

INFEKSI CAMPURAN VIRUS PADA TANAMAN CABAI DAN RESPONS BEBERAPA GENOTIPE CABAI TERHADAP INFEKSI *Pepper yellow leaf curl virus*

ANDRI SAPUTRA



**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**





PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Infeksi Campuran Virus pada Tanaman Cabai dan Respons Beberapa Genotipe Cabai terhadap Infeksi *Pepper yellow leaf curl virus*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2025

Andri Saputra
A3502212014

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

ANDRI SAPUTRA. Infeksi Campuran Virus pada Tanaman Cabai dan Respons Beberapa Genotipe Cabai terhadap Infeksi *Pepper yellow leaf curl virus*. Dibimbing oleh SRI HENDRASTUTI HIDAYAT, GIYANTO dan SARI NURULITA.

Tanaman cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak ditanam di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus berpotensi menyebabkan kehilangan hasil pada tanaman cabai. Penyakit daun keriting kuning yang disebabkan oleh *Pepper yellow leaf curl virus* (PYLCV) merupakan penyakit penting pada tanaman cabai. Laporan pertama infeksi PYLCV yang termasuk anggota genus Begomovirus, famili Geminiviridae di Indonesia terjadi pada pertanaman cabai di daerah Jawa Barat pada tahun 1999, tetapi saat ini penyakit daun keriting kuning sudah menyebar di semua wilayah pertanaman cabai di Indonesia. Penggunaan varietas tahan selalu direkomendasikan untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh virus, termasuk untuk penyakit daun keriting kuning cabai.

Penelitian dilakukan dengan dua tujuan utama, (1) mengidentifikasi virus yang berasosiasi dengan penyakit daun keriting kuning dan (2) mengetahui respons beberapa genotipe cabai terhadap infeksi PYLCV berdasarkan tingkat keparahan penyakit dan titer virus. Survei lapangan ke beberapa lahan cabai di Jawa Barat, Jawa Tengah, Yogyakarta dan Jawa Timur dilakukan untuk mengamati insidensi penyakit daun keriting kuning dan mengumpulkan sampel tanaman. Sampel lapangan kemudian digunakan sebagai bahan identifikasi virus yang diawali dengan tahap skrining dengan metode DAS-ELISA (*Double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay*) menggunakan antibodi spesifik untuk *Chili veinal motlle virus* (ChiVMV), *Potato virus Y* (PVY), *Cucumber mosaic virus* (CMV), dan *Tobacco mosaic virus* (TMV). Selanjutnya tahap identifikasi dilanjutkan dengan metode NGS (*next generation sequencing*) untuk menentukan spesies virus. Teknik NGS dipilih sebagai metode deteksi virus dari sampel lapangan karena NGS merupakan metode deteksi yang sangat efektif dan dapat menghasilkan data sekuen yang sangat besar dalam waktu relatif singkat.

Pengujian genotipe cabai dilakukan di rumah kaca menggunakan genotipe cabai dari koleksi plasma nutfah Laboratorium Pemuliaan Tanaman, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB. Terdapat delapan genotipe cabai yang diuji yaitu Adelina, Anies, Bara, F8 012328-6-2-1-1-3-1, F10-074-2-1-B, IPB C12-13, Red Chupentinho dan Red Habanero. Inokulasi virus dilakukan dengan metode penularan melalui serangga vektor (kutukebul, *Bemisia tabaci*). Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan genotipe cabai sebagai perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali dengan 10 tanaman pada tiap ulangan. Pengamatan meliputi gejala penyakit, periode inkubasi, insidensi dan keparahan penyakit. Sampel daun dari masing-masing genotipe cabai uji digunakan untuk pengukuran titer virus dengan metode *quantitative polymerase chain reaction* (qPCR) pada 2 minggu setelah inokulasi (MSI), 4 MSI dan 6 MSI.

