

**KARAKTER BIOLOGI, DETEKSI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER
SERTA KERAGAMAN GENETIK STRAIN LEMAH DAN STRAIN
GANAS *BEGOMOVIRUS* PADA TANAMAN TERUNG (*Solanum
melongena* L.)**

(Skripsi)

Oleh

**RENI SAFITRI
NPM 1914191004**



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

ABSTRAK

KARAKTER BIOLOGI, DETEKSI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER SERTA KERAGAMAN GENETIK STRAIN LEMAH DAN STRAIN GANAS *BEGOMOVIRUS* PADA TANAMAN TERUNG (*Solanum melongena* L.)

Oleh

RENI SAFITRI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter biologi strain lemah dan ganas *Begomovirus* pada tanaman terung (*Solanum melongena* L.), deteksi molekuler *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman terung menggunakan *universal primer Begomovirus*, dan identifikasi dan variasi genetik *Begomovirus*. *Begomovirus* strain ganas (isolat LS01) dan strain lemah (isolat PS01) yang diisolasi dari tanaman terung dapat menginfeksi tanaman terung ungu dan cabai merah besar dengan gejala berupa bercak kekuningan, keriting, dan terjadi penebalan lamina daun. *Begomovirus* yang diisolasi dari tanaman terung di lapangan yang ditularkan oleh kutu kebul mempunyai kisaran inang yaitu tanaman pepaya dan kacang panjang. Isolat strain ganas dan lemah *Begomovirus* dapat dideteksi menggunakan *universal primer Begomovirus* dengan pita DNA berukuran ± 550 bp dan ± 912 bp. Berdasarkan pohon filogenetik *Begomovirus* isolat LS01 berbeda *cluster* dengan TYLCVKaV dan PepYLCIV, namun berdasarkan jarak genetik isolat teridentifikasi sebagai TYLCVKaV namun berbeda strain dengan TYLCVKaV (LC511773.1, LC511772.1, LC511771.1, LC051116.1, MZ374359.1 dan KF446673.1). Berdasarkan pohon filogenetik *Begomovirus* isolat PS01 memiliki *common ancestor* dengan *Ageratum yellow vein virus* (MN233601.1, MN233600.1, KC577733.1) dan AYVV isolat Pesawaran, namun berdasarkan jarak genetik isolat tersebut merupakan spesies yang berbeda dan termasuk spesies baru, sehingga diberi nama *Eggplant yellow leaf curl virus* isolat Pesawaran.

Kata Kunci: *Begomovirus*, deteksi molekuler, karakter biologi, variasi genetik.

**KARAKTER BIOLOGI, DETEKSI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER
SERTA KERAGAMAN GENETIK STRAIN LEMAH DAN STRAIN
GANAS *BEGOMOVIRUS* PADA TANAMAN TERUNG (*Solanum
melongena* L.)**

Oleh

RENI SAFITRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian**



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

Judul Skripsi

**: KARAKTER BIOLOGI, DETEKSI
DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER
SERTA KERAGAMAN GENETIK
STRAIN LEMAH DAN STRAIN
GANAS *BEGOMOVIRUS* PADA
TANAMAN TERUNG (*Solanum
melongena* L.)**

Nama Mahasiswa

: Reni Safitri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1914191004

Program Studi

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

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

Ir. Nur Yasin, M.Si.
NIP 195910091986031002

1. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

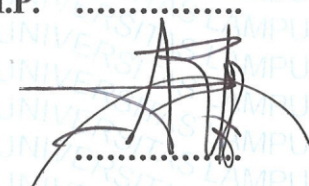
Ketua

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



Sekretaris

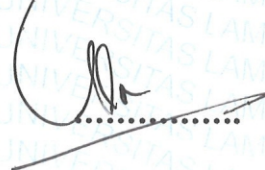
Ir. Nur Yasin, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

Ir. Muhammad Nurdin, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP.196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **14 November 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**KARAKTER BIOLOGI, DETEKSI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER SERTA KERAGAMAN GENETIK STRAIN LEMAH DAN STRAIN GANAS *BEGOMOVIRUS* PADA TANAMAN TERUNG (*Solanum melongena* 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 sesuai 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



Reni Safitri
NPM 1914191004

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir dari pasangan Bapak Suroto dan Ibu Poniyah dan merupakan anak keempat dari lima bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 3 Bumi Jawa pada tahun 2013, di SMPN 2 Purbolinggo pada tahun 2016, dan di SMAN 1 Purbolinggo pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Siraman, Kecamatan Pekalongan, Kabupaten Lampung Timur 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 Biologi 1 (2021), Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman (2022), Pengantar Genetika Proteksi Tanaman (2022), Entomologi Pertanian (2022), dan Mikrobiologi Pertanian (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 Hubungan Masyarakat (HUMAS) pada periode tahun (2020 dan 2021).

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**TERUNTUK ORANG-ORANG TERKASIH
BAPAK, IBU, KAKAK-KAKAK, DAN ADIKKU**

“Teruntuk diriku sendiri, terimakasih telah dan tetap bertahan serta berjuang sampai sejauh ini. Memang tidak mudah tapi kamu kuat, kamu hebat dan tetaplah berusaha untuk menjadi pribadi yang lebih baik serta bertumbuhlah sehingga kelak dapat memberi manfaat dimanapun kamu berada”

“Teruntuk teman-teman seperjuanganku, skripsi banyak mengajarkan kita tentang pengorbanan, kesabaran, ketekunan, dan ketaatan kepada sang pencipta. Selalu ingat skripsi yang baik adalah skripsi yang selesai. Jadi, semangat untuk kita semua karena setiap pengorbanan akan membuahkan hasil yang manis”

“Dan mintalah pertolongan dengan kesabaran dan solat”

-Al Baqarah: 45-

“Sesungguhnya pertolongan akan datang bersama kesabaran”

-HR. Ahmad 1/307-

“Lakukan hal yang Anda takuti, maka rasa takut itu pasti mati”

-Ralp Waldo Emerson-

“Life is not about being perfect, it's about accomplishing your dream”

-Jungkook of BTS-

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah ﷻ yang telah memberikan segala rahmat, nikmat, dan karunia sehingga atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Agung Muhammad ﷺ yang telah menerangi dunia dengan islam dan membawa kita kepada kebenaran.

Skripsi yang berjudul **“Karakter biologi, deteksi dan identifikasi molekuler serta keragaman genetik strain lemah dan strain ganas *Begomovirus* pada tanaman terung (*Solanum melongena* L.)”** merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pertanian. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang setulusnya 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, bantuan, nasihat, dan ilmu selama proses penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini.
4. Ir. Nur Yasin, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, bantuan, nasihat, dan ilmu selama proses penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini.
5. Ir. Muhammad Nurdin, M.Si. selaku dosen pembahas yang telah memberikan bimbingan, saran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

6. Selvi Helina, S.P., M.Sc. yang telah membimbing teknis penelitian serta memberikan saran serta masukan selama proses penelitian.
7. Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan, dukungan, nasihat, saran, serta ilmu bagi penulis selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua tercinta penulis Bapak Suroto dan Ibu Poniyah, serta keempat saudara tercinta penulis Agus Purnomo, Tutik Handayani, Wiwik Purwaningsih, dan Wahyu Nugroho yang selalu memberikan kasih sayang, support yang amat besar serta doa yang tidak henti sehingga penulis dapat bertahan sampai di titik ini. Sebuah karya sederhana yang penulis persembahkan kepada keluarga tercinta penulis sebagai wujud terimakasih dan tanggungjawab penulis.
9. Teman seperjuangan penulis saudari Lionita Dewi dan Hikmah Hasanah yang selalu kebersamai penulis selama penelitian. Terimakasih karena selalu mengulurkan bantuan kapan pun saat penulis butuh dan untuk pengalaman-pengalaman yang tidak terlupakan susah, sedih, senang, gupek, capek, *overthinking* dan pengalaman-pengalaman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-satu.
10. Bangtan Sonyeondan, Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook. Terimakasih sudah menghibur dan membuat penulis tertawa di kala pikiran suntuk oleh penelitian yang tiada usai ini. Semoga kelak penulis dapat bertemu dengan kalian.
11. Mba Tari, mba Yeyen dan mba Erika yang telah memberikan arahan selama proses penelitian saya.
12. Teman-teman seangkatan Proteksi Tanaman 2019.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca

Bandar Lampung, Desember 2023
Penulis

Reni Safitri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	VII
DAFTAR GAMBAR	VIII
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Terung (<i>Solanum melongena</i> L.)	5
2.1.1 Deskripsi umum tanaman terung (<i>Solanum melongena</i> L.)	5
2.1.2 Infeksi <i>Begomovirus</i> pada tanaman terung (<i>Solanum melongena</i> L.)	5
2.2 <i>Begomovirus</i>	6
2.3 Vektor Penyebaran <i>Begomovirus</i>	8
2.4 Identifikasi Gejala Infeksi <i>Begomovirus</i>	10
2.4.1 Identifikasi berdasarkan gejala yang timbul.....	10
2.4.2 Identifikasi molekuler menggunakan teknik PCR.....	10
III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian	13
3.3.1 Ekplorasi tanaman terung di lapangan	13
3.3.2 Pengambilan serangga vektor <i>Begomovirus</i>	15
3.3.3 Penyiapan tanaman uji	15
3.3.4 Uji patogenisitas strain lemah pada tanaman <i>Solanacea</i>	16
3.3.5 Uji kisaran inang <i>Begomovirus</i>	17
3.3.6 Deteksi molekuler <i>Begomovirus</i> tanaman terung ungu menggunakan <i>universal primer Begomovirus</i>	17
3.3.7 Identifikasi dan variasi genetik <i>Begomovirus</i>	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Penelitian.....	22
4.1.1 Karakter Biologi Strain Lemah dan Strain Ganas <i>Begomovirus</i> .	22
4.1.2 Identifikasi <i>Begomovirus</i> pada tanaman terung ungu	32
4.1.3 Variasi genetik <i>Begomovirus</i>	33

