

**EVALUASI RESPON KETAHANAN BEBERAPA GALUR MUTAN 4
(M4) CABAI MERAH (*Capsicum annum*) TERHADAP TOMATO
YELLOW LEAF CURL VIRUS (TYLCV) BERDASAKAN PENILAIAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT**

SKRIPSI

**Oleh :
SHOFROUL INAYAH
NIM. 210602110098**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**EVALUASI RESPON KETAHANAN BEBERAPA GALUR MUTAN 4
(M4) CABAI MERAH (*Capsicum annum*) TERHADAP TOMATO
YELLOW LEAF CURL VIRUS (TYLCV) BERDASAKAN PENILAIAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT**

SKRIPSI

**Oleh :
SHOFROUL INAYAH
NIM. 210602110098**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulanaa Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**EVALUASI RESPON KETAHANAN BEBERAPA GALUR MUTAN 4
(M4) CABAI MERAH (*Capsicum annuum*) TERHADAP TOMATO
YELLOW LEAF CURL VIRUS (TYLCV) BERDASAKAN PENILAIAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT**

SKRIPSI

Oleh :
SHOFROUL INAYAH
NIM. 210602110098

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 23 Juni 2025

Pembimbing I

Didik Wahyudi, M.Si
NIP. 198601022018011001

Pembimbing II

Kivah Aha Putra, M.Pd.I
NIP. 199004252023211024

Pembimbing III

 **PT ELEKTRONIK**

Dr. Dra. Ifa Manzila, M.Si
NIP. 196301021998032001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

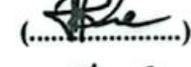


EVALUASI RESPON KETAHANAN BEBERAPA GALUR MUTAN 4
(M4) CABAI MERAH (*Capsicum annum*) TERHADAP TOMATO
YELLOW LEAF CURL VIRUS (TYLCV) BERDASAKAN PENILAIAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT

SKRIPSI

Oleh :
SHOFROUL INAYAH
NIM. 210602110098

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: Senin, 23 Juni 2025

Ketua Penguji	: Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. NIP. 19741018 200312 2 002	(.....) 
Anggota Penguji 1	: Azizatur Rahmah, M.Sc NIP. 19860930 201903 2 011	(.....) 
Anggota Penguji 2	: Didik Wahyudi, M.Si NIP. 198601022018011001	(.....) 
Anggota Penguji 3	: Kivah Aha Putra, M.Pd.I NIP. 199004252023211024	(.....) 
Anggota Penguji 4	: Dr. Dra. Ifa Manzila, M.Si NIP. 196301021998032001	( TT ELEKTRONIK)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi



Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil 'alamin, tiada kata terindah selain syukur kepada Allah Swt. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menimba sebagian dari ilmu-Nya. Shalawat dan salam tetap terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad Saw. Dengan rasa syukur skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Orang tua terkasih dan tercinta Asfiak dan Maryam Ulfah yang senantiasa menyayangi, mendukung, memfasilitasi segala kebutuhan terutama pendidikan, dan senantiasa mendoakan penulis sehingga apapun yang dihadapi penulis dimudahkan urusannya oleh Allah *ta'ala*. Skripsi ini merupakan salah satu persembahan penulis kepada Ayah dan Ibu, besar harapan penulis untuk terus berbakti dan membanggakan Ayah dan Ibu.
2. Kedua adik saya Kamal Abdul Nashir dan Zahrotul Karimah yang penulis sayangi dan banggakan semoga senantiasa tercapai segala yang dicita-citakan.
3. Teman-teman seperjuangan, Fildzah Nisrinah Candra Rahayu dan Intania Hasna Naurah yang senantiasa menemani baik suka maupun duka, saling menguatkan, mendukung, serta sejati dan tulus dalam keadaan yang sulit hingga yang tidak terduga.
4. Semua orang yang penulis sayangi dan menyayangi penulis, terutama jodoh serta anak keturunan penulis kelak, semoga senantiasa dalam bimbingan dan ridho Allah Swt. dalam segala urusannya.
5. Semua jiwa-jiwa baik yang pernah hadir dalam hidup penulis yang dengan kehadirannya, penulis belajar, mengambil hikmah, dan menemukan kekuatan dalam kebaikan. Terima kasih atas setiap uluran tangan, nasihat tulus, dan doa-doa yang tersembunyi. Semoga segala kebaikannya dibalas oleh Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shofroul Inayah
NIM : 210602110098
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Evaluasi Respon Ketahanan Beberapa Galur Mutan 4 (M4) Cabai Merah (*Capsicum annuum*) Terhadap *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) Berdasarkan Penilaian Perkembangan Penyakit

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

2025
di pernyataan
METERAI
TEMPEL
10AM 20250517
Shofroul Inayah
NIM. 210602110098



PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya

**Evaluasi Respon Ketahanan Beberapa Galur Mutan 4 (M4) Cabai Merah
(*Capsicum annuum*) Terhadap *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV)
Berdasarkan Penilaian Perkembangan Penyakit**

Shofroul Inayah¹, Didik Wahyudi¹, Kivah Aha Putra¹, Ifa Manzila²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana
Malik Ibrahim Malang

²Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong

ABSTRAK

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia dengan nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang terus meningkat. Namun, tanaman cabai rentan terhadap serangan penyakit, salah satunya adalah infeksi *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) yang ditularkan oleh kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Virus ini menyebabkan gejala daun menguning, daun menggulung, tanaman kerdil, hingga penurunan hasil panen secara drastis. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respon ketahanan 13 galur Mutan 4 hasil induksi mutasi *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) terhadap cabai varietas Gelora, kontrol rentan varietas Susan Joy, dan kontrol tahan Cek R5 terhadap infeksi TYLCV. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 13 galur M4 *Capsicum annuum* dan satu varietas kontrol rentan (Susan Joy) sebagai perlakuan, yang masing-masing ditanam pada empat petak percobaan per ulangan, dengan lima tanaman per petak. Parameter yang diamati meliputi masa inkubasi, insidensi penyakit, keparahan penyakit, dan *Area Under Disease Progress Curve* (AUDPC). Galur CB 99939, CB 99938, dan CB 101046 menunjukkan masa inkubasi yang lebih panjang dan tingkat insidensi yang lebih rendah, menandakan potensi ketahanan terhadap TYLCV. Selain itu, CB 99938 dan CB 99939 memiliki nilai keparahan serta AUDPC yang rendah, sedangkan varietas Susan Joy menunjukkan tingkat keparahan dan AUDPC tertinggi. Beberapa galur M4 menunjukkan adanya variasi nyata.

Kata kunci: AUDPC, *Capsicum annuum*, Keparahan Penyakit, TYLCV.

**Evaluation of Resistance Response of Some Mutant 4 (M4) Red Chili
(*Capsicum annum*) to Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) Based on
Disease Development Assessment**

Shofroul Inayah¹, Didik Wahyudi¹, Kivah Aha Putra¹, Ifa Manzila²

**¹Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam
Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

²National Research and Innovation Agency (BRIN) Cibinong

ABSTRACT

Red chili (*Capsicum annum* L.) is an important horticultural commodity in Indonesia with high economic value and increasing market demand. However, chili plants are susceptible to disease attacks, one of which is Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) infection transmitted by whitefly (*Bemisia tabaci*). This virus causes symptoms of yellowing leaves, leaf curling, stunted plants, and a drastic reduction in yield. This study aimed to evaluate the resistance response of 13 strains of Mutant 4 induced by *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) mutation to chili pepper variety Gelora, susceptible control variety Susan Joy, and resistant control Cek R5 to TYLCV infection. This study used a completely randomized design (CRD) with 13 M4 strains of *Capsicum annum* and one susceptible control variety (Susan Joy) as treatments, each planted in four experimental plots per replicate, with five plants per plot. Parameters observed included incubation period, disease incidence, disease severity, and Area Under Disease Progress Curve (AUDPC). Lines CB 99939, CB 99938, and CB 101046 showed longer incubation periods and lower incidence rates, indicating potential resistance to TYLCV. In addition, CB 99938 and CB 99939 had low severity and AUDPC values, while the variety Susan Joy showed the highest severity and AUDPC. Some M4 strains showed significant variation.

Keywords: AUDPC, *Capsicum annum*, Severity.