Berdasarkan survei lapangan ditemukan tiga gejala yang dominan, yaitu mosaik hijau, mosaik kuning, dan mosaik kuning keputihan dengan insidensi penyakit berkisar 23,7% - 100%. Hasil skrining dengan metode DAS-ELISA menunjukkan infeksi campuran antara ChiVMV, PVY, dan CMV dari sampel



dengan gejala mosaik hijau; sedangkan dari sampel dengan gejala mosaik kuning dan mosaik kuning keputihan tidak diperoleh hasil yang positif. Analisis hasil NGS menunjukkan perbedaan jumlah *read* antara gejala yang berbeda. Gejala mosaik kuning menghasilkan jumlah *read* paling tinggi, yaitu sebesar 1,54% dari *total read*; sedangkan dari gejala mosaik hijau dan mosaik kuning keputihan diperoleh jumlah *read* berturut-turut sebesar 0,99% dan 0,75%. Lebih lanjut, menggunakan metode PCR berhasil dikonfirmasi beberapa spesies virus, yaitu *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* (PYLCIV), *Tomato yellow leaf curl Khancanaburi virus* (TYLCKaV), *Ageratum yellow vein virus* (AYVV), ChiVMV, PVY, CMV, dan *Pepper vein yellow virus* (PeVYV) dari sampel dengan gejala mosaik kuning; PYLCIV, TYLCKaV, PVY, ChiVMV, CMV dan PeVYV dari sampel dengan gejala mosaik hijau; PYLCIV, TYLCKaV, PeVYV, AYVV, dan ChiVMV dari sampel dengan gejala mosaik kuning keputihan. Analisis lebih lanjut menunjukkan adanya perbedaan spesies virus yang dominan, yaitu PYLCIV pada gejala mosaik kuning dan mosaik kuning keputihan serta ChiVMV pada gejala mosaik hijau.

Variasi gejala pada delapan genotipe cabai yang diuji di rumah kaca dapat dikelompokkan menjadi empat jenis gejala, yaitu mosaik kuning, tepi daun melengkung kebawah; mosaik kuning; mosaik hijau, daun mengecil; dan mosaik hijau, tepi daun melengkung ke bawah atau ke atas, daun mengecil. Selain gejala, periode inkubasi penyakit pada tanaman uji juga menunjukkan variasi waktu. Periode inkubasi paling singkat terjadi pada var. Bara yaitu 7-14 hari, sedangkan periode inkubasi paling panjang terjadi pada IPB C12-13, Red Chupetinho dan Red Habanero, yaitu berkisar 8-42 hari. Pada pengukuran insidensi penyakit, terdapat tiga genotipe (IPB C12-13, Red Chupetinho, Red Habanero) yang menunjukkan insidensi penyakit rendah di awal dan perkembangannya lambat serta masih terdapat tanaman sehat hingga minggu ke-6. Insidensi penyakit pada genotipe lainnya sudah tinggi sejak awal pengamatan dan pada akhir pengamatan nilai insidensi penyakit mencapai 100%. Hasil pengukuran keparahan penyakit menunjukkan bahwa nilai keparahan penyakit meningkat pada semua genotipe hingga 5 MSI, namun mengalami penurunan pada 6 MSI untuk genotipe Anies, Adelina, F10, F8 dan IPB C12-13. Nilai keparahan penyakit tertinggi adalah pada var. Bara sedangkan nilai keparahan penyakit paling rendah terjadi pada IPB C12-13. Interaksi tanaman dan virus pada berbagai genotipe dianalisis lebih lanjut berdasarkan nilai Cq hasil pengujian dengan metode qPCR sebagai indikator titer virus. Semakin tinggi nilai Cq, maka nilai titer virus semakin rendah. Berdasarkan pengukuran nilai Cq tersebut diketahui bahwa secara umum titer virus tertinggi terjadi pada 2 MSI dan akan menurun pada 4 MSI dan 6 MSI. Pengecualian terjadi pada genotipe F8, var. Red Habanero dan var. Red Chupetinho, yaitu nilai Cq menurun pada 4 MSI, tetapi meningkat kembali pada 6 MSI.