4.2 Pembahasan	40
V. SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan.....	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Protein yang disandikan <i>Begomovirus</i>	7
2. International Union of Pure and Applied Chemistry ambiguity code	11
3. Urutan oligonukleotida <i>universal primer</i> , deteksi dan identifikasi <i>Begomovirus</i>	13
4. Skor, gejala infeksi pada daun, dan kategori keparahan	14
5. Komposisi reagen PCR	19
6. Komposisi reagen PCR sampel untuk sekuensing	20
7. Keterjadian dan keparahan infeksi <i>Begomovirus</i> di lapangan	22
8. Keterjadian dan keparahan infeksi <i>Begomovirus</i> hasil inokulasi.....	23
9. Tinggi, jumlah daun, dan masa inkubasi tanaman terung ungu yang diinokulasi strain lemah <i>Begomovirus</i>	26
10. Tinggi, jumlah daun, dan masa inkubasi tanaman cabai merah besar yang diinokulasi strain lemah <i>Begomovirus</i>	28
11. Tinggi, jumlah daun, dan masa inkubasi tanaman pepaya yang diinokulasi <i>Begomovirus</i>	30
12. Tinggi, jumlah daun, dan masa inkubasi tanaman kacang panjang yang diinokulasi <i>Begomovirus</i>	32
13. Hasil konfirmasi program BLAST isolat terung ungu asal Lampung selatan (strain ganas).....	35
14. Matriks jarak genetik (gen AV1) <i>Begomovirus</i> isolat LS01 (strain ganas) dengan <i>Begomovirus</i> lainnya (data Genbank).....	37
15. Matriks jarak genetik (gen AC1 dan AC2) <i>Begomovirus</i> isolat PS01 (strain lemah) dengan <i>Begomovirus</i> lainnya (data Genbank).....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta genetik <i>Begomovirus</i> . Sumber: Pandey <i>et al.</i> (2021).	7
2. Imago kutu kebul (<i>B. tabaci</i>). Sumber: Abubakar <i>et al.</i> (2022).	8
3. Variasi gejala infeksi <i>Begomovirus</i> pada terung ungu. Gejala mosaik kuning pada daun (A) dan gejala menguning (B). Sumber: Kintasari dkk. (2013).	10
4. Skor gejala penyakit akibat infeksi <i>Begomovirus</i> pada tanaman terung. Skor 0 (A), skor 1 (B), skor 2 (C), skor 3 (D), dan skor 4 (E).	15
5. Variasi gejala infeksi <i>Begomovirus</i> pada tanaman terung di lahan Desa Jati Mulyo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, daun menguning (A) dan mosaik (B).	23
6. Tanaman terung terinfeksi <i>Begomovirus</i> strain lemah di Desa Jatimulyo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan (A) dan terung terinfeksi <i>Begomovirus</i> strain ganas di Desa Karang Anyar, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran (B).	24
7. Patogenisitas gejala <i>Begomovirus</i> pada daun terung setelah inokulasi strain lemah dan strain ganas <i>Begomovirus</i> . A= terung ungu sehat (kontrol); B= terung ungu strain lemah; C= terung ungu strain ganas; D= terung ungu 1; E= terung ungu 2; F= terung ungu 3; G= terung ungu 4; dan H= terung ungu 5.	25
8. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> strain lemah dan strain ganas pada tanaman terung yang ditunjukkan dengan perbedaan tinggi tanaman. 1= terung ungu sehat (kontrol); 2= terung ungu strain lemah; 3= terung ungu strain ganas; 4= terung ungu 1; 5= terung ungu 2; 6= terung ungu 3; 7= terung ungu 4; dan 8= terung ungu 5.	26
9. Patogenisitas gejala <i>Begomovirus</i> pada daun cabai merah besar setelah inokulasi strain lemah dan strain ganas <i>Begomovirus</i> . A= cabai merah besar sehat (kontrol); B= cabai merah besar strain lemah; C= cabai merah besar strain ganas; D= cabai merah besar 1; E= cabai merah besar 2; F= cabai merah besar 3; G= cabai merah besar 4; dan H= cabai merah besar 5.	27
10. Patogenisitas <i>Begomovirus</i> strain lemah dan strain ganas pada tanaman cabai merah besar yang ditunjukkan dengan perbedaan tinggi tanaman. 1= cabai merah besar sehat (kontrol); 2= cabai merah besar strain lemah; 3= cabai merah besar strain ganas; 4= cabai merah besar 1; 5= cabai merah besar 2; 6= cabai merah besar 3; 7= cabai merah besar 4; dan 8= cabai merah besar 5.	28

11. Variasi gejala infeksi <i>Begomovirus</i> pada tanaman pepaya. Daun menguning (A) dan daun keriting (B).....	29
12. Uji kisaran inang gejala infeksi <i>Begomovirus</i> yang ditunjukkan dengan perbandingan tinggi tanaman. 1= pepaya sehat (kontrol); 2= pepaya 1; 3= pepaya 2; 4= pepaya 3; 5= pepaya 4; dan 6= pepaya 5.	30
13. Uji kisaran inang gejala infeksi <i>Begomovirus</i> pada tanaman kacang panjang. A= tanaman sehat (kontrol); B, C, D, dan E= daun kacang panjang bergejala menguning; dan F= daun kacang panjang tidak bergejala.	31
14. Uji kisaran inang <i>Begomovirus</i> yang ditunjukkan dengan perbandingan tinggi tanaman. 1= kacang panjang sehat (kontrol); 2= kacang panjang 1; 3= kacang panjang 2; 4= kacang panjang 3; 5= kacang panjang 4; dan 6= kacang panjang 5.....	32
15. Visualisasi amplifikasi DNA <i>Begomovirus</i> berukuran ± 550 bp (gen AV1) dan ± 912 bp (gen AC1 dan AC2) menggunakan <i>universal primer Begomovirus</i> . M= Marker; 1= Nomor isolat sampel terung strain ganas asal Lampung Selatan; dan 2= Nomor isolat sampel terung strain lemah asal Pesawaran.	33
16. Pohon filogenetik (gen AV1) <i>Begomovirus</i> isolat LS01 (strain ganas) dengan metode <i>Neighbor Joining Tree</i>	34
17. Pohon filogenetik (gen AC1 dan AC2) <i>Begomovirus</i> isolat PS01 (strain lemah) dengan metode <i>Neighbor Joining Tree</i>	38

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman terung (*Solanum melongena* L.) merupakan salah satu tanaman perdu yang mempunyai banyak manfaat bagi kesehatan. Tanaman ini mengandung asam fenolik yang bekerja sebagai anti obesitas, anti-inflamasi, anti-diabetes, dan baik untuk kesehatan jantung. Selain itu, terung kaya akan senyawa antosianin yang baik untuk mengatasi masalah saraf, gangguan kardiovaskular, dan diabetes (Naeem and Ugur, 2019). Berdasarkan penelitian Shen *et al.* (2017) pada buah terung terkandung senyawa glycoalkaloid yang berperan sebagai anti-kanker. Glycoalkaloid dapat menurunkan sel kanker paru paru dan memiliki fungsi anti-inflamasi serta dapat menurunkan kolesterol. Serat yang terkandung pada terung bermanfaat untuk memperlancar pencernaan. Terung kaya akan magnesium, mangan, potasium, dan tembaga yang penting untuk kesehatan tulang.

Tanaman terung banyak dibudidayakan di daerah yang beriklim tropis dan sub tropis. Terung menduduki posisi kelima produksi tanaman hortikultura terbesar di dunia setelah tomat, kentang, lada dan tembakau. Produksi terung dunia mencapai 48,5 juta ton dan Cina menjadi negara penghasil terung terbesar di dunia (Talhouni *et al.*, 2019). FAO (2014) melaporkan produksi terung negara Cina mencapai 28,4 juta ton, kemudian diikuti negara India dengan produksi sebesar 13,4 juta ton, Mesir 1,2 juta ton, Turki 0,82 juta ton, dan Iran 0,75 juta ton. Venkataravanappa *et al.* (2018) menyatakan bahwa di India tanaman ini termasuk sayuran yang populer dan penting karena hampir 90% produksi dunia berasal dari negara ini.

Terung termasuk tanaman yang rentan terserang organisme pengganggu tanaman (OPT), salah satunya virus. Virus penting yang telah dilaporkan menginfeksi tanaman terung ialah *Begomovirus* (Schippers, 2000). *Begomovirus* merupakan genus virus yang berasal dari famili *Geminiviridae* yang dikelompokkan menjadi dua genom yaitu monopartit dan bipartit. Virus ini mempunyai banyak inang diantaranya dari famili *Euphorbiaceae*, *Cucurbitaceae*, *Malvaceae*, *Fabaceae*, *Convolvulaceae*, dan *Solanaceae* (Soro *et al.*, 2021). Berdasarkan laporan dari Afrika spesies virus yang menginfeksi tanaman terung yaitu *Tomato mosaic virus* (Arogundade *et al.*, 2018), *Eggplant severe mottle virus* dan *Tombusvirus eggplant mottle crinkle virus* (Chen *et al.*, 2001). Selain itu, di Asia juga telah dilaporkan terdapat dua spesies *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman terung yaitu *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* di Thailand (Green *et al.*, 2003) dan *Tomato leaf curl New Dehli virus* di India (Pratap *et al.*, 2011).