Capsicum من الفلفل الأحمر (M4) تقييم استجابة المقاومة لدى بعض سلالات الطفرات من الجيل الرابع بناءً على تقييم تطور المرض (TYLCV) ضد فيروس تجعد أوراق الطماطم الصفراء (*annuum*)

صوفراؤل إينانه، ديديك واهيويدي، كيفاه آها بوترا، إيفا مانزبلا

قسم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

مُلخَّص الباحث

يُعدُّ الفلفل الأحمر (*Capsicum annuum* L.) من المحاصيل البستانية المهمة في إندونيسيا، لما له من قيمة اقتصادية عالية وطلب متزايد في الأسواق. ومع ذلك، فإن نبات الفلفل عُرضة للإصابة بالأمراض، ومن أبرزها فيروس تجعد أوراق الطماطم الصفراء (*Bemisia tabaci*)، الذي يُنقل بواسطة الذبابة البيضاء. (Tomato Yellow Leaf Curl Virus – TYLCV)، الذي يُنقل بواسطة الذبابة البيضاء. (Bemisia tabaci) يُسبب هذا الفيروس أعراضًا مثل اصفرار الأوراق وتجعدّها، وتقرُّمُ النبات، وانخفاضًا كبيرًا في الإنتاج. يهدف هذا البحث إلى تقييم استجابة المقاومة لثلاثة عشر سلالة طافرة من الجيل الرابع (M4)، الناتجة عن التحفيز الكيميائي باستخدام مادة "إيثيل ميثان سلفونات (EMS)" من صنف الفلفل "غلورا"، مقارنةً بالصنف الحساس "سوزان جوي" عند الإصابة بـ TYLCV. استخدم البحث نموذج التصميم العشوائي الكامل (RAL)، حيث زُرعت كل سلالة في أربع وحدات تجريبية لكل مكرّر، مع خمس نباتات في كل وحدة. مت مراقبة أربعة متغيرات رئيسية هي: فترة الحضانة، نسبة الإصابة بالمرض (Disease Incidence)، شدة المرض (Disease Severity)، والمساحة تحت منحنى تطور المرض. (AUDPC) أظهرت السلالات CB 99939، و CB 101046، و CB 99938 فترة حضانة أطول وانخفاضًا في نسبة الإصابة، مما يشير إلى إمكانية مقاومتها للفيروس. كما أظهرت السلالتان CB 99939 و CB 99938 أقل مستوى في شدة المرض و AUDPC، في حين سجلت "سوزان جوي" أعلى القيم، مما يبرز تميز بعض سلالات M4 في الاستجابة المقاومة لعدوى TYLCV.

TYLCV، شدة المرض، *Capsicum annuum*، AUDPC: الكلمات المفتاحية

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Bismillahirrohmaanirrohiim, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Evaluasi Respon Ketahanan Beberapa Galur Mutan 4 (M4) Cabai Merah (*Capsicum annum*) Terhadap *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) Berdasarkan Penilaian Perkembangan Penyakit”. Salawat serta salam senantiasa tercurahkan pada Nabi Muhammad Saw. yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang menderang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *Jazakumullah ahsanal jaza'* kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P, selaku kaprodi, atas dukungan dan arahnya yang telah membantuu saya dalam menjalani rangkaian kegiatan dalam penyusunan Skripsi.
4. Didik Wahyudi, M.Si, selaku dosen pembimbing program studi yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan kepada penulis selama penyusunan Skripsi ini.
5. Kivah Aha Putra, M.Pd.I, selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan kepada penulis selama penyusunan Skripsi ini.
6. Dr. Dra. Ifa Manzila, M.Si selaku pembimbing lapang di BRIN Cibinong yang dengan sabar dan telaten memberikan arahan, ilmu, serta pengalaman selama proses penyusunan Skripsi.
7. Prilya Dewi Fitriasari, M. Sc selaku dosen wali yang telah memberikan dukungan dan masukkan setiap periode perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan staf laboran Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan peluang dan bantuan bagi penulis untuk belajar banyak hal yang membantu dalam penyusunan Skripsi ini.
9. Ayah, Ibu, dan keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral dan materi kepada penulis.
10. Teman sejawat Goldar B yang telah menemani, mendukung, dan membantu penulis baik suka dan duka dari masa awal kuliah hingga selama melaksanakan penelitian untuk tugas akhir.
11. Bapak/Ibu Peneliti serta Staf yang telah memberi ilmu, pengalaman, dan bantuan selama berada di Bogor dalam penyelesaian tugas akhir.
12. Diri sendiri yang telah berani melangkah, tetap bertahan, dan terus berusaha meskipun banyak rintangan yang dihadapi selama penyusunan naskah dan penelitian.

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan dan penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta menjadi referensi yang berguna bagi mahasiswa lain yang akan melaksanakan penelitian tugas akhir.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Bogor, 20 April 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
مُلَخَّصُ الْبَاحِثِ	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DARTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Hipotesis	6
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>) dalam Perspektif Islam.....	8
2.2 Botani Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>)	10
2.2.1Morfologi dan Klasifikasi Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>).....	10
2.2.2Budidaya Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>)	13
2.2.3Manfaat Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>)	13
2.2.4Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>) Galur Mutan 4 (M4).....	14
2.2.5Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i>) Varietas Susan Joy	15
2.3 Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)	16
2.4 Gejala Penyakit pada Tanaman	18
2.5 Entomologi Kutu Kebul (<i>Bemisia tabaci</i>).....	19
2.5.1Morfologi Kutu Kebul (<i>Bemisia tabaci</i>).....	19
2.5.2Siklus Hidup dan Perilaku Kutu Kebul (<i>Bemisia tabaci</i>)	20
2.5.3Peran Kutu Kebul (<i>Bemisia tabaci</i>)	21
2.6 Pemuliaan Tanaman Melalui Induksi Mutasi.....	21
2.6.1Mutasi Secara Umum.....	21
2.6.2Induksi Mutasi <i>Etil Metanasufonat</i> (EMS) dalam Pemuliaan Tanaman.....	22

2.7	Penilaian Penyakit pada Tanaman.....	24
2.7.1	Masa Inkubasi Virus	24
2.7.2	Insidensi Penyakit (<i>Disease Incidence, DI</i>)	25
2.7.3	Keparahan Penyakit (<i>Disease Severity, DS</i>)	25
2.7.4	Luas Area di Bawah Kurva Perkembangan Penyakit (<i>Area Under Disease Progress Curve, AUDPC</i>).....	26
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Rancangan Penelitian	27
3.2	Waktu dan Tempat	28
3.3	Alat dan Bahan	28
3.3.1	Alat.....	28
3.3.2	Bahan.....	28
3.4	Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1	Penyemaian Benih Tanaman Uji Cabai Merah	29
3.4.2	Pemindahan ke Polybag	29
3.4.3	Penyerbukan Buatan (<i>Self Pollination</i>).....	30
3.4.4	Persiapan dan Inokulasi TYLCV	30
3.4.5	Pemantauan Gejala dan Skoring	30
3.5	Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Variasi Masa Inkubasi dan Nilai Insidensi	34
4.2	Keparahan dan Perkembangan Penyakit	36
4.3	Evaluasi Perkembangan Penyakit Cabai dalam Perspektif Islam	39
BAB V PENUTUP.....		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3. 1 Rancangan penelitian Acak Lengkap Galur M4 dan Susan Joy	27
Tabel 3. 2 Sumber benih tanaman uji cabai (<i>Capsicum annuum</i>) M4	28
Tabel 3. 3 Kriteria penilaian untuk menentukan skor keparahan penyakit.....	31
Tabel 3. 4 Kriteria ketahanan tumbuhan terhadap infeksi Begomovirus.....	32
Tabel 4. 1 Masa Inkubasi Galur M4, Susan Joy, dan Cek R5.....	34
Tabel 4. 2 Perubahan Insidensi Penyakit antara minggu pengamatan	36
Tabel 4. 3 Keparahhan Penyakit dan nilai AUDPC tanaman uji	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1. Morfologi cabai (<i>Capsicum annum</i>).	12
Gambar 2. 2. Cabai varietas Gelora	14
Gambar 2. 3. Cabai varietas Susan Joy	16
Gambar 2. 4. Mikrograf elektron virus gemini	17
Gambar 2. 5. Variasi gejala infeksi TYLCV	17
Gambar 2. 6. Morfologi kutu kebul	19
Gambar 2. 7. Siklus hidup kutu kebul.....	20
Gambar 2. 8. Mekanisme induksi mutasi EMS.....	23
Gambar 2. 9. Skala keparahan gejala TYLCV pada Tomat.....	25
Gambar 3. 1. Visualisasi skoring keparahan penyakit.	31

DARTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengamatan	54
Lampiran 2. Perhitungan SPSS	57
Lampiran 3 Bukti Konsultasi	69
Lampiran 4. Lembar Cek Plagiasi.....	70

DAFTAR SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Keterangan
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
AUDPC	<i>Area Under Disease Progress Curve</i>
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
cm	centi meter
DNA	<i>Deoxyribonucleic Acid</i>
°C	derajat Celcius
DI	<i>Disease Incidence</i>
DS	<i>Disease Severity</i>
DMRT	<i>Duncan's Multiple Range Test</i>
EMS	Ethyl Methanesulfonate
HSI	Hari Setelah Inokulasi
HST	Hari Setelah Tanam
IP	Insidensi Penyakit
IBM SPSS	<i>International Business Machines - Statistical Package for the Social Sciences</i>
KP	Keparahan Penyakit
Kg	kilo gram
<	kurang dari
≤	kurang dari sama dengan
±	kurang lebih
>	lebih dari
≥	lebih dari sama dengan
M4	Mutan 4
%	Persen
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i>
RNA	<i>Ribonucleic Acid</i>
Σ	sigma (penjumlahan)
SD	Standar Deviasi
TYLCV	<i>Tomato Yellow Leaf Curl Virus</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merah (*Capsicum annum*) merupakan jenis hortikultura bernilai ekonomi tinggi. Namun, produktivitas cabai merah tidak stabil dari tahun ke tahun (Fauzi dkk., 2023), sehingga harga cabai rentan mengalami kenaikan, terutama saat terjadi gangguan pasokan (Khatimah dkk., 2023). Sementara itu, konsumsi cabai perkapita terus naik pada kurun waktu 2019-2023 (Ahdiat, 2024). Rendahnya produktifitas cabai disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kemampuan dalam pengelolaan usahatani (Krasachat, 2023), kurang optimalnya penerapan teknologi pertanian (Hayati dkk., 2021), kondisi iklim, cuaca (Nurchahyo dkk., 2024), dan ancaman dari hama penyakit yang memiliki pengaruh paling dominan (Saidah dkk., 2024). Apabila tidak segera ditangani, hal ini dapat menyebabkan cabai merah (*Capsicum annum*) kehilangan berdaya saing, baik di pasar domestik maupun ekspor (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementan, 2020).