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting terutama mengonfirmasi insidensi infeksi campuran beberapa virus pada tanaman cabai di Jawa dengan PYLCV merupakan virus yang paling dominan. Sayangnya, genotipe cabai yang diuji tidak ada yang menunjukkan respons tahan terhadap PYLCV. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengelolaan penyakit pada tanaman cabai, terutama penyakit yang disebabkan oleh virus.

Kata kunci: *Begomovirus*, next generation sequencing, quantitative PCR, titer virus, varietas tahan

SUMMARY

ANDRI SAPUTRA. Mixed Infection Virus in Chili Plants and Response of Several Chili Genotypes to Pepper yellow leaf curl virus Infection. Supervised by SRI HENDRASTUTI HIDAYAT, GIYANTO and SARI NURULITA

Chili plants are one of the most widely cultivated horticultural commodities in Indonesia due to their high economic value. Diseases caused by viral infections have the potential to cause yield losses in chili plants. Yellow leaf curl disease, caused by the *Pepper yellow leaf curl virus* (PYLCV), is a major disease in chili crops. The first report of PYLCV infection, which belongs to the genus of *Begomovirus* in the family of *Geminiviridae*, in Indonesia occurred in chili fields in West Java in 1999. However, yellow leaf curl disease has now spread across all chili-growing regions in the country. The use of resistant varieties is always recommended to control viral diseases, including yellow leaf curl of chili.

This study was conducted with two main objectives: (1) to identify the viruses associated with yellow leaf curl disease in chili plants, and (2) to determine the response of several chili genotypes to PYLCV infection based on disease severity and viral titer. Field surveys were conducted in several chili farms across West Java, Central Java, Yogyakarta, and East Java to observe the incidence of yellow leaf curl disease and to collect plant samples. The field samples were then used for virus identification, starting with a screening phase using the DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) method with specific antibodies for *Chili veinal motlle virus* (ChiVMV), *Potato virus Y* (PVY), *Cucumber mosaic virus* (CMV), and *Tobacco mosaic virus* (TMV). The identification was continued with the Next Generation Sequencing (NGS) method to determine the virus species. NGS was chosen as the detection method because it is highly effective and capable of producing a large amount of sequencing data in a relatively short time.

Evaluation of chili genotypes was conducted in a greenhouse using genotypes from the germplasm collection of the Plant Breeding Laboratory, Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, IPB University. Eight chili genotypes were tested, consisted of Adelina, Anies, Bara, F8 012328-6-2-1-1-3-1, F10-074-2-1-B, IPB C12-13, Red Chupentinho, and Red Habanero. Virus inoculation was carried out via transmission using insect vector (whitefly, *Bemisia tabaci*). The experiment was arranged in a completely randomized design with chili genotypes as treatments. Each treatment was replicated three times with 10 plants per replicate. Observations included disease symptoms, incubation period, disease incidence, and disease severity. Leaf samples from each genotype were used to measure viral titers using the quantitative polymerase chain reaction (qPCR) method at 2, 4, and 6 weeks after inoculation (WAI).

Field surveys revealed three dominant symptoms: green mosaic, yellow mosaic, and mild yellow mosaic, with disease incidence ranging from 23.7% to 100%. DAS-ELISA indicated mixed infections of ChiVMV, PVY, and CMV in samples with green mosaic symptoms. No positive results were obtained from samples showing yellow mosaic and mild yellow mosaic symptoms. NGS analysis showed different read counts between symptom types. Yellow mosaic symptoms produced the highest read percentage i.e. 1.54% of total reads, followed by green