Gejala infeksi *Begomovirus* pada tanaman *Solanaceae* yang tampak yaitu mosaik dan menguning pada daun serta penghambatan pertumbuhan tanaman (kerdil). Sebuah survei pernah dilakukan di daerah Nagpur India pada rentang waktu 2009 sampai 2010 dengan hasil keterjadian penyakit akibat infeksi *Begomovirus* pada tanaman terung sebesar 60-65% (Pratap *et al.*, 2011). Aidawati (2006) menambahkan bahwa produktivitas tanaman menurun akibat infeksi *Begomovirus* yang berkisar 20-100% dan menyebabkan kerugian yang besar, sehingga kerugian yang ditimbulkan menjadi salah satu yang tertinggi.

Kerusakan akibat infeksi virus ini termasuk cukup tinggi dan erat kaitannya dengan populasi serangga vektornya yaitu kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Kutu kebul berperan sebagai agen penyebaran virus dengan jangkauan yang luas. Hal ini menyebabkan intensitas penyakitnya semakin parah, sehingga *Begomovirus* menjadi kendala yang cukup serius pada budidaya tanaman hortikultura di seluruh dunia (Navas-Castillo *et al.*, 2011). Tingkat penyebaran *Begomovirus* yang luas serta intensitas serangan yang tinggi menyebabkan perlunya perhatian yang serius.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui karakter biologi strain lemah dan strain ganas *Begomovirus* pada tanaman terung (*Solanum melongena* L).
2. Deteksi molekuler *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman terung menggunakan universal primer *Begomovirus*.
3. Mengidentifikasi dan mengetahui variasi genetik *Begomovirus*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Begomovirus merupakan salah satu genus yang memiliki anggota terbanyak dalam famili *Geminiviridae*. *Begomovirus* mempunyai penyebaran yang tergolong cukup luas yaitu hampir menyeluruh pada budidaya pertanian. Famili *Solanaceae* menjadi salah satu famili tanaman yang sering dilaporkan terinfeksi *Begomovirus*. Beberapa spesies *Begomovirus* yang telah dilaporkan menginfeksi tanaman *Solanaceae* di Indonesia meliputi *Tomato leaf curl Java virus*, *Tomato leaf curl Philippine virus*, *Pepper yellow leaf curl Indonesian virus* (Subiastuti *et al.*, 2019).

Terung yang terinfeksi *Begomovirus* menunjukkan gejala berupa mosaik pada daun, daun menguning serta ditemui adanya populasi kutu kebul pada permukaan daun (Venkataravanappa *et al.*, 2018). Penyebaran *Begomovirus* terjadi dengan bantuan vektor berupa kutu kebul (*B. tabaci*). Kutu kebul mempunyai kemampuan reproduksi yang tinggi, kemampuan penyebaran yang luas, bersifat polifag, serta virus yang masuk dalam tubuh vektor bersifat semi persisten yang menjadi faktor pendukung tingginya penyebaran virus tersebut. Kutu kebul memakan bagian floem tanaman yang tidak spesifik sehingga mempunyai inang yang luas serta memiliki banyak inang alternatif. Hal ini menjadi salah satu penyebab *Begomovirus* dapat tersebar cepat dengan jangkauan area yang luas (Islam *et al.*, 2018).

Identifikasi *Begomovirus* berdasarkan gejala tidak cukup untuk mendiagnosa penyebab penyakitnya. Di lapangan sering dijumpai tanaman terung yang tahan walaupun telah terinfeksi *Begomovirus*. Hal ini dapat terjadi karena virus dalam tanaman termasuk virus strain lemah yang akan melindungi tanaman dari infeksi virus strain ganas pada spesies virus yang sama. Sifat virus strain lemah ini yang banyak dimanfaatkan sebagai salah satu metode pengendalian infeksi virus pada tanaman. Greenleaf (1986) mengemukakan infeksi *Begomovirus* pada varietas tahan umumnya tidak menunjukkan gejala atau hanya timbul gejala ringan saja seperti klorosis. Ketahanan tanaman ini merupakan imbas dari strain lemah yang mempunyai kemampuan untuk membatasi perkembangan virus sehingga virus tidak menyebar ke sel-sel lainnya.

Deteksi dan identifikasi molekuler merupakan salah satu langkah penting karena seringkali tanaman yang terinfeksi virus berbeda menunjukkan gejala yang sama dan sebaliknya. Teknik PCR (*polymerase chain reaction*) merupakan teknik yang banyak digunakan dalam deteksi molekuler *Begomovirus* karena mempunyai tingkat keakuratan yang tinggi. Li *et al.* (2004) mengemukakan Teknik PCR mempunyai prinsip kerja yaitu mengamplifikasi sekuen asam nukleat secara *in vitro* menggunakan polimerisasi berulang dari sekuen DNA yang melibatkan enzim DNA polymerase. DNA hasil amplifikasi PCR biasanya digunakan sebagai bahan penyusunan filogenetik untuk memperoleh informasi terkait keragaman maupun kedekatan genetik virus.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)

2.1.1 Deskripsi umum tanaman terung (*Solanum melongena* L.)

Famili *Solanaceae* termasuk salah satu dari sepuluh famili tanaman berbunga dengan spesies yang banyak serta beragam yang berkisar 1400 spesies (Knap *et al.*, 2013). Tanaman terung (*Solanum melongena* L.) merupakan tanaman hortikultura yang masuk dalam famili tersebut. Tanaman perdu ini banyak dimanfaatkan dan bagian tanaman yang biasanya dikonsumsi adalah buahnya. Di Indonesia sendiri terung banyak dibudidayakan dan menjadi sayuran yang banyak digemari.

2.1.2 Infeksi *Begomovirus* pada tanaman terung (*Solanum melongena* L.)

Di lapangan dijumpai tanaman terung yang terinfeksi *Begomovirus* dengan gejala daun mosaik, menguning, dan tanaman kerdil. Pada umumnya tanaman terung yang terserang masih menghasilkan buah namun kualitasnya menurun. Kejadian penyakit yang disebabkan oleh *Begomovirus* masih sulit dikendalikan karena jangkauan inang virus yang luas dan adanya vektor *B. tabaci*, keragaman genetik virus yang tinggi, rekombinasi antar spesies virus, dan terjadi infeksi ganda (Bhattacharyya *et al.*, 2015). Penyebaran *Begomovirus* pada famili *Solanaceae* mempunyai jangkauan yang sangat luas dalam rentang waktu yang relatif cepat. Pada 2013 ditemukan infeksi *Begomovirus* pada tanaman terung di wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Daerah Istimewa Yogyakarta dengan gejala berupa mosaik dan menguning (Kintasari dkk., 2013). Soro *et al.* (2021) mengemukakan

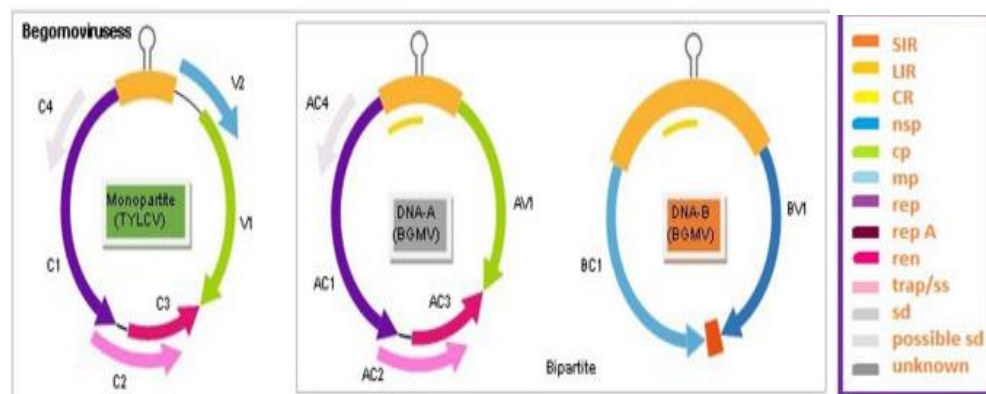
bahwa terdapat dua jenis *Begomovirus* yang menginfeksi tanaman terung di wilayah Asia yaitu *Tomato leaf curl New Dehli virus* dan *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus*. Dilaporkan pula terdapat infeksi *Begomovirus* di Thailand tepatnya di provinsi Kanchanaburi yang disebabkan oleh *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) (Green *et al.*, 2003).

2.2 *Begomovirus*

Genus *Begomovirus* termasuk salah satu patogen tumbuhan yang banyak dijumpai menginfeksi tanaman di daerah tropis maupun sub tropis. *Begomovirus* merupakan salah satu anggota famili *Geminiviridae*. Famili *Geminiviridae* sendiri memiliki tujuh genus yaitu *Begomovirus*, *Curtovirus*, *Becurtovirus*, *Eragrovirus*, *Mastrevirus*, *Topocuvirus* dan *Turncurtovirus*. *Begomovirus* memiliki lebih banyak spesies di dalamnya dibandingkan genera lain dalam famili *Geminiviridae* (Isshiki *et al.*, 2008). Brown *et al.* (2015) melaporkan genus *Begomovirus* mempunyai 288 spesies yang diakui oleh *International Committee on Taxonomy of Viruses* (ICTV) dan menjadikan *Begomovirus* sebagai genus dengan banyak spesies di famili *Geminiviridae*.