Salah satu faktor yang memengaruhi produktivitas cabai merah (*Capsicum annum*) adalah hama virus dari keluarga Geminiviridae, genus Begomovirus, yaitu *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV). Virus ini dilaporkan menginfeksi tanaman *Solanaceae* terutama cabai. Virus ini dibawa dan disebarkan oleh vektor serangga kutu kebul (*Bemisia tabaci*) dan telah dilaporkan mengancam produksi cabai merah (*Capsicum annum*) global. Beberapa kasus yang telah dilaporkan, meliputi tersebarnya TYLCV yang menyerang cabai merah di pulau Jawa (Wahyono *et al.*, 2023), serangan TYLCV di Bangka Belitung (Arsi dkk., 2023), infeksi TYLCV terhadap *Capsicum annum* hingga kerugian ekonomi sebesar 20% di Meksiko (Espinal *et al.*, 2018), dan menjadi salah satu virus paling umum yang menyerang cabai di India (Singh & sharma, 2023). Produksi cabai menurun dari 40.922 ton di tahun 2021 menjadi 27.606 ton di tahun 2023 (BPS Bali, 2024). Bentuk respon tanaman cabai (*Capsicum annum*) terhadap infeksi TYLCV berupa munculnya bercak kuning pada daun (Selangga & Listihani, 2021), tepi daun menggulung (Nur, 2025), hingga tanaman menjadi kerdil (Saad dkk., 2021).

Penyakit keriting kuning pada cabai akibat infeksi *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) berdampak signifikan terhadap pertumbuhan, produktivitas,

hingga dapat mengakibatkan kematian pada tanaman yang terinfeksi (Osei *et al.*, 2012; Wahyono *et al.*, 2023). Hal ini secara tidak langsung menggambarkan betapa Allah berkuasa dalam mengatur kehidupan dan kematian di alam. Allah Swt. berfirman dalam Qur'an Surah Al-An'am [6]: 95 terkait kekuasaan-Nya menumbuhkan tanaman dari biji, termasuk cabai merah sebagai berikut:

﴿ إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ذَلِكُمْ اللَّهُ فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ ﴾

Artinya: “*Sesungguhnya Allah yang menumbuhkan butir (padi-padian) dan biji (buah-buahan). Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. Itulah (kekuasaan) Allah. Maka, bagaimana kamu dapat dipalingkan?*” (QS: Al-An'am [6]: 95)

Menurut Shihab (2002) ayat tersebut menegaskan tentang salah satu bentuk kekuasaan Allah yaitu menciptakan dan mengatur segala proses alam, termasuk proses pertumbuhan dan pergantian kehidupan. Kalimat فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى mengandung isyarat terkait betapa besar kekuasaan Allah yaitu menumbuhkan “butir” tumbuh-tumbuhan serta “biji” buah-buahan. Penggalan “*Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan Pengeluar yang mati dari yang hidup*” ditafsirkan bahwa Allah menciptakan tumbuhan dari biji yang tampak mati dan mengubahnya menjadi makhluk hidup yang dapat tumbuh dan berkembang. Sementara itu, Katsir (2003) menafsirkan penggalan فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى yang berarti Allah membelah biji dan benih di dalam tanah yang lembab dan menumbuhkannya menjadi berbagai jenis tumbuhan yang beragam. Penggalan “*Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan Pengeluar yang mati dari yang hidup*” ditafsirkan bahwa Allah menumbuhkan tumbuhan yang hidup dari biji dan benih yang merupakan benda mati. Firman-Nya وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ merujuk pada فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى, dengan kata lain mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan demikian pula sebaliknya.

Ayat ini dipilih karena terdapat relevansi dengan cabai merah (*Capsicum annuum*) yang tergolong tumbuhan berbiji (Gresiyanti & Rahayu, 2023). Allah menjadikan benih atau biji tumbuh menjadi tumbuhan hidup, sekaligus menunjukkan bahwa hidup dan mati semua makhluk termasuk dalam ketetapan

Allah. Cabai merah (*Capsicum annuum*) dapat hidup dan berkembang berasal dari biji, namun juga dapat mengalami kerusakan hingga kematian atas izin Allah, salah satunya dapat melalui serangan hama virus TYLCV.

Dalam perspektif Islam, ilmu pengetahuan terutama pertanian memiliki nilai luhur yang tidak hanya berdampak pada kehidupan duniawi, namun juga memiliki muatan ibadah. Penelitian dalam bidang hortikultura, khususnya dalam menghadapi penyakit tanaman, menjadi bagian dari *ikhtiar* atau usaha manusia sebagai khalifah yang diperintahkan oleh Allah di bumi. Adapun Nabi Muhammad Saw. bersabda:

مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: "Tidaklah Allah menurunkan suatu penyakit kecuali Dia juga menurunkan penawarnya." (HR. Bukhari & Muslim)

Hadis ini memberikan dasar teologis bahwa setiap penyakit termasuk pada tumbuhan memiliki solusi yang telah disiapkan oleh Allah. Dalam penelitian ini, permasalahan penyakit yang ditimbulkan oleh *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) yang menyerang tanaman cabai merah (*Capsicum annuum*) sehingga menimbulkan penyakit yang merugikan baik pada pertumbuhan maupun produktivitas cabai, masih memiliki jalan solusi untuk mengatasinya. Melalui pendekatan ilmiah dengan proses pemuliaan tanaman dan evaluasi respon ketahanan galur Mutan 4 sebagai kandidat varietas tahan TYLCV diharapkan menjadi solusi untuk mengatasi penyakit secara optimal.

Infeksi yang ditimbulkan dari *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) menghadirkan ancaman serius terhadap keberlangsungan pertumbuhan dan produktivitas cabai merah (*Capsicum annuum*). Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian hama terpadu. Berbagai teknik pengendalian telah dikembangkan, di antaranya melalui aplikasi insektisida nabati maupun kimiawi (Sarjan dkk., 2020), penggunaan tanaman pelindung di sekitar tanaman cabai (Inayati & Marwoto, 2015), pengaturan pola tanam (Moekasan dkk., 2014), dan pemasangan perangkap serangga untuk menekan populasi kutu kebul (*Bemisia tabaci*) sebagai vektor virus (Gunaeni, 2015). Meskipun demikian, efektivitas beberapa metode pengendalian tersebut masih terbatas di lapangan. Menurut hasil penelitian Puspitasari dkk. (2016) pengendalian hama kutu kebul pada beberapa varietas kedelai tidak

memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan produktivitas karena insidensi penyakit tetap tinggi, yaitu mencapai 80%.

Metode pengendalian konvensional yang hanya berfokus pada solusi jangka pendek, seperti pengendalian vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*), belum mampu menyelesaikan akar permasalahan infeksi virus. Penggunaan insektisida kimia secara berulang tidak hanya berisiko menimbulkan resistensi pada hama, tetapi juga dapat mencemari lingkungan dan membahayakan organisme non-target (Candra, 2022). Pendekatan ini hanya efektif dalam menekan penyebaran vektor untuk sementara waktu. Akan tetapi, infeksi virus *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) bersifat sistemik; kutu kebul (*Bemisia tabaci*) yang telah makan dan menularkan virus ke tanaman dan lolos dari pengendalian, virus tersebut akan menyebar ke seluruh bagian tanaman melalui jaringan pembuluh seperti floem dan xilem (Jiang *et al.*, 2020).

Metode pengendalian konvensional, terutama yang hanya berfokus pada solusi jangka pendek atau hanya berfokus pada pengendalian kutu kebul (*Bemisia tabaci*) tidak dapat menyelesaikan akar masalah infeksi. Selain itu, penggunaan insektisida kimia yang terus-menerus berisiko menimbulkan resistensi pada hama, pencemaran lingkungan, serta membahayakan organisme non-target (Candra, 2022). Pengendalian ini hanya dapat meminimalisir faktor dalam jangka pendek. berfokus mengurangi risiko jangka pendek dikarenakan patogen virus TYLCV memunculkan gejala penyakit yang sistemik. Patogen yang telah masuk melalui vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*) yang lolos dari pengendalian konvensional akan menyebar dari titik infeksi menuju seluruh bagian tanaman lewat jaringan pembuluh seperti floem dan xilem (Jiang *et al.*, 2020).

Penggunaan varietas tahan tidak hanya dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap insektisida kimia, memangkas biaya produksi yang dikeluarkan untuk pengendalian hama penyakit, namun juga dapat meningkatkan produktivitas dan nilai agronomi cabai merah (*Capsicum annum*). Menurut Prasetya dkk. (2020), penerapan varietas tahan dalam budidaya hortikultura terbukti mampu meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan. Berbagai penelitian telah menunjukkan keberhasilan dalam mengembangkan varietas hortikultura yang tahan terhadap infeksi patogen, seperti penelitian Kirana dkk. (2014) yang menyatakan

cabai varietas Perisai terkonfirmasi tahan terhadap penyakit antraknosa dan menjadi kandidat tetua ideal, kentang (*Solanum tuberosum*) varietas Dayang Sumbi dan Sangkuriang toleran terhadap penyakit hawar daun yang disebabkan oleh *Phytophthora infestans* disukai petani karena hasil panen yang memuaskan serta biaya penggunaan fungisida yang terminimalisir hingga 62,96% (Ruswandi, 2018). Hal ini menunjukkan pengembangan varietas unggul yang tahan terhadap suatu penyakit sangat potensial untuk dikembangkan.