mosaic (0.99%) and mild yellow mosaic (0.75%). Further analysis using PCR confirmed the presence of several virus species, i.e. *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* (PYLCIV), *Tomato yellow leaf curl Khon Kaen virus* (TYLCKaV), *Ageratum yellow vein virus* (AYVV), ChiVMV, PVY, CMV, and *Pepper vein yellow virus* (PeVYV) from samples showing yellow mosaic symptom; PYLCIV, TYLCKaV, PVY, ChiVMV, CMV, and PeVYV from samples with green mosaic symptom; and PYLCIV, TYLCKaV, PeVYV, AYVV, and ChiVMV from samples with mild yellow mosaic symptom. Further analysis indicated variation of the predominant virus species, i.e. PYLCIV from samples showing yellow and mild yellow mosaic symptoms, and ChiVMV from samples showing green mosaic symptoms.

The symptoms observed in the eight chili genotypes tested in the greenhouse could be grouped into four types: yellow mosaic with downward-curved leaf edges; yellow mosaic; green mosaic with leaf shrinkage; and green mosaic with upward or downward-curved leaf edges and leaf shrinkage. The incubation period of the disease also varied among the tested plants. The shortest incubation period occurred in the Bara variety (7–14 days), while the longest occurred in IPB C12-13, Red Chupentinho, and Red Habanero (8–42 days). Three genotypes (IPB C12-13, Red Chupentinho, Red Habanero) showed low disease incidence early on, slow disease progression, and some plants remained healthy until week-6. In contrast, other genotypes showed high incidence from the beginning of infection, with final incidence reaching 100%. Disease severity increased in all genotypes up to 5 WAI, but decreased at 6 WAI in Anies, Adelina, F10, F8, and IPB C12-13 genotypes. The highest severity was observed in the Bara variety, while the lowest was in IPB C12-13.

Plant-virus interactions in the various genotypes were further analyzed based on Cq values from qPCR as an indicator of virus titer. Higher Cq values indicate lower virus titers. In general, the highest virus titers occurred at 2 WAI and decreased at 4 and 6 WAI. Exceptions were found in the F8 genotype, and the Red Habanero and Red Chupentinho varieties, where Cq values decreased at 4 WAI but increased again at 6 WAI.

This study provides an important contribution by confirming the incidence of mixed viral infections in chili plants in Java, with PYLCV as the predominant virus. None of the tested chili genotypes showed resistance to PYLCV. This study can be used as a reference for managing virus-related diseases in chili plants.

Keywords: *Begomovirus*, next generation sequencing, quantitative PCR, virus titer, resistant variety



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- 

INFEKSI CAMPURAN VIRUS PADA TANAMAN CABAI DAN RESPONS BEBERAPA GENOTIPE CABAI TERHADAP INFEKSI *Pepper yellow leaf curl virus*

ANDRI SAPUTRA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Fitopatologi

**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M. Si

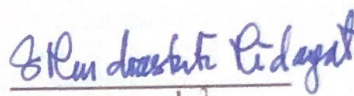
Judul Tesis : Infeksi Campuran Virus pada Tanaman Cabai dan Respons
Beberapa Genotipe Cabai terhadap Infeksi *Pepper yellow leaf
curl virus*

Nama : Andri Saputra

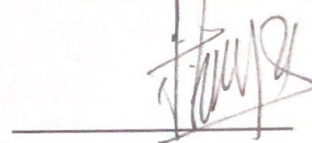
NIM : A3502212014

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Giyanto, M.Si.