Begomovirus mempunyai genom berupa *circular single stranded DNA* (ssDNA) yang terdiri dari *single molecule* berukuran 2,7–2,8 kb (monopartite) dan sebagian besar *double molecules*, DNA-A dan DNA-B (bipartite) (Vanitharani *et al.*, 2005). Genom pada virus berfungsi sebagai pembawa informasi genetik. Genom tersebut tersusun atas gen penyandi protein yang berperan untuk replikasi dan patogenesis tanaman inang (Akin, 2021). Genom monopartit terdiri atas genom tunggal yang disebut DNA-A. Sedangkan genom bipartit terdiri atas DNA-A dan DNA-B. DNA-A (Gambar 1). Genom bipartit mempunyai enam *Open Reading Frames* (ORF) meliputi AC1, AC2, AC3, AC4, AV1, dan AV2 (Tabel 1). AC1 berfungsi untuk mengkode protein yang berhubungan dengan replikasi (Rep) (Reddy *et al.*, 2012). AC2 dan AC3 berperan dalam mengkode protein untuk aktivasi transkripsi (Trap) dan protein penambah replikasi (Ren) serta AC4 berperan dalam mengkode protein AC4 yang terletak dalam AC1 (Sunter and

Bisaro, 1991). Gen AV1 berperan dalam mengkode *coat protein* (cp) dan gen AV2 berperan dalam mengkode protein AV2 (Hamilton *et al.*, 1984). DNA-B hanya memiliki dua ORF yaitu BC1 dan BV1. BC1 berperan dalam mengkode protein gerak (MP) dan BV1 berperan sebagai *nuclear shuttle protein* (NSP) (Hanley-Bowdoin *et al.*, 1990). Masing-masing ORF mempunyai peran dalam induksi gejala, patogenisitas virus, dan transport intra dan interseluler (Kandito *et al.*, 2020).



Gambar 1. Peta genetik *Begomovirus*. (Sumber: Pandey *et al.*, 2021).

Tabel 1. Protein yang disandikan *Begomovirus*

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

(Sumber: Bornacini *et al.*, 2020).

Terdapat berbagai cara penularan virus, penularan virus melalui benih merupakan hal yang penting karena virus dapat bertahan di dalam benih selama jangka waktu tertentu dan dapat menyebarkan penyakit ke wilayah baru di mana pun virus tersebut menyebar. Sekitar 20% virus tanaman dilaporkan ditularkan melalui benih (Mink, 1993). Kothandraman *et al.* (2015) melaporkan *Begomovirus* dapat ditularkan melalui benih (*seedborne*). Penyakit mosaik kuning juga dilaporkan

ditularkan melalui biji pada kacang hijau (*Vigna radiata*) dan secara spesifik dapat dideteksi dari kulit biji, kotiledon, dan embrio.

2.3 Vektor Penyebaran *Begomovirus*

Kutu kebul (*B. tabaci*) (Gambar 2) termasuk serangga famili *Aleyrodidae*, ordo Hemiptera yang dapat ditemukan hampir di semua wilayah baik mediterania, tropik, maupun sub-tropik. Vektor *B. tabaci* dapat menyerang tanaman dari berbagai famili tidak terkecuali menularkan virus dari gulma ke tanaman budidaya. *B. tabaci* menjadi vektor dari lebih 60 virus tanaman di genus *Closterovirus*, *Nepovirus*, *Carlavirus*, *Potyvirus*, *Geminivirus*, dan virus DNA berbentuk batang (Hidayat dkk., 2020). *B. tabaci* merupakan serangga yang berperan sebagai hama dan vektor virus tanaman. *B. tabaci* menjadi salah satu vektor penyebaran *Begomovirus*.



Gambar 2. Imago kutu kebul (*B. tabaci*) (Sumber: Abubakar *et al.*, 2022).

Begomovirus ditularkan dari satu tanaman ke tanaman lainnya oleh *B. tabaci* secara semi persisten. Virus dalam tubuh vektor dapat bertahan namun tidak terbawa selama hidupnya dan tidak diturunkan ke keturunannya (Ghanim, 2014). Periode makan dari kutu kebul relatif sebentar yaitu 30 menit. Periode retensi virus dapat bertahan dalam tubuh vektor selama ± 20 hari. Gaswanto dkk. (2015) menyatakan bahwa pada *Begomovirus* terdapat gen AV1 yang mampu menghasilkan protein yang berfungsi melindungi degradasi partikel virus saat masuk ke sistem pencernaan *B. tabaci*. Singarimbun dkk. (2017) menyatakan keterjadian penyakit akibat *Begomovirus* berkaitan dengan vektornya yaitu kutu kebul. Kutu kebul betina dapat menghasilkan ± 320 telur dalam satu kali siklus

hidupnya (Lee *et al.*, 2018). Kemampuan reproduksi kutu kebul yang tinggi mengakibatkan populasinya cepat meningkat. Menurut Hidayat dkk. (2020) peningkatan populasi kutu kebul sangat berpengaruh terhadap tingkat keterjadian penyakitnya. Mehta *et al.* (1994) menambahkan bahwa persentase tanaman terserang *Begomovirus* akan berbanding lurus dengan peningkatan kutu kebul yang *viruliferous*. *Viruliferous* berarti virus dapat berpindah melalui aktivitas makan dari tanaman terinfeksi dan masuk ke dalam tubuh serangga.

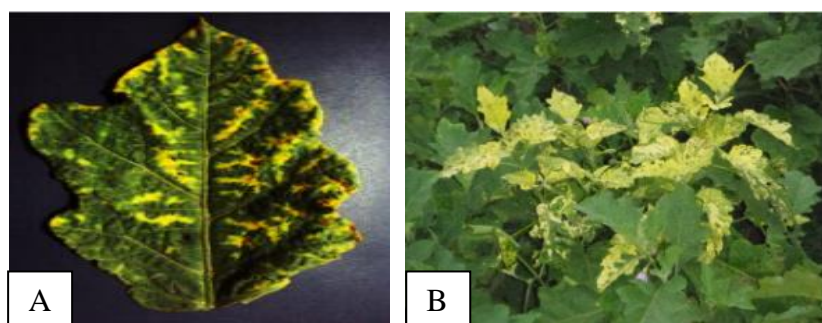
Begomovirus menjadi salah satu virus yang tidak stabil dan tidak dapat bertahan lama di luar tubuh inangnya. Keefektifan penularan *Begomovirus* akan cukup tinggi dengan metode penularan secara langsung tiap satu individu tanaman. Metode ini dipilih untuk menghindari terjadinya *escape* (Gaswanto dkk., 2015). Penularan virus pada tanaman dapat dilakukan dengan beberapa cara. Umumnya penularan *Begomovirus* terjadi secara alami dengan bantuan vektor kutu kebul (*B. tabaci*). *Begomovirus* masuk ke dalam tubuh vektor bersamaan saat vektor menyuntikkan stiletnya pada tanaman bergejala. Selanjutnya virus masuk dan beredar pada pencernaan vektor, menembus dinding usus, dan bersirkulasi dalam cairan tubuh serta kelenjar saliva. Meskipun demikian, virus tersebut tidak selamanya berada dalam tubuh vektornya. Virus dapat bertahan dalam tubuh vektor selama 20 hari dan tidak ditularkan ke keturunannya (Uzategui and Lastra, 1978).

Penularan *Begomovirus* juga dapat dilakukan secara mekanik namun dengan persentase keberhasilan yang rendah. Hal tersebut karena virus menginfeksi jaringan floem tanaman dan apabila dilakukan penularan mekanik maka virus hanya dapat terintroduksi pada jaringan epidermis tanaman saja. Keberhasilan penularan secara mekanik bergantung pada konsentrasi virus dalam larutan (sap), sumber inokulum, ketahanan virus dalam sap, metode penyiapan, tanaman inang, serta lingkungan. Penularan secara mekanik dilakukan dengan cara mengoleskan larutan sap (ekstrak daun mengandung virus) pada permukaan daun yang telah dilukai sebelumnya menggunakan karborundum (Akin, 2006).

2.4 Identifikasi Gejala Infeksi *Begomovirus*

2.4.1 Identifikasi berdasarkan gejala yang timbul

Identifikasi gejala infeksi *Begomovirus* dapat dilakukan dengan melihat gejala yang muncul. Gejala yang umumnya terlihat yaitu daun menguning, terjadi perubahan warna daun (mosaik) (Gambar 3). Identifikasi *Begomovirus* hanya dengan melihat gejalanya saja tidaklah cukup membuktikan bahwa tanaman benar-benar terinfeksi *Begomovirus*. Hal tersebut karena infeksi virus hampir semuanya menimbulkan gejala yang serupa (Aidawati, 2006).



Gambar 3. Variasi gejala infeksi *Begomovirus* pada terung ungu. Gejala mosaik kuning pada daun (A) dan gejala menguning (B). (Sumber: Kintasari dkk., 2013).

2.4.2 Identifikasi molekuler menggunakan teknik PCR

Teknik *polymerase chain reaction* (PCR) telah banyak digunakan untuk mendeteksi *Begomovirus* di berbagai negara (Trisno dkk., 2010). Teknik PCR digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi patogen-patogen pada tanaman (virus, bakteri, dan jamur) dengan sensitivitas yang tinggi. Selain itu, teknik PCR dapat digunakan untuk mengetahui diversitas genetik virus (Santoso dkk., 2013).