Dalam penelitian ini, beberapa tanaman cabai merah (*Capsicum annuum*) dari galur Mutan 4, cek kontrol rentan varietas Susan Joy, dan kontrol resisten yaitu Cek R5 digunakan sebagai tanaman uji untuk dievaluasi respon ketahanan yang ditampakkan dari infeksi TYLCV yang dibawa oleh vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Cabai galur mutan ini menurut Manzila dan Priyatno (2020) berasal dari ujung tunas cabai (*Capsicum annuum*) varietas Gelora yang telah diinduksi mutasi dengan larutan *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) 0,5% dalam kurun 30 menit, kemudian diperbanyak secara *in vitro*. Proses mutagenesis dimulai dari kultur *in vitro* dan aklimatisasi tanaman hingga menghasilkan generasi Mutan 1 (M1), yang selanjutnya digunakan untuk memperoleh generasi M2. Proses seleksi dan perbanyakan berlanjut hingga mencapai generasi mutan yang lebih stabil seperti M3 dan M4 (Manzila *et al.*, 2015). Selain itu, telah dilakukan juga uji unruk menyeleksi galur unggul. Varietas cabai Susan Joy merupakan material milik World Vegetable Center yang dikembangkan di Indonesia (World Vegetable Center, 2025). Sementara itu, cabai (*Capsicum annuum*) Cek R5 merupakan material sumber daya milik BRIN yang terkonfirmasi resisten terhadap TYLCV.

Upaya pemuliaan tanaman cabai merah (*Capsicum annuum*) untuk memperoleh varietas tahan TYLCV menjadi strategi yang sangat potensial dalam menghadapi serangan virus yang merugikan. Oleh karena itu, diperlukan data ilmiah yang kuat mengenai respon ketahanan berbagai galur mutan, khususnya generasi M4, terhadap infeksi virus tersebut. Evaluasi ketahanan dapat dilakukan melalui pengamatan masa inkubasi, insidensi penyakit (DI), keparahan penyakit (DS), serta area perkembangan penyakit di bawah kurva (AUDPC), yang memberikan gambaran kuantitatif mengenai perkembangan penyakit dari waktu ke waktu. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan sebagai langkah awal

untuk mengetahui ketahanan beberapa galur cabai M4 terhadap TYLCV. Hasilnya diharapkan menjadi acuan dalam program pemuliaan cabai tahan virus dan mendukung strategi pengendalian penyakit yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. Bagaimana variasi masa inkubasi dan nilai insidensi penyakit pada beberapa galur Mutan 4 *Capsicum annuum* akibat infeksi TYLCV?
2. Bagaimana perkembangan penyakit yang ditunjukkan melalui nilai tingkat keparahan penyakit dan Area Perkembangan Penyakit di bawah Kurva (AUDPC) pada beberapa galur Mutan 4 *Capsicum annuum* akibat infeksi TYLCV?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui variasi masa inkubasi dan insidensi penyakit pada beberapa galur Mutan 4 *Capsicum annuum* akibat infeksi TYLCV.
2. Mengetahui tingkat keparahan penyakit dan perkembangan penyakit pada beberapa galur Mutan 4 *Capsicum annuum* akibat infeksi TYLCV.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Adanya variasi masa inkubasi dan insidensi penyakit pada beberapa galur Mutan 4 *Capsicum annuum* akibat infeksi TYLCV.
2. Adanya variasi tingkat keparahan penyakit dan perkembangan penyakit pada beberapa galur Mutan 4 *Capsicum annuum* akibat infeksi TYLCV.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Menyediakan data awal seleksi galur mutan 4 cabai merah (*Capsicum annuum*) tahan virus *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV).

2. Memberikan informasi penting untuk program pemuliaan tanaman cabai merah (*Capsicum annuum*).

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada beberapa galur Mutan 4 dan varietas Susan Joy sebagai kontrol rentan dan berfokus pada penilaian perkembangan penyakit.
2. Sumber inokulum telah dipastikan terdapat *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) dan tidak dilakukan analisis lebih mendalam terkait virus tersebut..
3. Percobaan dilakukan di rumah kaca dengan kondisi lingkungan yang terkontrol.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cabai Merah (*Capsicum annuum*) dalam Perspektif Islam

Dalam Islam, seluruh makhluk hidup, termasuk tumbuhan merupakan ciptaan Allah Swt yang memiliki manfaat. Cabai merah (*Capsicum annuum*) merupakan salah satu tanaman penting dalam kelompok hortikultura Indonesia (Fauzi dkk., 2023). Cabai merah (*Capsicum annuum*) tidak disebutkan secara langsung, namun bukti tumbuh-tumbuhan telah diciptakan beragam oleh Allah tercantum dalam Qur'an surah Al-An'am [6]: 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرُجُ مِنْهُ حَبًّا مَّتْرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِن طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ

يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “Dialah yang menurunkan air dari langit lalu dengannya Kami menumbuhkan segala macam tumbuhan. Maka, darinya Kami mengeluarkan tanaman yang menghijau. Darinya Kami mengeluarkan butir yang bertumpuk (banyak). Dari mayang kurma (mengurai) tangkai-tangkai yang menjuntai. (Kami menumbuhkan) kebun-kebun anggur. (Kami menumbuhkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang beriman.” (QS: Al-An'am [6]: 99)

Menurut Shihab (2002) Ayat ini menjelaskan bukti-bukti kekuasaan Allah Swt. yang berupa terciptanya berbagai macam tumbuhan. Penggalan kalimat وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً melalui bentuk berupa hujan, kemudian menumbuhkan bermacam-macam tumbuhan yang menghijau. Penggalan “butir yang saling bertumpuk” ditafsirkan banyak, padahal sebelumnya ia hanya satu biji atau benih. Penggalan “perhatikanlah” merujuk pada perkembangan tumbuhan dari biji hingga menjadi tumbuhan yang utuh. Selanjutnya, firman-Nya yang berbunyi “Dan dari mayang, yakni pucuk kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai” yang mudah dipetik, “Kami keluarkan pula “zaitun dan delima yang serupa dan tidak

serupa” ditafsirkan ketidakserupaan buah, aroma, dan kegunaannya. Setelah itu, terdapat seruan untuk memperhatikan pula proses kematangannya yang melalui beberapa fase. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kaum yang beriman.

Menurut Katsir (2003) menafsirkan *وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً* maksudnya dengan kadar tertentu, sebagai berkah dan rezeki bagi hamba-hamba-Nya untuk menghidupi dan menyirami berbagai makhluk, serta sebagai rahmat Allah bagi seluruh makhluk-Nya. Penggalan *نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا* kalimat ditafsirkan seperti bulir pada padi. Penggalan “yang menjulai” maksudnya mudah dijangkau oleh orang yang memetikinya. Firman-Nya selanjutnya, “Kami menumbuhkan pula zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa” ditafsirkan kesamaan dalam daun dan bentuk, masing – masing berdekatan (mirip), tetapi memiliki perbedaan buahnya, baik bentuk, rasa, maupun sifatnya, maka sesungguhnya hal tersebut merupakan bukti-bukti kekuasaan, hikmah, dan rahmat-Nya bagi orang-orang yang beriman.

Surah *Al-an'am* ayat 99 menggambarkan kekuasaan Allah Swt. dalam menciptakan beragam jenis tanaman yang muncul dari biji-bijian sebagai anugerah bagi manusia. Lebih dari sekadar hasil alam, cabai merah (*Capsicum annuum*) sebagai bagian dari ciptaan Allah menuntut pengelolaan yang bertanggung jawab. *Al-An'am* ayat 99 menunjukkan bahwa Allah menciptakan berbagai tumbuhan sebagai tanda kekuasaan dan rahmat-Nya bagi mereka yang beriman. Keberagaman ini mengingatkan manusia akan tanggung jawabnya sebagai khalifah di bumi untuk menjaga kelangsungan hidup tanaman seperti cabai merah (*Capsicum annuum*) agar tetap lestari dan produktif. Dengan memilih ayat ini, penulis berusaha mengaitkan upaya ilmiah dalam penelitian dengan prinsip ketakwaan, bahwa usaha manusia dalam melindungi tanaman dari ancaman penyakit seperti virus adalah bagian dari amanah untuk menjaga karunia yang telah Allah ciptakan di muka bumi.

Pertanian dalam Islam bukan sekadar aktivitas duniawi, melainkan memiliki nilai ibadah yang luhur. Islam memuliakan usaha bertani karena hasilnya dapat memberi manfaat yang luas. Setiap benih yang ditanam dengan niat baik dan memberikan kemaslahatan, memiliki nilai spiritual yang tinggi di sisi Allah Swt. Dalam konteks ini, Rasulullah Saw. memberikan penghargaan yang besar kepada petani dan penanam, sebagaimana tergambar dalam sabda beliau:

مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا، فَيَأْكُلُ مِنْهُ إِنْسَانٌ، أَوْ دَابَّةٌ، أَوْ طَيْرٌ، إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ
صَدَقَةٌ

Artinya: "Tidaklah seorang Muslim menanam suatu tanaman, lalu dimakan oleh manusia, hewan, atau burung, melainkan itu menjadi sedekah baginya." (HR. Bukhari & Muslim)

Hadis ini mengajarkan bahwa aktivitas pertanian, seperti menanam dan membudidayakan tanaman, memiliki nilai ibadah dan sedekah jika hasilnya memberi manfaat bagi makhluk lain. Penelitian mengenai galur mutan cabai merah tahan virus bukan hanya usaha ilmiah, tetapi juga merupakan bentuk kontribusi sosial dan spiritual. Apabila varietas yang dihasilkan kelak digunakan petani untuk meningkatkan hasil panen dan menekan kerugian akibat penyakit, maka manfaat itu bernilai sedekah yang terus mengalir. Dengan demikian, kegiatan ilmiah dalam bidang pertanian menjadi bagian dari ibadah yang berkelanjutan.