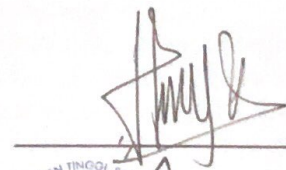


Pembimbing 3:
Dr. Sari Nurulita, S.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Giyanto, M.Si
NIP. 196707091993031002



Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc. Agr
NIP. 196902121992031003




Tanggal Ujian: 21 Januari 2025

Tanggal Lulus : 24 APR 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- 

PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah *Subhanahuwata'ala* yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga tesis penelitian dengan judul “Infeksi Campuran Virus pada Tanaman Cabai dan Respons Beberapa Genotipe Cabai terhadap Infeksi *Pepper yellow leaf curl virus*” dapat diselesaikan. Penelitian ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar master pada Program Studi Fitopatologi, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc, Dr. Ir. Giyanto, M. Si. dan Dr. Sari Nurulita, S.P, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi arahan dan bimbingan dalam penyelesaian tesis ini. Tak lupa ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M. Agr. selaku pembahas luar komisi pembimbing ketika kolokium dan juga terima kasih kepada Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M. Si yang telah bersedia menjadi penguji pada ujian tesis. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M. Sc. Yang telah memberikan dukungan dana penelitian dalam skema Penelitian Tesis Magister No. 102/E5/PG.02.00.PL/2023 dan ACIAR Project SLAM/2018/145.

Penulis juga mengucapkan terima kepada seluruh dosen, staf, dan seluruh keluarga besar Proteksi Tanaman atas dukungannya dalam penulisan tesis ini. Penulis mengucapkan terimakasih terutama kepada kedua orang tua dan adik-adik saya yang telah memberikan support, semangat, dan doa dalam penulisan tesis ini. Saya ucapkan juga terima kasih kepada Annisa Puspadini Subagyo, Monica Naibaho, Nisa Fadhila Islami, dan Gefi Zulmiati Lannur yang selalu memotivasi, memberi semangat tiada henti dan selalu mengiringi dengan doa yang tulus. Terima kasih kepada Kartika Catur Damaiyanti dan Yashanti Berlinda Paradisa yang telah banyak membantu dan berdiskusi mengenai kelancaran penelitian ini dari awal hingga selesai. Serta terima kasih kepada teman – teman Fitopatologi, seluruh anggota laboratorium Virologi IPB yang selalu memberikan motivasi, hiburan, bantuan, doa, dan dukungan selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga penelitian ini bermanfaat bagi dunia pertanian. Penulis menyadari penelitian ini masih jauh dari sempurna, disebabkan keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan sarannya. Semoga hasil dari penelitian ini dapat menjadi manfaat bagi para pembaca maupun peneliti selanjutnya sehingga menjadi sumber amal kebaikan bagi penulis dan seluruh pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Bogor, April 2025

Andri Saputra



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Cabai (<i>Capsicum annuum</i> L.)	5
2.1.1 Asal Usul dan Botani Tanaman Cabai	5
2.1.2 Arti Penting Tanaman Cabai	6
2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Cabai	6
2.2 Penyakit Utama Tanaman Cabai	7
2.3 Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	8
2.3.1 Morfologi dan Taksonomi PYLCV	8
2.3.2 Persebaran Penyakit di Indonesia dan Kerugian yang Ditimbulkan	9
2.3.3 Pengendalian Penyakit Daun Keriting Kuning	10
2.4 Metode deteksi dan Identifikasi Virus Tanaman	12
2.4.1 Metode Deteksi berdasarkan Sifat Biologi dan Fisik Virus	12
2.4.2 Metode Deteksi Virus Tanaman berdasarkan Sifat Protein Selubung	13
2.4.3 Metode Deteksi Virus Tanaman berdasarkan Sifat Asam Nukleat	13
III IDENTIFIKASI VIRUS YANG BERASOSIASI DENGAN PENYAKIT DAUN KERITING KUNING CABAI	16
3.1 Abstrak	16
3.2 Abstact	16
3.3 Pendahuluan	17
3.4 Metode	18
3.4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	18
3.4.2 Survei Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai	19
3.4.3 Double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (DAS-ELISA)	19
3.4.4 <i>Next Generation Sequencing</i> (NGS)	20
3.4.5 Deteksi PCR dan RT-PCR untuk Konfirmasi NGS	20
3.5 Hasil dan Pembahasan	21
3.5.1 Survei Penyakit	21
3.5.2 Skrinning Virus Menggunakan DAS-ELISA	23
3.5.3 Deteksi dan Identifikasi Virus Menggunakan <i>Next Generation Sequencing</i> (NGS)	24
3.5.4 Identifikasi Virus pada Cabai Asal Jawa	26
3.6 Kesimpulan	30