Pada umumnya teknik PCR dilakukan dengan menggunakan sepasang primer yaitu *forward* dan *reverse*. Pada umumnya panjang primer berkisar antara 18 sampai 30 basa. Primer yang digunakan untuk mengidentifikasi *Begomovirus* yaitu *universal primer* Krusty (5'CCNMRDGGHTGTGARGGNCC'3)- Homer (5'SVDGCRTGVGTRCANGCCAT'3) dan SPG 1 (5'CCCCCKGTGCGWRATTCCAT'3)- SPG2 (5'ATCCVAAAYWTYCAGGGAG

GAGCTAA'3) (Tabel 2). *Universal primer* Krusty/Homer akan mengamplifikasi bagian AV1 atau bagian *coat protein* (cp) dan menghasilkan pita DNA berukuran 550 bp (Revill *et al.*, 2003). Sedangkan *universal primer* SPG1/SPG2 akan mengamplifikasi bagian AC2 dan AC1 dan akan menghasilkan pita DNA berukuran 912 bp (Annisaa *et al.*, 2021). AC2 berperan mengaktivasi *coat protein* (cp) pada jaringan pengangkut tumbuhan, sedangkan AC 1 berfungsi untuk mereplikasi genom virus (Shivaprasad *et al.*, 2005).

Tabel 2. International Union of Pure and Applied Chemistry ambiguity code

IUPAC ambiguity code	Basa
G	G
A	A
T	T
C	C
R	G atau A
Y	T atau C
M	A atau C
K	G atau T
S	G atau C
W	A atau T
H	A atau C atau T
B	G atau T atau C
V	G atau C atau A
D	G atau A atau T
N	G atau A atau T atau C

(Sumber: IUPAC Committee, 1985).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2022 - Juli 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian dan Laboratorium Ilmu Penyakit, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung serta lahan terung di Kabupaten Lampung Selatan, Kabupaten Pesawaran, dan Kabupaten Pringsewu.

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat yang digunakan meliputi *Thermal cycler*, mesin elektroforesis, *UV Transiluminator*, mikropipet (100-1.000 μ L, 10-100 μ L, dan 0,5-10 μ L), mortar dan *pestle*, timbangan digital, *sentrifuge*, *vortex mix*, inkubator, erlenmeyer 100 mL, gelas ukur 20 mL, cetakan agar, *gel tray*, *combs*, *freezer*, oven, autoklaf, rak tube, tray semai benih, meteran, sungkup kaca, cangkul dan *smartphone*.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu daun tanaman terung yang bergejala *Begomovirus*, tabung eppendorf (0,2 mL dan 1,5 mL), Genomic DNA Mini Kit (Plant; Geneaid), ethanol 70%, ethanol 96%, isopropanol, 1x TE (Tris-EDTA) buffer, *Water for Injection* (WI), *blue tips* (100–1000 μ L), *yellow tips* (10–100 μ L), *white tips* (0,5–10 μ L), *MyTaq™ HS Red Mix*, 2x (Bioline), sepasang universal primers *Krusty* dan *Homer* dan *SPG1* dan *SPG2* (Tabel 3), *agarose powders*, 1x TBE (TrisBorate-EDTA) buffer, EtBr (*Ethidium Bromide*), 100 bp *DNA ladder*, *DNA loading dye*, *aluminium foil*, amplop sampel, plastik sampel, plastik tahan panas, gelang karet, sarung tangan karet, tisu,

benih terung ungu varietas SS 110, cabai merah varietas ENNO 1433, kacang panjang, bibit pepaya varietas kalina, polybag, dan alat tulis.

Tabel 3. Urutan oligonukleotida *universal primer*, deteksi dan identifikasi *Begomovirus*

Primer	Urutan Oligonukleotida	Produk PCR (Referensi)
Krusty (Forward)	5'CCNMRDGGHTGTGARGGNCC'3	DNA target ~550 bp (Revill <i>et al.</i> , 2003)
Homer (Reverse)	5'SVDGCRTGVGTRCANGCCAT'3	
SPG 1 (Forward)	5'CCCCKGTGCGWRATTCCAT'3	DNA target ~912 bp (Annisaa <i>et al.</i> , 2021)
SPG 2 (Reverse)	5'ATCCVAAYWTYCAGGGAG GAGCTAA'3	

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Ekplorasi tanaman terung di lapangan

Eksplorasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan sampel tanaman terung yang terinfeksi *Begomovirus* dengan gejala serangan ringan dan berat. Ekplorasi dilakukan di Kabupaten Pesawaran, Lampung Selatan, dan Pringsewu. Sampel yang diambil berupa daun tanaman terung yang bergejala ringan atau tidak menunjukkan gejala yang letaknya berdekatan atau di antara tanaman terung bergejala berat dengan intensitas serangan >50% dalam satu lahan. Dimasukkan sampel daun yang telah diambil ke dalam amplop kertas lalu dimasukkan ke plastik dan diberi label kemudian dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi lebih lanjut. Tanaman terung yang diambil dari lapangan dipindah ke polybag dan dibawa ke laboratorium untuk dipelihara sebagai sumber inokulum. Persentase keterjadian dan keparahan penyakit dihitung berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Nelson *et al.* (1999) yang telah dimodifikasi sebagai berikut:

$$\text{Keterjadian Penyakit} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan

n : Jumlah tanaman sakit

N : Jumlah tanaman yang diamati

Sedangkan keparahan penyakit diukur menggunakan bantuan skor dan skala gejala penyakit Tabel 4 dan Gambar 4. Perhitungan keparahan penyakit dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KP: \frac{\sum (ni \times zi)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan

KP : Keparahannya penyakit (%),

ni : Jumlah tanaman sakit,

zi : Nilai tanaman bergejala dengan skor (0, 1, 2, 3, dan 4),

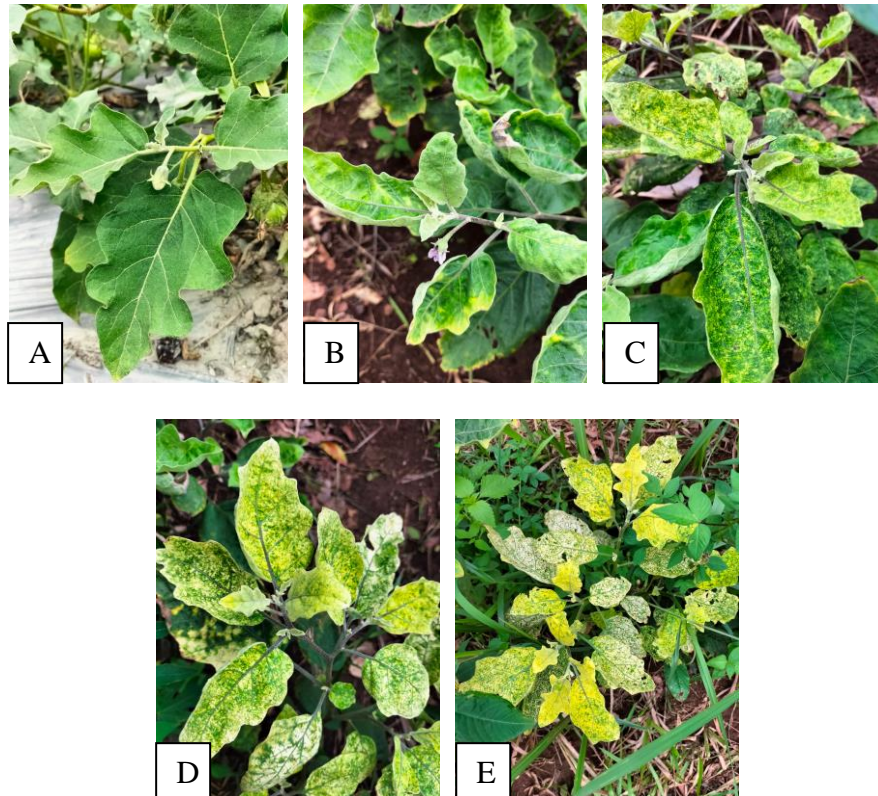
N : Jumlah total tanaman yang diamati,

Z : Nilai skor tanaman tertinggi.

Tabel 4. Skor, gejala infeksi pada daun, dan kategori keparahan

Skor	Persentase Gejala (%)	Kategori Keparahannya
0	0	Sehat
1	>1-25	Ringan
2	>25-50	Sedang
3	>50-75	Berat
4	>75-100	Sangat berat

(Sumber: Nelson *et al.*, 1999).



Gambar 4. Skor gejala penyakit akibat infeksi *Begomovirus* pada tanaman terung. Skor 0 (A), skor 1 (B), skor 2 (C), skor 3 (D), dan skor 4 (E).

3.3.2 Pengambilan serangga vektor *Begomovirus*

Vektor yang digunakan untuk inokulasi *Begomovirus* adalah kutu kebul (*B. tabaci*). Vektor berupa imago kutu kebul yang menetap pada tanaman yang bergejala. Diambil kutu kebul menggunakan bantuan alat aspirator. Dipelihara kutu kebul yang didapat dari lapangan menggunakan tanaman terung sebagai inangnya yang diletakkan dalam sungkup kaca.

3.3.3 Penyiapan tanaman uji

Ditanam benih tanaman *Solanaceae* yang terdiri atas terung ungu (*Solanum melongena* L.) varietas SS 110, cabai merah besar (*Capsicum annum* L.) varietas ENNO 1433 dan kacang panjang. Tahapan awal yang dilakukan yaitu disemai benih terung ungu, cabai merah besar, dan kacang panjang dalam tray semai yang berisi 1 benih di tiap lubangnya. Setelah berumur \pm 4 minggu atau sampai jumlah daun 3-5 helai baru bibit dapat dipindah tanam ke polybag yang telah berisi media

tanaman berupa tanah dan sekam padi dengan perbandingan 2:1 dan masing-masing polybag berisi 1 tanaman. Dilakukan hal yang sama terhadap bibit tanaman pepaya yang berumur ± 5 minggu. Setelah berumur ± 5 minggu bibit dipindah tanam ke polybag. Kemudian tanaman uji dimasukkan dalam sungkup agar aman dari serangan hama dan disiram 2 kali setiap hari pada pagi dan sore hari.