2.2 Botani Cabai Merah (*Capsicum annum*)

2.2.1 Morfologi dan Klasifikasi Cabai Merah (*Capsicum annum*)

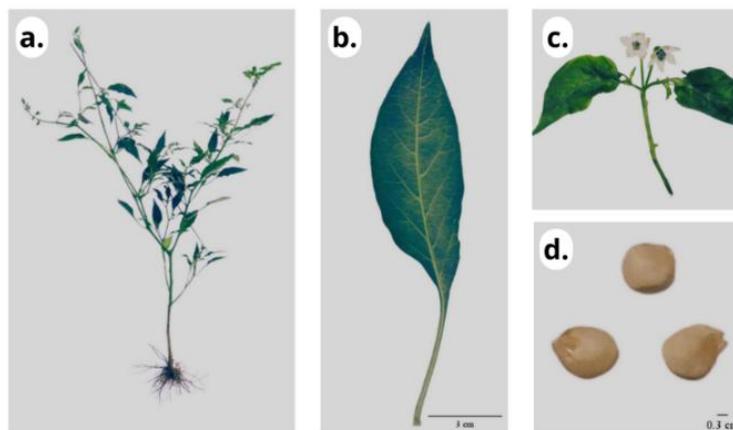
Cabai merah (*Capsicum annum*) menurut Jati & Sutriyanti (2021) merupakan tumbuhan perdu salah satu anggota keluarga *Solanaceae*. Tinggi tumbuhan ini umumnya berkisar dari 0,5 meter hingga 1,5 meter. Seperti pada umumnya, tubuh tumbuhan ini terdiri dari beberapa bagian (Gambar 2.1) yaitu akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran tunggang sebagai akar primer dan akar serabut sebagai akar lateralnya (Warisno & Dahana, 2018). Panjang akar (Gambar 2.1 f) dapat berkisar 25-35 cm. Struktur akar seperti ini dapat menopang tumbuhan dengan baik serta meningkatkan kemampuan menyerap nutrisi.

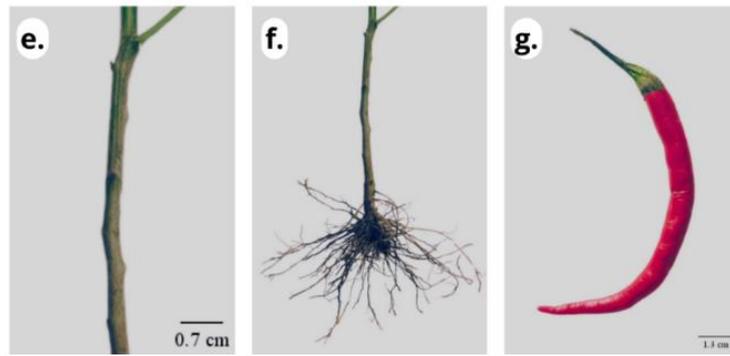
Batang cabai merah (*Capsicum annum*) (Gambar 2.1 e) berbentuk silindris, berkayu pada bagian pangkal, dan berwarna hijau muda, hijau tua, dan sedikit kecoklatan pada batang bagian bawah dekat akar. Bagian batang dekat akar yang berwarna coklat disebabkan dari pengerasan jaringan parenkim (Warisno & Dahana, 2018). Cabai merah memiliki percabangan yang menyebar. Pola percabangan (Gambar 2.1 a) *Capsicum annum* berjenis dichoton atau menggarpu

yaitu terbentuknya dua cabang yang berukuran sama dari perkembangan setiap batang (Ma'arif & Purwaningsih, 2024).

Daun cabai merah (Gambar 2.1 b) memiliki bentuk yang bervariasi berdasarkan spesies atau varietasnya. Bentuk daun dapat berupa *ovate* atau *lanceolate* (Rosilawati dkk., 2024). Daun cabai merah (Gambar 2.1 b) merupakan daun tunggal yang tumbuh dari tunas-tunas yang tumbuh dari batang utama dan tersusun spiral (Warisno & Dahana, 2018). Ujung daunnya bertipe *oblongus acutus*, tulang daunnya berbentuk menyirip, tepi rata, bagian permukaan atas berwarna hijau tua dan permukaan bawah berwarna hijau muda. Daun cabai merah memiliki panjang berkisar 3-11 cm dan lebar 1-3 cm.

Selanjutnya pada organ generatif *Capsicum annuum*, bunga cabai merah (Gambar 2.1 c) bersifat hemaprodit dan tergolong bunga lengkap yang memiliki *calyx*, *corolla*, *stamen*, dan *pistil*. Bunga cabai merah tumbuh di ketiak daun (Gambar 2.1 c) dalam keadaan tunggal atau bergerombol yang terdiri dari 2 hingga 3 bunga (Warisno & Dahana, 2018). Bunga cabai merah (Gambar 2.1 c) memiliki bentuk seperti terompet seperti pada tumbuhan *Solanaceae* pada umumnya. Bagian *corolla* menurut berwarna putih dan putih kehijauan. Bagian *pistil* berwarna putih, dengan ujung berwarna kuning kehijauan berjumlah satu buah dan terdapat *stamen* sebanyak enam buah yang tangkainya berwarna kuning dan kepala sari berwarna biru keunguan.





Gambar 2. 1. Morfologi cabai (*Capsicum annuum*). a. habitus; b. Daun; c. Bunga; d. Biji; e. Batang; f. Akar; g. Buah (Dokumentasi Pribadi, 2024).

Buah cabai merah (Gambar 2.1 g) memiliki bentuk buah kerucut memanjang, lurus, dan bengkok serta meruncing pada bagian ujungnya menggantung, tekstur permukaan licin mengkilap. Buah cabai merah (Gambar 2.1 g) memiliki diameter 1-2 cm, panjang 4-17 cm. Buahnya (Gambar 2.1 g) berwarna hijau muda atau hijau tua saat belum masak dan berwarna merah saat matang, dengan tangkai buah pendek yang berwarna hijau. Di dalam buah cabai merah terdapat biji (Gambar 2.1 d) yang berbentuk pipih, bulat, maupun oval yang berwarna kuning pucat. Umumnya, cabai merah diperbanyak menggunakan. Biji cabai terletak pada plasenta di dalam locule serta tersebar di sekitar jaringan plasenta yang berdaging (Gambar 2.1) (Arumingtyas dkk., 2022).

Klasifikasi cabai merah besar (*Capsicum annum*) menurut Warisno & Dahana (2018) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Order	: Solanales
Family	: Solanaceae
Genus	: Capsicum
Speciess	: <i>Capsicum annuum</i> (Linnaeus, 1753)

2.2.2 Budidaya Cabai Merah (*Capsicum annum*)

Cabai merah (*Capsicum annum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang penting di Indonesia. Cabai merah (*Capsicum annum*) memiliki permintaan pasar yang relatif banyak dari tahun ke tahun (Ahdiat, 2024). Untuk memenuhi kebutuhan pasar, budidaya cabai telah dilakukan di wilayah dataran rendah hingga dataran tinggi, tergantung varietas dan sifat unggulnya yang sesuai. Budidaya cabai merah (*Capsicum annum*) memerlukan kondisi lingkungan yang optimal, yaitu suhu 25–27°C pada siang hari dan 18–20°C saat malam hari, intensitas cahaya tinggi, dan drainase tanah yang baik (Kurniawan dkk., 2024).

Dalam sistem budidaya intensif, benih ditanam di persemaian, kemudian dipindahkan ke lahan terbuka atau *screenhouse* saat berumur 21–30 hari dan ditandai dengan munculnya daun sejati sebanyak 4–6 helai (Prajnanta, 2011). Pengelolaan hama dan penyakit menurut Candra (2022) merupakan faktor penentu utama, terutama terhadap patogen vital seperti layu bakteri, antraknosa, dan virus yang ditularkan oleh serangga. Sementara itu, produktivitas dan kualitas hasil dapat dijaga melalui penerapan pemupukan seimbang, pengairan teratur, serta pemangkasan tunas secara berkala.

2.2.3 Manfaat Cabai Merah (*Capsicum annum*)

Cabai merah (*Capsicum annum*) memiliki beragam manfaat, baik dari segi ekonomi, nutrisi, maupun kesehatan. Dari segi ekonomi, cabai merah merupakan komoditas bernilai jual tinggi yang berkontribusi besar terhadap pendapatan petani hortikultura (Candra, 2022). Dalam industri pangan, cabai merah (*Capsicum annum*) digunakan sebagai pewarna alami, bahan baku saus, bubuk cabai, abon cabai dan olahan lainnya (Boga, 2004; Abdullah dkk., 2023).

