viruses*. 12(2): 1-20.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2022. *Produksi Tanaman Buah-Buahan Tahun 2022*. Badan Pusat Statistik. Jakarta Pusat.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Flowering Plants*. Columbia Univesity Press. New York.
- Febrianti, E. 2022. Identifikasi Molekuler dan Variasi Genetik *Begomovirus* yang Menginfeksi Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L.) serta Patogenisitasnya pada Beerapa Spesies *Solanaceae*. *Skripsi*. Univesitas

Lampung. Bandar Lampung.

- Ganefianti, D. W., Sujiprihati, S., Hidayat, S. H., dan Syukur, M. 2008. Metode penularan dan uji ketahanan genotipe cabai (*Capsicum* spp.) terhadap *Begomovirus*. *Jurnal Akta Agrosia*. 11(2): 162-169.
- Ghosh, S. and Ghanim, M. 2021. Factors determining transmission of persistent viruses by *Bemisia tabaci* and emergence of new virus–vector relationships. *Viruses*. 13(9): 1-13.
- Gottlieb, Y., Zchori-Fein, E., Mozes-Daube, N., Kontsedalov, S., Skaljac, M., Brumin, M., Sobol, I., Czosnek, H., Vavre, F., Fleury, F., and Ghanim, M. 2010. The transmission efficiency of *Tomato yellow leaf curl virus* by the whitefly *Bemisia tabaci* is correlated with the presence of a specific symbiotic Bacterium Species. *Journal of Virology*. 84(18): 9310-9317.
- Guswanto, R., Syukur, M., Hidayat, S. H., dan Gunaeni, N. 2016. Identifikasi gejala dan kisaran inang enam isolat *Begomovirus* cabai di Indonesia. *Jurnal Hortikultura*. 26(2): 223-234.
- Guswanto, R., Syukur, M., Purwoko, B. S., dan Hidayat, S. H. 2015. Metode penularan massal untuk uji penapisan ketahanan cabai mutan terhadap *Begomovirus* (the mass transfer method for resistance screening test of chilli mutant to *Begomovirus*). *Jurnal Hortikultura* . 25(3): 246-256.
- Gutierrez, C. 2000. *Geminiviruses* and the plant cell cycle. *Plant Molecular Biology*. 43(5-6): 763-772.
- Haerunisa, R., Suastika, G., dan Damayanti, T. A. 2016. Identifikasi *Begomovirus* yang berasosiasi dengan penyakit kuning pada mentimun di Jawa Barat dan Bali. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 7(1): 9-20.
- Hamim, I., Borth, W. B., Melzer, M. J., Suzuki, J. Y., Wall, M. M., and Hu, J. S. 2019. Occurrence of *Tomato leaf curl Bangladesh virus* and associated subviral DNA molecules in papaya in Bangladesh: molecular detection and characterization. *Archives of Virology*. 164(6): 1661-1665.
- Harsono, Y. 2021. *Teknik Budi Daya Pepaya California*. DIVA Press. Yogyakarta.
- Haq, Q. M. I., Sohrab, S. S., Brown, J. K., and Al-Harrasi, A. 2022. Association of *Tomato yellow leaf curl virus* — Oman strain with the leaf curl and yellow mosaic symptoms on papaya and wild poinsettia in Oman. *Canadian Journal*

*of Plant Pathology*. 44(3): 465-472.

- Hidayat, S. H., Nurulita, S., dan Wiyono, S. 2012. Infeksi *Papaya ringspot virus* pada tanaman pepaya di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(6): 184-187.
- Islam, W., Akutse, K. S., Qasim, M., Khan, K. A., Ghramh, H. A., Idrees, A., and Latif, S. 2018. *Bemisia tabaci*-mediated facilitation in diversity of *Begomoviruses*: evidence from recent molecular studies. *Microbial Pathogenesis*. 123(1): 162-168.
- IUPAC Committee (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). 1985. Nomenclature committee of the international union of biochemistry (nciub), nomenclature for incompletely specified bases in nucleic acid sequences. Recommendations. 1984. *Nucleic acids research*. 13(9): 3021.
- Jeong, J. J., Ju, H. J., and Noh, J. 2014. A review of detection methods for the plant viruses. *Research in Plant Disease*. 20(3): 173-181.
- Kandito, A., Hartono, S., Sulandari, S. R. I., Somowiyarjo, S., and Widyasari, Y. A. 2020. First report of naturally occurring recombinant non-coding dna satellite associated with *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* on eggplant in Indonesia. *BIODIVERSITAS*. 21(1): 129-136.
- Kasron., Subroto, W., dan Engkartini. 2018. Diversifikasi olahan pepaya untuk meningkatkan nilai jual pepaya california di Desa Kertajaya Kecamatan Gandrungmangu Kabupaten Cilacap. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*. 1: 505-509.
- Khan, J. A. and Ahmad, J. 2005. Diagnosis, monitoring and transmission characteristics of *Cotton leaf curl virus*. *Current Science*. 88(11): 1803-1809.
- King, A. M. Q., Adams, M. J., Carstens, E. B., and Lefkowitz, F. E. J. 2012. *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. Ninth Report of The International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier. Amsterdam.
- Li, R., Salih, S., and Hurtt, S. 2004. Detection of *Geminiviruses* in sweetpotato by polymerase chain reaction. *Plant Disease*. 88(12): 1347-1351.
- Makkouk, K. and Kumari, S. 2006. Molecular diagnosis of plant viruses. *Arab Journal of Plant Protection*. 24(1): 135-138.
- Narendra, A. A. G. A., Phabiola, T. A., dan Yuliadhi, A. K. 2017. Hubungan



antara populasi kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Gennadius) (Hemiptera : Aleyrodidae) dengan insiden penyakit kuning pada tanaman tomat (*Solanum Lycopersicum* Mill.) di Dusun Marga Tengah, Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Bali. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 6(3): 339-348.