3.3.4 Uji patogenisitas strain lemah pada tanaman *Solanacea*

Uji patogenisitas bertujuan untuk membuktikan kemampuan virus untuk menimbulkan gejala pada tanaman uji. Tanaman yang digunakan untuk inokulasi yaitu cabai merah besar dan terung ungu berjumlah masing-masing 8 tanaman yang terdiri atas 5 tanaman yang diinokulasikan strain lemah dan strain ganas *Begomovirus*, 1 tanaman yang diinokulasikan strain lemah *Begomovirus*, 1 tanaman yang diinokulasikan strain ganas *Begomovirus*, dan 1 tanaman yang tidak diinokulasikan strain lemah dan strain ganas *Begomovirus*.

Inokulasi *Begomovirus* ke tanaman terdiri atas dua tahapan yaitu inokulasi strain lemah *Begomovirus* dan inokulasi strain ganas *Begomovirus*. Sebelum dilakukan inokulasi terlebih dahulu disiapkan cairan sap. Komposisi cairan sap terdiri atas 1 g daun tanaman terung bergejala ringan, 1 g daun tanaman terung bergejala berat, 5 mL buffer fosfat, 0,1 g zeolit. Tahapan inokulasi strain lemah *Begomovirus* yaitu digerus daun tanaman terung bergejala ringan yang telah ditambahkan buffer fosfat dengan bantuan mortal dan pastle sampai halus. Setelah itu disaring cairan sap dengan kain kasa steril. Kemudian ditambahkan 0,1 g zeolit dalam cairan sap. Setelah itu cairan sap diaplikasikan ke tanaman dengan *cotton bud* pada 2 helai daun sampai merata, kemudian didiamkan 2 menit dan dibersihkan sisa-sisa zeolit yang menempel pada daun dengan akuades. Setelah itu tanaman diinkubasi selama 1 minggu.

Tahapan inokulasi strain ganas *Begomovirus* tidak berbeda dengan tahapan inokulasi strain lemah *Begomovirus*. Namun, pada tahapan ini daun tanaman

terung yang digunakan yaitu yang bergejala berat. Setelah tahapan inokulasi selesai tanaman diinkubasi selama 4 minggu untuk melihat respon tanaman setelah inokulasi. Gejala yang muncul diamati dan difoto bersama tanaman kontrol dengan parameter pengamatan berupa rata-rata (tinggi tanaman, dan jumlah daun setelah inokulasi) dan masa inkubasi.

3.3.5 Uji kisaran inang *Begomovirus*

Uji kisaran inang bertujuan untuk mengetahui kemampuan virus menginfeksi dan menimbulkan gejala pada tanaman inang lain. Uji ini dilakukan terhadap tanaman pepaya varietas kalina dan kacang panjang. Inokulasi dilakukan dengan bantuan serangga vektor *B. tabaci*. Enam tanaman pepaya dan kacang panjang disiapkan, 5 tanaman diinokulasikan *B. tabaci* dan 1 tanaman sebagai kontrol. Proses inokulasi ini didasarkan atas penelitian sebelumnya oleh Lepidot *et al.* (1997) yang dimodifikasi yakni diinfestasikan sebanyak 100 ekor *B. tabaci* pada masing-masing 5 tanaman pepaya dan kacang panjang, lalu disungkup selama ± 72 jam dalam sungkup kaca. Setelah ± 72 jam, dikeluarkan tanaman dan diinkubasi sampai timbul gejala, kemudian diamati gejala yang muncul dan didokumentasi.

3.3.6 Deteksi molekuler *Begomovirus* tanaman terung ungu menggunakan universal primer *Begomovirus*

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mendeteksi tanaman yang bergejala *Begomovirus* sebagai berikut:

1. Ekstraksi DNA Total

Ekstraksi DNA total dilakukan dengan tujuan untuk mengekstrak DNA virus. Pada tahapan ini dilakukan sesuai protokol Genomic DNA Kit (*Plant*) dari Geneaid.

Ekstraksi DNA total terdiri atas lima tahapan, sebagai berikut:

a. Pemisahan Jaringan Tanaman (*Tissue Dissociation*)

Pada tahapan ini diambil 0,1 g jaringan tanaman (daun) tanaman sakit lalu digerus dengan bantuan mortar dan *pestle*.

b. Lisis (*Lysis*)

Pada tahapan ini daun yang telah digerus dimasukkan dalam tabung eppendorf 1,5 mL. Kemudian ditambahkan 400 μ L GP1 *buffer* serta 5 μ L RNase A, lalu divortex selama beberapa detik sampai campuran homogen. Langkah selanjutnya campuran daun diinkubasi dalam *Waterbath* pada suhu 60 °C selama 10 menit dan tabung eppendorf dibalik tiap 5 menit. Bersamaan dengan itu dimasukkan *Elution Buffer* (200 μ L per sampel) dalam tabung eppendorf 1,5 mL dan diinkubasi dalam *Waterbath* pada suhu 60 °C. Setelah tahap inkubasi selesai campuran larutan ditambahkan GP2 *Buffer* sebanyak 100 μ L, lalu divortex dan diinkubasi selama 3 menit dalam *freezer*. Setelah itu, diletakkan *Filter Column* dalam *colletion tube* 2 mL dan dipindahkan hasil *mixture* dalam *filter column*. Kemudian disentrifuge selama 1 menit dengan kecepatan 1.000 rpm, lalu *filter column* dibuang dan dipindahkan supernatannya dari *colletion tube* 2 mL ke tabung eppendorf 1,5 mL yang baru.

c. DNA *Binding*

Pada tahapan ini ditambahkan 1,5 volume GP *buffer* (dipastikan *isopropanol* sudah ditambahkan) dalam tabung eppendorf 1,5 mL tersebut, kemudian divortex selama 5 detik. Diletakkan GD column dalam *colletion tube* 2 mL dan ditambahkan 700 μ L hasil *mixture* (larutan dan endapan) lalu dipindahkan dalam GD column. Disentrifuge selama 3 menit dengan kecepatan 12.000 rpm, kemudian dituang kembali supernatan dari *colletion tube* 2 mL ke GD column. Lalu disentrifuge kembali selama 3 menit dengan kecepatan 12.000 rpm. Setelah itu dipindahkan GD column yang telah disentrifuge ke *colletion tube* 2 mL.

d. Pencucian (*Wash*)

Ditambahkan 400 μ L W1 *Buffer* dalam GD column lalu disentrifuge selama 1 menit dengan kecepatan 12.000 rpm. Setelah itu, GD column dipindahkan ke *collection tube* 2 mL dan ditambahkan 600 μ L Wash *buffer* (dipastikan *ethanol* 96% sudah ditambahkan) dalam GD column. Selanjutnya disentrifuge selama 1 menit dengan kecepatan 12.000 rpm. Dipindahkan GD column yang telah

disentrifuge ke *collection tube* 2 mL dan disentrifuge kembali selama 4 menit dengan kecepatan 12.000 rpm dengan tujuan untuk mengeringkan GD column.

e. DNA Elution

Dipindahkan GD column ke tabung eppendorf 1,5 mL yang baru kemudian ditambahkan 100 μ L *pre-heated Elution buffer* tepat di tengah-tengah GD column. Setelah itu didiamkan selama 3-5 menit agar *Elution buffer* terserap dengan baik. Selanjutnya disentrifuge selama 1 menit dengan kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit yang bertujuan untuk memurnikan DNA. Setelah selesai, GD column dibuang dan tabung eppendorf 1,5 mL hasil ekstraksi disimpan dalam *freezer* pada suhu -39°C sebelum digunakan.

2. Amplifikasi DNA

DNA hasil ekstraksi diamplifikasi (digandakan) menggunakan teknik PCR dengan protokol yang dikemukakan Kandito *et al.* (2020). Primer yang digunakan untuk deteksi *Begomovirus* yaitu *universal primer* Krusty/Homer dan SPG1/SPG2 (Tabel 3). Nukleotida diwakilkan dengan satu huruf berdasarkan aturan IUPAC *ambiguity code* (Tabel 2). Komposisi reagen untuk deteksi *Begomovirus* tertera pada Tabel 5. Sedangkan komposisi reagen PCR sampel untuk sekuensing disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Komposisi reagen PCR

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

Keterangan: - Komposisi 1, untuk deteksi *Begomovirus* berdasarkan gen AV1
 - Komposisi 2, untuk identifikasi *Begomovirus* berdasarkan gen AC2 dan AC1

Tabel 6. Komposisi reagen PCR sampel untuk sekuensing

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

Komposisi reagen PCR (Tabel 5 dan 6) dimasukkan dalam tabung eppendorf 0,2 mL dengan bantuan mikropipet dan dihomogenkan agar tercampur dengan baik. Setelah itu dimasukkan tabung eppendorf 0,2 mL dalam *Thermal cycler* (mesin PCR). Reaksi amplifikasi yang diterapkan untuk deteksi *Begomovirus* yaitu sebanyak 40 siklus yang terdiri atas beberapa tahapan yaitu, *pre-denaturation* suhu 95 °C selama 3 menit, *denaturation* suhu 95 °C selama 1 menit, *annealing* suhu 55 °C selama 30 detik, *elongasi (extention)* suhu 75 °C selama 1 menit 30 detik, dan *final extention* suhu 72 °C selama 10 menit (Kandito *et al.*, 2020). Setelah itu ditunggu suhu mesin PCR turun sekitar 28-29 °C. Sembari menunggu, diambil sampel dalam mesin PCR tanpa mematikan mesinnya, lalu dimasukkan dalam *freezer* pada suhu -39°C.