Buah cabai merah (*Capsicum annum*) mengandung vitamin A, vitamin C, dan antioksidan yang berfungsi sebagai agen antiinflamasi sekaligus membantu meningkatkan metabolisme tubuh (Abdullah dkk., 2023). Capsaicin merupakan senyawa antioksidan yang terkandung pada cabai. Senyawa capsaicin dapat berperan sebagai pencegahan kanker dengan menekan pertumbuhan sel kanker dan memiliki efek analgesik pada tubuh (Sanlier *et al.*, 2024).

2.2.4 Cabai Merah (*Capsicum annuum*) Galur Mutan 4 (M4)

Cabai merah (*Capsicum annuum*) galur Mutan 4 (M4) merupakan generasi ke 4 hasil mutasi kimia oleh *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) yang dilakukan pada varietas cabai Gelora (Gambar 2.2) secara *in vitro*. Upaya induksi EMS ini berhasil menciptakan keragaman genetik pada cabai varietas Gelora dan berpotensi menjadi bahan baku pemuliaan varietas unggul yang tahan terhadap virus Gemini (Manzila & Priyatno, 2020). Keberhasilan induksi mutasi menggunakan EMS dalam penelitian Harahap *et al.* (2022) terbukti berperan signifikan dalam perbaikan serta peningkatan karakter agronomis tanaman.

Cabai varietas Gelora (Gambar 2.2) menurut Bumi Mutiara (2025) merupakan cabai non-hibrida dengan karakteristik agronomis yang menjanjikan untuk budidaya di berbagai kondisi lingkungan. Varietas ini pertumbuhan tanamannya yang tegak, kuat, dan seragam. Fakta ini menjadikannya adaptif untuk dibudidayakan di dataran rendah hingga tinggi serta di segala musim. Dari segi morfologi buah, buah yang dihasilkan berwarna merah menyala dengan bentuk dan ukuran yang menarik, panjang buah sekitar 13–14 cm dan diameter 1,5 cm. Keunggulan lain dari varietas ini yaitu toleran terhadap penyakit antraknosa dan memiliki daya simpan buah yang lebih lama pascapanen. Produktivitasnya tergolong tinggi, dengan hasil panen 0,9–1,3 kg per tanaman atau potensi 15-20 ton per hektar yang dapat dipanen pada 70–85 HST. Produktivitas pada pembuahan periode pertama dan kedua konstan.



Gambar 2. 2. Cabai varietas Gelora (Bumi Mutiara, 2025)

Tanaman uji Galur M4 ini diperbanyak dengan cara penyerbukan sendiri atau *self-pollination*. Teknik ini merupakan teknik penting dalam eksperimen mutasi tanaman karena berperan dalam menstabilkan dan memurnikan mutasi yang telah diinduksi. Setelah tanaman mengalami perlakuan mutagen seperti EMS, mutasi yang muncul pada generasi M1 umumnya masih heterozigot atau tersembunyi secara fenotipik. Oleh karena itu, tanaman hasil mutagenesis perlu diserbuki sendiri untuk menghasilkan generasi M2, di mana mutasi dapat tersegregasi dan muncul secara jelas pada fenotip (Ríos & Cascante-Marín, 2017). Penyerbukan sendiri memungkinkan peningkatan homozigositas, sehingga alel mutan dapat diekspresikan penuh dan dipertahankan untuk seleksi lebih lanjut.

Selain itu, penyerbukan sendiri juga mencegah kontaminasi genetik dari luar yang dapat mengacaukan hasil eksperimen, terutama jika tanaman bersifat alogami (berpenyerbukan silang). Dalam konteks eksperimen laboratorium atau rumah kaca, *self-pollination* dilakukan secara manual untuk memastikan bahwa hasil persilangan berasal dari individu yang sama. Teknik ini sangat penting untuk menjaga konsistensi genetik antar generasi, mempermudah pelacakan sifat mutan, dan membangun garis keturunan murni (Yang *et al.*, 2017).

2.2.5 Cabai Merah (*Capsicum annuum*) Varietas Susan Joy

Cabai merah (*Capsicum annuum*) varietas Susan Joy (AVPP9905) menurut data *World Vegetable Center* (2025) merupakan varietas cabai unggul yang memiliki kemampuan menghasilkan buah besar menyerupai lilin dan mampu panen lebih awal dan hasil panen stabil. Buah cabai Susan Joy (Gambar 2.3) tumbuh memanjang dan meruncing dengan rata-rata panjang 16,4 cm, berdiameter 2,4 cm, dan bobot sekitar 28,9 gram per buah, dengan tingkat kepedasan yang sedang. Warna buah berubah dari kuning cerah saat muda dan merah jingga saat matang.



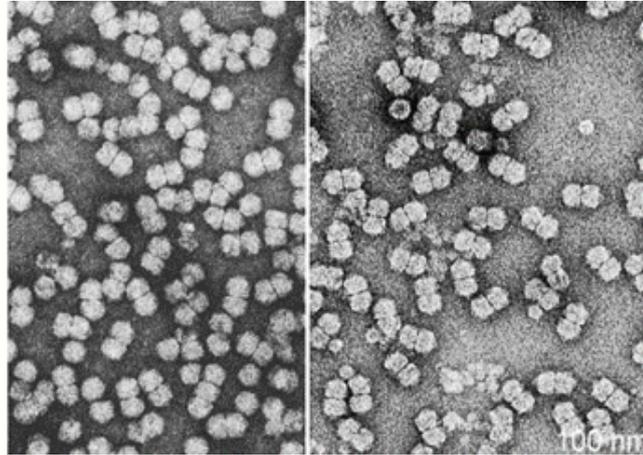
Gambar 2. 3. Cabai varietas Susan Joy (World Vegetable Center, 2025).

Secara genetik, cabai varietas Susan Joy adalah galur C-line (*restorer*) yang penting untuk program pemuliaan dengan sistem CMS (*Cytoplasmic Male Sterility*). Evaluasi laboratorium di WorldVeg, Taiwan, menunjukkan varietas ini sangat tahan terhadap virus *Chili Veinal Mottle Virus* (CVMV) dan *Potato Virus Y* (PVY), dengan 80-100% tanaman bebas gejala. Namun, varietas ini agak rentan terhadap penyakit layu bakteri, dengan hanya 10–49% tanaman yang bebas gejala. Kombinasi karakteristik morfologi yang unggul dan ketahanan terhadap beberapa penyakit menjadikan Susan's Joy kandidat penting untuk program pemuliaan dan produksi benih hibrida.

2.3 Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)

Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) merupakan salah satu anggota dari genus *Begomovirus* dalam keluarga *Geminiviridae*. Virus ini diketahui sebagai patogen yang banyak menginfeksi tanaman keluarga *Solanaceae* (Kesumawati et al., 2020), awal ditemukan menginfeksi tomat (*Solanum lycopersicum*), namun tidak sedikit kasus virus ini dilaporkan menginfeksi cabai merah (*Capsicum annuum*) (Wahyono et al., 2023; Espinal et al., 2018). TYLCV tidak memiliki selubung dengan struktur genetik berupa *single-strand* DNA melingkar dan

termasuk anggota *Geminiviridae* bertipe monopartite. Tubuh virus gemini (Gambar 2.2) memiliki bentuk isometri dan selalu berpasangan (Neria dkk., 2015).



Gambar 2. 4. Mikrograf elektron virus gemini (Neria, dkk., 2015).

Gejala khas yang nampak dari infeksi virus ini (Gambar 2.5) menurut kintasari (2013) berupa daun mengalami klorosis, daun menggulung ke atas, tumbuhan mengalami pengkerdilan, hingga gagal pembentukan buah. Infeksi TYLCV pada fase awal pertumbuhan dapat mengurangi panen buah secara signifikan (Espinal *et al.*, 2018). Kerugian ini berimbas langsung terhadap ketahanan pangan, pendapatan petani, dan sektor industri hortikultura.



Gambar 2. 5. Variasi gejala infeksi TYLCV. A. bercak kuning daun menggulung, urat daun bergaris; B. daun menguning, menggulung ke atas dan ke bawah, daun mengecil; dan C. kerdil (Wahyono *et al.*, 2023).

Epidemi TYLCV dapat terjadi melalui beberapa faktor, yaitu disebarkan oleh vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Marianah, 2020), faktor lingkungan berupa iklim dan praktik pertanian monokultur (Wattie & Sukendah, 2023), serta distribusi geografis (Santoso dkk., 2016). Kutu kebul merupakan vektor utama penyebar TYLCV dan dapat menularkan virus secara terus-menerus karena virus tetap berada di dalam tubuhnya dalam waktu yang cukup lama setelah mengisap tanaman yang terinfeksi (Gunaeni & Purwati, 2013). Virus ini ditularkan melalui mekanisme *persistent-circulative* yaitu proses akuisisi virus untuk masuk ke dalam tubuh serangga, dan akhirnya dikeluarkan melalui kelenjar ludah saat kutu kebul mengisap tanaman baru.

2.4 Gejala Penyakit pada Tanaman

Gejala penyakit pada tanaman berdasarkan daya penyebaran patogen di dalam jaringan tanaman dibagi menjadi dua jenis, yaitu gejala lokal dan gejala sistemik. Patogen yang menyebabkan gejala lokal umumnya hanya muncul di area tempat infeksi pertama kali terjadi dan tidak menyebar ke bagian tubuh lainnya. Jaringan tanaman yang terdampak menurut Sastrahidayat (2011) akan mengalami mati (nekrosis), bercak pada daun, atau luka kecil (lesi). Contohnya, infeksi oleh jamur seperti *Botrytis cinerea* sering menyebabkan bercak mati atau pembusukan pada daun atau buah di lokasi infeksi awal (Abadi dkk., 2023).