Nehra, C., Marwal, A., Verma, R. K., Mishra, M., Sharma, P., and Gaur, R. K. 2019. *Papaya yellow leaf curl virus: A newly identified Begomovirus infecting Carica papaya L. from the Indian Subcontinent*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 94(4): 475-480.

Novita, A. 2016. *Budi Daya Pepaya Kalifornia*. Mediatera Semesta. Jakarta.

Pangesti, A. M., Sutrawati, M., dan Bustamam, H. 2022. Deteksi *Begomovirus* pada benih Pepaya dan Pengendaliannya dengan Metode Hot Water Treatment. *Proceedings Transformasi Pertanian Digital Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Dan Masa Depan Yang Berkelanjutan*. 6: 345-353.

Polston, J. E. and Anderson, P. K. 1997. The emergence of whitefly-transmitted *Geminiviruses* in tomato in the western hemisphere. *Plant Disease*. 81(12): 1358-1369.

Reddy, M. K., Venkataravanappa, V., Madhuvanathi, B., and Jalali, S. 2010. Molecular characterization of *Begomoviruses* associated with *Papaya leaf curl disease* in India. *Acta Horticulturae*. 92(1): 465-472.

Roy, B., Chakraborty, P., and Ghosh, A. 2021. How many *Begomovirus* copies are acquired and inoculated by its vector, whitefly (*Bemisia tabaci*) during feeding?. *Plos One*. 16(10): 1-14.

Saunders, K., Bedford, I. D., Briddon, R. W., Markham, P. G., Wong, S. M., and Stanley, J. 2000. A unique virus complex causes *Ageratum yellow vein disease*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 97(12): 6890-6895.

Saxena, S., Hallan, V., Singh, B. P., and Sane, P. V. 1998. Nucleotide sequence and intergeminiviral homologies of the DNA-A of *Papaya leaf curl geminivirus* from India. *Biochemistry and Molecular Biology International*. 45(1): 101-113.

Setyawati, R. dan Zubaidah, S. 2021. Optimasi konsentrasi primer dan suhu annealing dalam mendeteksi gen leptin pada sapi peranakan ongole (PO) menggunakan *polymerase chain reaction* (PCR). *Indonesian Journal of Laboratory*. 4(1): 36.

- Sharma, P., Ikegami, M., and Kon, T. 2010. Identification of the virulence factors and suppressors of posttranscriptional gene silencing encoded by *Ageratum yellow vein virus*, a monopartite *Begomovirus*. *Virus Research*. 149(1): 19-27.
- Shen, W., Tuo, D., Yang, Y., Yan, P., Li, X., and Zhou, P. 2014. First report of *Ageratum yellow vein virus* associated with a new betasatellite infecting *Carica papaya* in China. *Journal of Plant Pathology*. 96(3): 611.
- Sohrab, S. S. 2020. Molecular diagnosis of *Begomovirus* associated with *Chilli leaf curl disease* in Jeddah, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 27(11): 3060-3064.
- Sopialena. 2014. Efektivitas beberapa cara penularan virus mosaik pada tanaman cabai. *Jurnal Agrifor*. 8(2): 207-212.
- Soro, K., Atcham Agneroh, T., and Théodore Kouadio, K. 2021. Identification of eggplant (*Solanum melongena*) as a new host of *Begomovirus Pepper yellow vein Mali virus* in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*: 157(1): 16153-16160.
- Sudiono, S., Yasin, N., Hendrastuti Hidayat, S., dan Hidayat, P. 2005. Penyebaran dan deteksi molekuler virus gemini penyebab penyakit kuning pada tanaman cabai di Sumatera. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 5(2): 113-121.
- Sutrawati, M., Parwito, P., Priyatiningsih, Zarkani, A., Sipriyadi, Sariasih, Y., and Ganefianti, D. W. 2021. First report of *Begomovirus* infection on papaya in Bengkulu, Indonesia. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 21(1): 49-55.
- Tallei, T. E., Rembet, R. E., Pelealu, J. J., and Kolondam, B. J. 2016. Sequence variation and phylogenetic analysis of *Sansevieria trifasciata* (Asparagaceae). *Bioscience Research*. 13(1-2): 1-7.
- Taufik, M., Hasan, A., Hidayat, S. H., Parawansa, A. K., dan Tasrif, A. 2023. Penelitian keparahan gejala virus pada *Capsicum frutescens* berbasis indeks vegetasi dan pengamatan visual di lapangan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(1): 7.
- Tennant, P. F., Fermin, G. A., and Roye, M. E. 2007. Viruses infecting papaya (*Carica papaya* L.): Etiology, pathogenesis, and molecular biology. *Plant Viruses*. 1(2): 178-188.

- Wilisiani, F. 2019. Deteksi *Begomovirus* pada tanaman cabai di Magelang, Indonesia. *AGROISTA Jurnal Agroteknologi*. 3(1): 1-10.
- Yasin, N., dan Sudiono. 2006. Karakterisasi kutu kebul (*Bemisia tabaci*) sebagai vektor virus gemini dengan teknik PCR-rapd. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 6(2): 113-119.
- Yustinadewi, P. D., Yustiantara, P. S., and Narayani, I. 2018. Mdr-1 gene 1199 variant primer design techniques in pediatric patient buffy coat samples with Lla. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*. 5(1): 105.
- Zhou, X. 2013. Advances in understanding *Begomovirus* satellites. *Annual Review of Phytopathology*. 51(1): 357-381.