IV RESPONS BEBERAPA GENOTIPE CABAI TERHADAP

<i>Pepper yellow leaf curl virus</i>	31
4.1 Abstrak	31
4.2 Abstact	31
4.3 Pendahuluan	32
4.4 Metode	33
4.4.1 Penyiapan Serangga Vektor	33
4.4.2 Perbanyakan Inokulum PYLCV	33
4.4.3 Penularan PYLCV pada Tanaman Cabai Uji	34
4.4.4 Rancangan Percobaan	34
4.4.5 Deteksi PYLCV dengan metode PCR	35
4.4.6 Pengukuran Titer Virus dengan Metode <i>Qualitative</i> PCR (qPCR)	36
4.5 Hasil dan Pembahasan	37
4.5.1 Intensitas Penyakit Daun Keriting Kuning pada Genotipe Cabai Uji	37
4.5.2 Deteksi Begomovirus pada Genotipe Cabai Uji	41
4.5.3 Titer Begomovirus pada Genotipe Cabai Uji	42
4.6 Kesimpulan	44
V PEMBAHASAN UMUM	45
VI SIMPULAN DAN SARAN	48
6.1 Simpulan	48
6.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	61
RIWAYAT HIDUP	63

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

3.1	Primer dan program amplifikasi untuk deteksi virus dari sampel tanaman cabai	21
3.2	Insidensi penyakit daun keriting kuning pada beberapa lahan pertanaman cabai di Jawa	23
3.3	Hasil deteksi virus sampel tanaman cabai berdasarkan tiga variasi gejala yang berbeda menggunakan metode DAS-ELISA	24
3.4	Statistik reads masing-masing tipe gejala virus	24
4.1	Skor keparahan penyakit daun keriting kuning cabai	35
4.2	Pengelompokan respons tanaman berdasarkan skor keparahan penyakit	35
4.3	Insidensi penyakit daun keriting kuning cabai pada beberapa genotipe cabai uji	40
4.4	Keparahan penyakit daun keriting kuning cabai pada beberapa genotipe cabai uji	40

DAFTAR GAMBAR

1.1	Ruang lingkup penelitian “Infeksi Campuran Virus pada Tanaman Cabai dan Respons Beberapa Genotipe Cabai terhadap Infeksi <i>Pepper yellow leaf curl virus</i> ”	4
3.1	Gejala penyakit pada pertanaman cabai di lahan pengamatan	22
3.2	Jumlah reads virus pada sampel dengan gejala dilapangan yang berbeda	25
3.3	Pairwise identity Begomovirus isolat lapang dengan sekuen asal NCBI	26
3.4	Pairwise identity Potyvirus isolat lapang dengan sekuen asal NCBI	28
3.5	Pairwise identity PeVYV isolat lapang dengan sekuen asal NCBI	28
3.6	Pairwise identity CMV isolat lapang dengan sekuen asal NCBI	29
4.1	Jenis gejala pada tanaman cabai uji yang diinokulasi dengan <i>Pepper yellow leaf curl virus</i> di rumah kaca	37
4.2	Kisaran periode inkubasi PYLCV pada delapan genotipe cabai uji	38
4.3	Visualisasi pita DNA hasil amplifikasi dengan primer Begomovirus pada tanaman cabai uji yang menunjukkan gejala dan tanpa gejala	41
4.4	Titer virus pada beberapa genotipe cabai berdasarkan pengukuran <i>cycle quantification</i> (Cq) dengan metode qPCR	43



DAFTAR LAMPIRAN

1	Visualisasi fragmen DNA hasil amplifikasi konfirmasi NGS	62
---	--	----

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.