Sebaliknya, gejala sistemik terjadi ketika patogen menyebar dari titik infeksi ke seluruh bagian tanaman melalui jaringan pembuluh seperti floem dan xilem. Gejala seperti ini umum ditemukan pada infeksi virus (Ingwell *et al.*, 2012). Misalnya, virus dari kelompok *Cucumovirus* dapat menyebar luas dalam tubuh tanaman dan menyebabkan daun bermosaik, klorosis (daun menguning secara menyeluruh), serta pertumbuhan tanaman yang terhambat (Mauck *et al.*, 2010; Ingwell *et al.*, 2012). Pada kasus infeksi oleh fitoplasma yang ditularkan serangga, gejalanya bisa berupa tanaman kerdil, bunga berubah menjadi daun (*phylloidy*), dan menguning yang menyebar ke seluruh tanaman menunjukkan bahwa patogen sudah menyebar lewat sistem transportasi dalam tanaman (Jiang *et al.*, 2020).

Kedua jenis gejala ini muncul sebagai hasil dari interaksi rumit antara patogen dan sistem pertahanan tanaman. Ada patogen yang mampu melemahkan atau

bahkan menghindari respons imun tanaman, sehingga gejala sistemik bisa menjadi lebih parah (Duan *et al.*, 2013; Rodríguez-Moreno *et al.*, 2018). Karena itu, membedakan jenis gejala ini penting, bukan hanya untuk mengenali penyakit, tapi juga untuk memahami bagaimana patogen menginfeksi dan menyebar dalam tubuh tanaman.

2.5 Entomologi Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*)

2.5.1 Morfologi Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*)

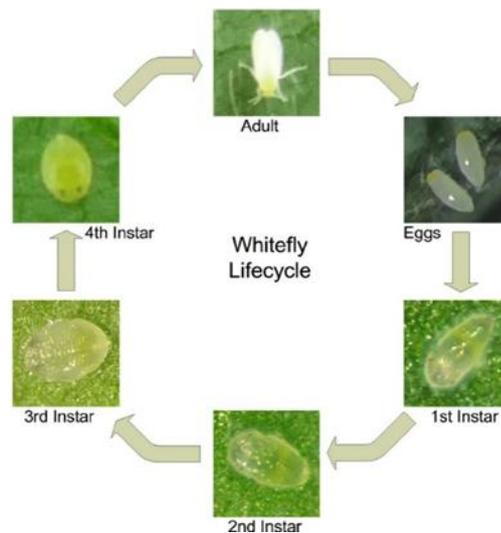
Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) merupakan kelompok serangga yang berukuran 1–2 mm dengan tubuh dan sayap yang dilapisi lilin putih sehingga tampak seperti berdebu (Gambar 2.6), serta kebiasaannya berkumpul di permukaan bawah daun untuk mengisap cairan sel tanaman dengan alat mulut penusuk-pengisap. Kutu ini tergolong dalam keluarga *Aleyrodidae* dengan karakteristik khusus berupa lapisan lilin putih dan kebiasaan menempel di bawah daun (Sudiono & Yasin, 2006). Sementara itu, mulut penusuk-pengisapnya menjadi karakteristik ordo *Hemiptera* (Purnamasari & Khairi, 2024). Kemampuan adaptasi dan kompleksitas genetiknya menyebabkan sulitnya pengendalian hama ini karena adanya variasi biotipe dengan perilaku dan virulensi yang berbeda. Hal ini menjadikan *Bemisia tabaci* merugikan tidak hanya secara langsung dengan mengisap cairan tanaman, tetapi juga secara tidak langsung sebagai vektor utama berbagai virus tanaman (Duan *et al.*, 2013).



Gambar 2. 6. Morfologi kutu kebul (Sudiono & Yasin, 2006).

2.5.2 Siklus Hidup dan Perilaku Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*)

Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) memiliki proses metamorfosis tidak sempurna. Siklus hidup kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Gambar 2.7) menurut Barbedo (2014) dimulai dari telur yang diletakkan di permukaan bawah daun oleh induknya, kemudian menetas menjadi nimfa yang mengalami empat instar sebelum memasuki fase pupa, hingga akhirnya menjadi serangga dewasa bersayap. Seluruh siklus hidup ini berlangsung selama $\pm 2-4$ minggu. Suhu dan kelembapan lingkungan turut menjadi kecepatan dan kapasitas reproduksi. Apabila lingkungan mendukung, maka kapasitas reproduksi akan tinggi dan memungkinkan populasi *B. tabaci* berkembang pesat, menjadikannya vektor yang sangat berdampak signifikan terhadap sektor hortikultura.



Gambar 2. 7. Siklus hidup kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Barbedo, 2014).

Perilaku makan *B. tabaci* adalah serangga penghisap floem terutama terhadap jaringan muda tanaman. Serangga ini aktif pada suhu hangat dan ditemukan di bagian bawah daun. Serangga ini sangat efektif sebagai vektor karena mampu memanipulasi metabolisme tanaman inang dan mendukung replikasi virus di tubuhnya dalam kasus penularan propagatif. Interaksi mutualistik ini memfasilitasi penyebaran cepat virus seperti TYLCV dan virus lain yang mampu dibawanya (Mauck *et al.*, 2010).

2.5.3 Peran Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*)

Virus keriting kuning cabai, yang umumnya disebabkan oleh *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) atau virus sejenis dari kelompok Begomovirus, ditularkan oleh kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Penularan ini terjadi melalui mekanisme *persistent-circulative*. Dalam mekanisme ini, virus tidak hanya menempel di alat mulut serangga, tetapi harus melalui proses akuisisi, perjalanan di dalam tubuh serangga, dan akhirnya ekskresi melalui kelenjar ludah selama makan di tanaman baru (Rosen *et al.*, 2015).

Proses penularan dimulai ketika kutu kebul (*Bemisia tabaci*) menghisap floem dari tanaman cabai yang telah terinfeksi virus. Virus masuk ke usus tengah serangga, kemudian melewati membran usus ke dalam hemolimfa, dan selanjutnya bergerak ke kelenjar ludah. Kutu kebul mampu mengakuisisi virus dari tanaman inang atau waktu yang dibutuhkan virus untuk mencapai kelenjar ludah, biasanya sekitar 8–48 jam tergantung kondisi lingkungan (Balvas *et al.*, 2007). Setelah virus berada di kelenjar ludah, kutu kebul siap menularkannya ke tanaman sehat saat menghisap cairan floem berikutnya.

Berbeda dengan penularan *non-persistent* yang bersifat cepat dan tidak stabil, mekanisme *persistent-circulative* memungkinkan kutu kebul menjadi vektor jangka panjang, bahkan setelah berpindah ke beberapa tanaman. Hal ini menjadikan pengendalian penyakit keriting kuning menjadi lebih kompleks. Virus tidak diturunkan ke keturunannya (*non-transovarial*), tetapi satu individu kutu kebul yang telah terinfeksi dapat menyebarkan virus sepanjang sisa hidupnya, menjadikan vektor ini sangat efisien dalam epidemi penyakit pada tanaman cabai (Mauck *et al.*, 2010; Duan *et al.*, 2013).

2.6 Pemuliaan Tanaman Melalui Induksi Mutasi

2.6.1 Mutasi Secara Umum

Bentuk-bentuk mutasi menurut Irawan (2019) secara umum diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu mutasi gen dan mutasi kromosom. Mutasi gen melibatkan perubahan pada satu atau beberapa basa nitrogen dalam urutan DNA dan sering disebut juga mutasi titik (*point mutation*). Contohnya termasuk transisi, di mana satu purin ($A \leftrightarrow G$) atau pirimidin ($C \leftrightarrow T$) berubah menjadi purin atau

pirimidin lain, serta transversi, yaitu perubahan antara purin dan pirimidin. Mutasi titik ini bersifat spesifik dan sering kali tidak menyebabkan gangguan besar pada struktur kromosom, sehingga menjadi target utama dalam pemuliaan berbasis mutasi (Ashar, dkk. 2024).

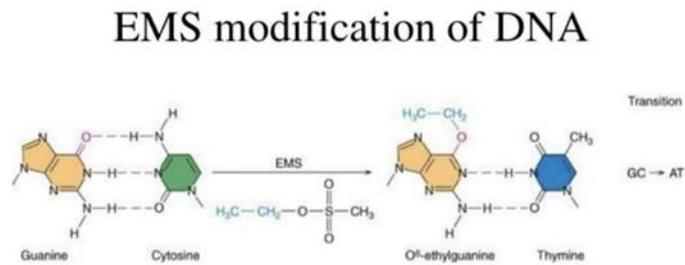
Mutasi kromosom melibatkan perubahan besar dalam struktur atau jumlah kromosom, seperti delesi (penghilangan bagian kromosom), duplikasi, inversi, atau translokasi (Irwan, 2019). Jenis mutasi ini bisa berdampak luas pada ekspresi gen dan fungsi fisiologis tanaman. Dalam praktik pemuliaan, mutasi yang diinduksi dengan bahan kimia seperti *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) cenderung menghasilkan mutasi titik yang bersifat stabil, terutama transisi basa A ke G atau C ke T melalui mekanisme alkilasi DNA (Berenschot *et al.*, 2008). Pendekatan ini memudahkan penciptaan variasi genetik tanpa menyebabkan kerusakan struktural besar pada genom, sehingga lebih disukai dalam pengembangan kultivar unggul.