3. Visualisasi hasil PCR

Visualisasi hasil PCR dilakukan dengan bantuan mesin elektroforesis. Sampel DNA hasil amplifikasi dianalisis dalam *agarose gel* 1% (dalam 1x TBE *buffer*) yang telah terkandung 1 μL EtBr (*Ethidium Bromide*, 10 mg/ml). Sampel hasil PCR sebanyak 3 μL dicampur dengan 1 μL loading dye dengan bantuan mikropipet ukuran 0,5-10 μL , kemudian dimasukkan dalam sumuran gel (satu sampel/lubang). DNA ladder sebanyak 3 μL yang digunakan untuk mengukur DNA. DNA ladder dimasukkan dalam lubang sumuran pertama kemudian dilanjutkan dengan sampel hasil PCR, selanjutnya dialiri arus listrik dengan tegangan 55 volt selama 50 menit. Setelah selesai, hasilnya dapat dilihat dengan bantuan *UV Transiluminator*.

3.3.7 Identifikasi dan variasi genetik *Begomovirus*

3.3.7.1. Sekuensing

Dua sampel DNA tanaman terung ungu dengan masing-masing 34 μ L DNA hasil amplifikasi strain lemah dan strain ganas (SPG1/SPG2 dan Krusty/Homer) dikirim untuk ke PT. Genetika Science Jakarta untuk disekuensing. Hasil sekuensing dapat digunakan untuk mengklasifikan *Begomovirus* hingga ke tingkat spesiesnya.

3.3.7.2. Analisis peruntukan nukleotida DNA hasil amplifikasi

Data hasil sekuensing kemudian dikonfirmasi ke GenBank menggunakan program *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST) di *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) untuk melihat kekerabatan yang tinggi dari sekuen sampel yang diuji. Kemudian dipilih sekuen nukleotida *Begomovirus* lainnya dari GenBank sebagai pembandingan. Sekuen sampel uji tersebut disejajarkan (*alignment*) menggunakan *Clustal W Multiple Alignment* MEGA v11. Kemudian divisualisasi sampel uji tersebut dalam bentuk dendogram menggunakan program *Molecular Evolutionary Genetic Analysis Software* (MEGA) v11 dengan metode *Neighbor-Joining Tree* menggunakan *bootstrap* 1000x ulangan. Selanjutnya dipilih *Out group* sebagai pembandingan. Penentuan spesies *Begomovirus* didasarkan pada spesies dengan kekerabatan terdekat pada pohon filogenetik serta jarak genetik yang diperoleh.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

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

1. *Begomovirus* yang diisolasi dari strain ganas dan strain lemah tanaman terung dapat menginfeksi tanaman terung ungu dan cabai merah besar dengan gejala berupa bercak kekuningan, daun keriting, dan terjadi penebalan lamina daun.
2. *Begomovirus* yang diisolasi dari tanaman terung di lapangan yang ditularkan oleh kutu kebul mempunyai kisaran inang yaitu tanaman pepaya dan kacang panjang.
3. Isolat *Begomovirus* strain ganas asal Lampung Selatan dapat dideteksi menggunakan *universal primer Begomovirus* Krusty/Homer dengan pita DNA berukuran ± 550 bp.
4. Isolat *Begomovirus* strain lemah asal Pesawaran dapat dideteksi menggunakan *universal primer Begomovirus* SPG1/SPG2 dengan pita DNA berukuran ± 912 bp.
5. Berdasarkan pohon filogenetik (gen AV1) *Begomovirus* isolat LS01 diidentifikasi sebagai *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCVKaV).
6. Berdasarkan matrik jarak genetik (gen AV1) *Begomovirus* isolat LS01 teridentifikasi sebagai TYLCVKaV namun berbeda strain dengan TYLCVKaV isolat *Nicotiana tabacum* (LC511773.1), TYLCVKaV isolat *S. melongena*

(LC511772.1), TYLCVKaV isolat *S. melongena* (LC511771.1), TYLCVKaV *C. annuum* (LC055556.1), TYLCVKaV isolat *S. melongena* (MZ374359.1), dan TYLCVKaV isolat *C. annuum* (KF446673.1).

7. Berdasarkan pohon filogenetik (gen AC1 dan AC2) *Begomovirus* isolat PS01 memiliki diidentifikasi sebagai *Begomovirus* spesies baru.
8. Berdasarkan matrik jarak genetik (gen AC1 dan AC2) *Begomovirus* isolat PS01 diklasifikasikan sebagai *Begomovirus* spesies baru dan diberi nama *Eggplant yellow vein virus* isolat Pesawaran.

5.2 Saran

Saran bagi peneliti selanjutnya yaitu penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber referensi yang berguna dalam pembuatan tanaman trasgenik, serta karantina tumbuhan *biosecurity Begomovirus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M., Koul, B., Chandrashekar, K., Raut, A., and Yadav, D. 2022. Whitefly (*Bemisia tabaci*) management (WFM) strategies for sustainable agriculture: A Review. *Agriculture*. 12(9): 1-39.
- Aidawati, N. 2006. Keanekaragaman *Begomovirus* pada Tomat dan Serangga Vektornya, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). Serta Pengujian Ketahanan Genotipe Tomat terhadap Strain *Begomovirus*. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Akin, H. M. 2006. *Virologi Tumbuhan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Akin, H. M. 2021. *Biologi Molekuler (Interaksi Virus dan Tumbuhan)*. Pustaka Ilmu. Yogyakarta.
- Albart, L., Bangratz-Reyser, M., Hebrard, E., Ndjioudjop, M. N., Jones, M., and Ghesquiere, A. 2006. Mutations in the eIF (iso) 4G translation initiation factor confer high resistance of rice to *Rice yellow mottle virus*. *Plant J*. 47(3): 417-426.
- Annisaa, N. W., Hidayat, P., Giyanto., Hidayat, S. H., and Lee, S. 2021. Multiple infections of *Begomovirus* on its host plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 694(1): 1-8.
- Arogundade, O., Aderonmu, O. I., Matthew, J. O., and Ayo-John, E. I. 2018. First report of *Tomato mosaic virus* isolated from *Solanum macrocarpon* in Nigeria. *Plant Disease*. 102(2): 458-458.
- Bhattacharyya, D., Gnanasekaran, P., Kumar, R. K., Kushwaha, N. K., Sharma, V. K., Yusuf, M. A., and Chakraborty, S. 2015. A geminivirus betasatellite damages the structural and functional integrity of chloroplasts leading to symptom formation and inhibition of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 66(19): 5881-5895.
- Bornacini, V. A., Irazoqui, J. M., Flores, C. R., Medina, C. G. V., Amadio, A. F., and Lambertini, P. M. L. 2020. Reconstruction and characterization of full-length *Begomovirus* and alphasatellite genomes infecting pepper through metagenomics. *Viruses*. 12(2): 1-20.

- Brown, J. K., Zerbini, F. R., Navas-Castillo, J., Moriones, E., Ramos-Sobrinho, R., Silva, J. C. F., Fiallo-Olove, E., Briddon, R. W., Hernandez-Zepeda, C., Idris, A., Malathi, V. G., Martin, D. P., Rivera-Bustamante, R., Ueda, S., and Varsani, A. 2015. Revision of *Begomovirus* taxonomy based on pairwise sequence comparisons. *Archives of Virology*. 160(6): 1593-1619.
- Chen, J. S., Chai, L. H., Hong, J., and Fancem, H. 2001. Occurrence of a severe mosaic disease infecting African eggplant (*Solanum macrocarpon* L.) and its pathogens in Cameroon. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 4: 1114-1117.
- Dickey, A. M., Lance, S. O., and Cindy, M. 2012. Papaya (*Carica papaya*, Brassicales: Caricaceae) is not a host plant of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV; family *Geminiviridae*, genus *Begomovirus*). *Florida Entomologist*. 95(1): 211-213.
- FAO. 2014. *FAOSTAT Production Databases*. Available online at: <http://www.faostat.fao.org>. Accessed: Desember 17, 2022.
- Ghanim, M. 2014. A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of Tomato yellow leaf curl virus (*Geminiviridae*; *Begomovirus*) by its whitefly vector. *Virus Research*. 186(8): 47-54.
- Green, S. K., Tsai, W. S., and Shih, S. L. 2003. Molecular characterization of a new *Begomovirus* associated with *Tomato yellow leaf curl* and *Eggplant yellow mosaic diseases* in Thailand. *Plant Disease*. 87(4): 446.
- Greenleaf, W. H. 1986. *Pepper breeding*. In *Breeding Vegetable Crops* (Basset, M.J., ed.). Westport. CT: AVI Pub. pp. 67-134.
- Gaswanto, R., Syukur, M., Purwoko, B. S., dan Hidayat, S. H. 2015. Metode penularan massal untuk uji penapisan ketahanan cabai mutan terhadap *Begomovirus*. *Jurnal Hortikultura*. 25(3): 246-256.
- Hamilton, W. D. O., Stein, V. E., Courts, R. H. A., and Buck, K. W. 1984. Complete nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of tomato golden mosaic virus: potential coding regions and regulatory sequences. *The EMBO Journal*. 3(9): 2197-2205.
- Hanley-Bowdoin, L., Elmer, J. S., and Rogers, S. G. 1990. Expression of functional replication protein from Tomato golden mosaic virus in transgenic tobacco plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 87(4): 1446-1450.
- Hidayat, P., Ludji, R., dan Maryana, R. 2020. Kemampuan reproduksi dan riwayat hidup kutu kebul *Bemisia tabaci* (Gennadius) dengan dan tanpa kopulasi pada tanaman cabai merah dan tomat. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 17(3): 156-162.

- Hillis, D. M. and Bull, J. J. 1993. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analyses. *Systematic biology*. 42(2): 182-192.
- Inoue-Nagata, A. K., Lima, M. F., and Gilbertson, R. L. 2016. A review of Geminivirus (*Begomovirus*) diseases in vegetables and other crops in Brazil: current status and approaches for management. *Horticultura Brasileira*. 34(1): 8-18.
- 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: 162-168.
- Isshiki, S., Iwata, N., and Khan, M. M. R. 2008. ISSR Variation in eggplant (*Solanum melongena* L.) and related *Solanum* species. *Scientia Horticulturae*. 117(3): 186-190.
- 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. *Nucleicacids research*. 13(9): 3021.
- John, P., Sivalingam, P. N., Haq, Q. M. I., Kumar, N., Mishra, A., Briddon, R. W., and Malathi, V. G. 2008. Cowpea golden mosaic disease in Gujarat is caused by a Mungbean yellow mosaic India virus isolate with a DNA B variant. *Archives of Virology*. 153(7): 1359-1365.
- Kandito, A., Hartono, S., Sulandari, S., Arjo, S. 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.
- King, A. M. Q., Michael, J., Adams., Eric, B., Carstens., Elliot, J., and Lefkowitz. 2012. *Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. ed. C. London (EN). Elsevier.
- Kintasari, T., Septariani, D. W. N., Sulandari, S., dan Hidayat, S. H. 2013. Temuan penyakit baru *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* penyebab penyakit mosaik kuning pada tanaman tering di Jawa. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(4): 127-131.
- Knapp, S., Vorontsova, M. S., and Prohes, J. 2013. Wild relatives of the eggplant (*Solanum melongena* L.: *Solanaceae*): New understanding of species names in a complex group. *PLoS ONE*. 8(2): 1-12.

- Kothandaraman, S. V., Devadason, A., and Ganesan, M. V. 2015. Seed-borne nature of a *Begomovirus*, *Mung bean yellow mosaic virus* in black gram. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100(4): 1925-1933.
- Lee, M. H., Lee, H. K., Lee, H. G., Lee, S. G., Kim, J. S., Kim, S. E., Kim, Y. S., Suh, J. K., and Youn, Y. N. 2018. Effect of cyantraniliprole against of *Bemisia tabaci* and prevention of *tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV). *The Korean Journal of Pesticide Science*. 18(1): 33-40.
- Lefeuvre, P., Martin, D. P., Hoareau, M., Naze, F., Delatte, H., Thierry, M., Varsani, A., Becker, N., Reynaud, B., and Lett, J. M. 2007. *Begomovirus* 'melting pot' in the southwest Indian Ocean islands: molecular diversity and evolution through recombination. *Journal of General Virology*. 88(12): 3458-3468.
- Lepidot, M., Friedmann, M., Lachman, O., Yehezkel, A., Nahon, S., Cohen, S., and Pilowsky, M. 1997. Comparison of resistance level to *Tomato yellow leaf curl virus* among commercial cultivars and breeding lines. *Plant Disease*. 81(12): 1425-1428.
- Li, R., Salih, S., and Hurtt, S. 2004. Detection of Geminiviruses in sweet potato by polymerase chain reaction. *Plant Disease*. 88(12): 1347-1351.
- Lukman, R., Ahmad, F., Allen, F. D., Theresa, H., and Randi, J. 2019. A survey of mixed *Begomovirus* infection in solanaceae and fabaceae at different altitudes in East Java, Indonesia. *Archives of Phytopathology And Plant Protection*. 52(3-4): 385-406.
- Mehta, P., J. A. Wyman., M. K. Nakhla., and D. P. Maxwel. 1994. Polymerase chain reaction detection of viruliferous *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) with two tomato of infecting geminiviruses. *Journal of Economic Entomology*. 87(5): 1285-1291.
- Matthews, R. E. F. 1970. *Plant Virology (student Edition)*. Academic Press . New York.
- Mink, G. I. 1993. Pollen and seed-transmitted viruses and viroids. *Annual review of phytopathology*. 31(1): 375-402.
- Naeem, M. Y. and Ugur, S. 2019. Nutritional content and health benefits of eggplant. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 7(3): 31-36.
- Navas-Castillo, J., Fiallo-Olivé, E., and Sánchez-Campos, S. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual review of phytopathology*. 49: 219-248.

- Nelson., Merrit, R., Orum., Thomas, V., Jaime-Garcia., and Ramon. 1999. Application of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. *Plant Disease*. 83(4): 308-319.
- Padidam, M., Beachy, R. N., and Fauquet, C. M . 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. *Journal of General Virology*. 76(2): 249-263.
- Pandey, V., Srivastava, A., and Gaur, R. K. 2021. *Begomovirus*: a curse for the agricultural crops. *Archives of phytopathology and plant protection*. 54(16): 949-978.
- 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.
- Pratap, D., Kashikar, A. R., and Mukherjee, S. K. 2011. Molecular characterization and infectivity of a *Tomato leaf curl New Delhi* virus variant associated with newly emerging yellow mosaic disease of eggplant in India. *Virology Journal*. 8(1): 1-13.
- Reddy, R. V. C., Dong, W., Njock, T., Rey, M. E. C., and Fondong, V. N. 2012. Molecular interaction between two cassava geminiviruses exhibiting cross-protection. *Virus research*. 163(1): 169-177.
- Revell, P. A., Ha, C. V., Porchun, S. C., Vu, M. T., and Dale, J. L. 2003. The complete nucleotide sequence of two distinct geminiviruses infecting cucurbits in Vietnam. *Archives of Virology*. 148(8): 1523-1541.
- Rimbaud, L., Dallot, S., Delaunay, A., Borron, S., Soubeyrand, S., Thebaud, G., and Jacquot, E. 2015. Assessing the mismatch between incubation and latent periods for vector-borne disease: the case of Sharka. *Phytopathology*. 105(11): 1408-1416.
- Santoso, T. J., Hidayat, S. H., Herman, M., dan Sudarsono. 2013. Aplikasi teknik *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer *degenerate* dan spesifik gen AV1 untuk mendeteksi *Begomovirus* pada tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 4(3): 140-149.
- Schippers, R. R. 2000. *African Indigenous Vegetables: An Overview of the Cultivated Species*. Natural Resources Institute/ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation. Chatham. UK.
- Shen, K. H., Hung, J. H., Chang C. W., Weng, Y. T., Wu, M. J., and Chen, P. S. 2017. Solasodine inhibits invasion of human lung cancer cell through downregulation of miR-21 and MMPs expression. *Chemico-Biological Interactions*. 268: 129-135.

- Shivaprasad, P. V., Akbergenov, R., Thinks, D., Rajeswara, R., Veluthambi, K., Hohn, T., and Pooggin, M. M. 2005. Promoters, transcripts, and regulatory proteins of *mungbean yellow mosaic Geminivirus*. *Journal of Virology*. 79(13): 8149-8163.
- Singarimbun, M. A., Pinem, M. I., dan Oemry, S. 2017. Hubungan antara populasi kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) dan keterjadian penyakit kuning pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Online Agroteknologi*. 5(4): 847-854.
- Soro, K., Agneroh, T. A., and Kuoadlo, K. T. 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.
- Subiastuti, A. P., Hartonoi, S., and Daryono, B. S. 2019. Detection and identification of *Begomovirus* infecting Cucurbitaceae and *Solanaceae* in Yogyakarta, Indonesia. *BIODIVERSITAS*. 20(3): 738-744.
- Sunter, G. and Bisaro, D. M. 1991. Transactivation in a geminivirus: AL2 gene product is needed for coat protein expression. *Virology*. 180(1): 416-419.
- Talhouni, M., Sonmez, K., Kiran, S., Beyaz, R., Yildiz, M., Kusuaran, S., and Elialtioglu, S. S. 2019. Comparison effects on grafted and non grafted eggplants in terms of ion accumulation, MDA content and antioxidative enzyme activities. *Advances in Horticultural Science*. 33(1): 87-95.
- Trisno, J., Hidayat, S. H., Jamsari., Habazar, T., dan Manti, I. 2010. Deteksi molekuler *Begomovirus* penyebab penyakit kuning keriting pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) di Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia*. 13(1): 41-46.
- Uzcategui, R. C. and Lastra, R. 1978. 'Transmission and physical properties of the causal agent of mosaico Amarillo del tomae (*tomato yellow mosaic*)'. *Phytopathology*. 68(7): 985-988.
- Vanitharani, R., Chellappan, P., and Fauquet, C. M. 2005. Geminiviruses and RNA silencing. *Trends in plant science*, 10(3): 144-151.
- Venkataravanappa, V., Prasana, H. C., Lakshminarayana., Reddy, C. N., and Reddy Krishna, M. 2018. Molecular detection and characterization of phytoplasma in association with *Begomovirus* in eggplants. *Acta virologica*. 62(3): 246-258.
- Zheng, H., Chen, J., Chen, J., Adams, M. J., and Hou, M. 2002. *Bean common mosaic virus* isolates causing different symptoms in asparagus bean in China differ greatly in the 5' parts of their genomes. *Archives of Virology*. 147(6): 1257-1262.