2.6.2 Induksi Mutasi *Etil Metanasulfonat* (EMS) dalam Pemuliaan Tanaman

Ethyl Methanesulfonate (EMS) menjadi salah satu mutagen kimia yang paling banyak digunakan dalam pemuliaan tanaman karena efisiensinya dalam menghasilkan mutasi yang spesifik, stabil, dan bersifat heritable. Salah satu keunggulan utama EMS adalah kemampuannya untuk menginduksi mutasi titik tanpa menyebabkan kerusakan besar pada struktur kromosom (Irwan, 2019). Hal ini menjadikannya sangat berperan dalam pendekatan mutagenesis maju (*forward genetics*). Adapun mutasi acak digunakan untuk mengungkapkan fungsi gen dengan mengamati perubahan fenotip (Berenschot *et al.*, 2008).

Ethyl Methanesulfonate (EMS) merupakan mutagen kimia yang mampu menghasilkan mutasi titik secara efisien dan stabil tanpa merusak keseluruhan struktur kromosom (Berenschot *et al.*, 2008). EMS bekerja dengan cara mengalkilasi basa nitrogen pada DNA, terutama di posisi oksigen dan nitrogen dari guanin dan adenin. Mekanisme ini menyebabkan kesalahan dalam pemadanan basa selama replikasi DNA, yang paling umum berupa transisi A→G atau C→T. Karena mutasi ini terjadi di tingkat nukleotida tunggal dan tidak mengubah struktur kromosom secara besar-besaran, EMS memungkinkan pembentukan variasi genetik baru tanpa mengganggu kestabilan genom tanaman secara keseluruhan

(Manzila, *et al.*, 2015). Dengan tingkat efisiensi tinggi dan risiko kerusakan minimal, EMS telah menjadi salah satu mutagen yang paling banyak digunakan dalam pemuliaan tanaman berbasis mutasi.



Gambar 2. 8. Mekanisme induksi mutasi EMS

Perlakuan EMS pada tanaman menghasilkan berbagai efek genetik yang bersifat stabil dan diturunkan ke generasi berikutnya. Efek utama dari EMS adalah terjadinya mutasi titik, terutama transisi basa yang mengubah pasangan A-T menjadi G-C dan sebaliknya. Mutasi ini bisa menyebabkan perubahan kodon dalam gen yang berakibat pada sintesis protein yang berbeda, terjadinya kodon stop prematur, atau hilangnya fungsi suatu gen (Berenschot *et al.*, 2008). Karena mutasi ini terjadi secara acak di seluruh genom, hasilnya sangat beragam dan dapat dimanfaatkan untuk menemukan alel baru yang mengatur sifat-sifat penting dalam tanaman.

Secara fenotipik, tanaman hasil mutagenesis EMS dapat menunjukkan berbagai variasi yang mencolok maupun halus, tergantung lokasi dan dampak mutasi pada ekspresi gen. Fenotip yang sering diamati mencakup perubahan tinggi tanaman, morfologi daun, warna bunga, ukuran buah, dan waktu berbunga. Dalam beberapa studi, perlakuan EMS telah berhasil menghasilkan tanaman dengan ketahanan terhadap penyakit, toleransi terhadap cekaman abiotik, dan peningkatan efisiensi fotosintesis atau produktivitas (Manzila, *et al.*, 2015). Namun demikian, beberapa mutasi juga dapat bersifat merugikan, misalnya menyebabkan tanaman kerdil, steril, atau tidak mampu berkecambah dengan baik. Oleh karena itu, seleksi lanjutan pasca-mutagenesis menjadi tahap penting dalam pemuliaan berbasis EMS

2.7 Penilaian Penyakit pada Tanaman

2.7.1 Masa Inkubasi Virus

Masa inkubasi merupakan rentang waktu ketika virus masuk ke tumbuhan hingga munculnya gejala penyakit yang tampak (Yuan *et al.*, 2018). Rentang waktu inkubasi secara signifikan dipengaruhi oleh jenis virus, tumbuhan inang, kondisi lingkungan, dan metode inokulasi. Virus yang menyebar secara sistemik, seperti *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), umumnya memiliki masa inkubasi antara beberapa hari hingga dua minggu (Mauck *et al.*, 2010; Ingwell *et al.*, 2012). Selama kurun waktu ini, virus bergerak melalui jaringan floem dan menyebar ke bagian tanaman lain sebelum memunculkan gejala seperti daun menguning (klorosis), mosaik, atau keriting.

Masa inkubasi juga menjadi indikator penting dalam menilai ketahanan tanaman terhadap infeksi virus. Tumbuhan yang menunjukkan masa inkubasi lebih lama, atau bahkan tidak memperlihatkan gejala sama sekali setelah terinfeksi dalam penelitian Ratnasari (2015) umumnya dianggap memiliki resistensi atau toleransi terhadap virus. Hal ini berkaitan dengan kemampuan tumbuhan dalam menghambat replikasi atau penyebaran virus, atau menunda munculnya gejala meskipun virus sudah ada di dalam jaringan tumbuhan (Duan *et al.*, 2013). Oleh karena itu, masa inkubasi dapat dimanfaatkan sebagai parameter kuantitatif dalam proses seleksi galur tumbuhan yang tahan terhadap virus.

Dalam evaluasi ketahanan, penilaian masa inkubasi biasanya dilakukan bersamaan dengan observasi gejala visual dan pengukuran lain, seperti tingkat keparahan penyakit atau jumlah virus dalam jaringan melalui metode molekuler. Pada sistem penularan yang melibatkan vektor serangga, misalnya *Bemisia tabaci* sebagai pembawa TYLCV masa inkubasi juga dipengaruhi oleh efisiensi vektor dalam menyebarkan virus dari titik awal infeksi ke jaringan sasaran (Mauck *et al.*, 2010). Dengan demikian, pemahaman tentang masa inkubasi tidak hanya bermanfaat dalam mendiagnosis penyakit, tetapi juga sangat penting dalam program pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas yang tahan terhadap virus.

2.7.2 Insidensi Penyakit (*Disease Incidence, DI*)

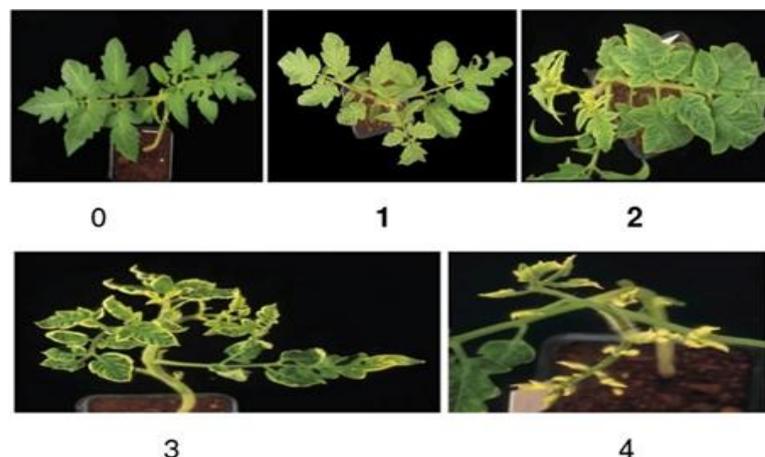
Insidensi penyakit adalah persentasi tanaman yang sakit dari total keseluruhan populasi yang diamati. Misalnya, jika terdapat 20 tanaman sakit dari 100 populasi maka insidensi penyakitnya 20%. Tanaman uji akan diamati tiap interval waktu tergantung seberapa cepat periode munculnya gejala, seperti dalam hitungan jam, hari, maupun per minggu. Namun, setidaknya minimal dalam jangka waktu satu bulan untuk memastikan insidensi dari keseluruhan populasi (Gunaeni & Purwati, 2013). Insidensi Penyakit dihitung dengan rumus:

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

dengan IP = Insiden Penyakit; n = jumlah tumbuhan yang terinfeksi; N = jumlah seluruh tumbuhan.

2.7.3 Keparahan Penyakit (*Disease Severity, DS*)

Keparahan penyakit menggambarkan tingkat kerusakan pada setiap tanaman yang terinfeksi. Keparahan penyakit dinilai menggunakan skala visual, seperti skala 0–5 atau 0–9, berdasarkan luas gejala yang muncul. Skala tersebut dapat disesuaikan tergantung dengan jenis gejala dan patogen yang menyerang (Osei *et al.*, 2012). Rentang waktu untuk pengamatan keparahan penyakit dapat dilakukan setidaknya minimal satu bulan untuk optimalnya tanaman sakit memunculkan gejala (Gunaeni & Purwati, 2013).



Gambar 2. 9. Skala keparahan gejala TYLCV pada Tomat (*Solanum lycopersicum*). 0 - Tidak ada gejala, 1 - Menguning sedikit

(gejala ringan); 2 - Daun melengkung dan menguning (gejala sedang); 3 - Menguning, melengkung dan cekung (gejala berat); 4 - Terhambat pertumbuhan (Osei, *et al.*, 2012).

2.7.4 Luas Area di Bawah Kurva Perkembangan Penyakit (*Area Under Disease Progress Curve, AUDPC*)

Untuk mengintegrasikan data perkembangan penyakit dari waktu ke waktu, digunakan metode AUDPC (*Area Under the Disease Progress Curve*). Nilai AUDPC dihitung dari data keparahan penyakit pada beberapa waktu pengamatan menggunakan rumus trapezoidal:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Rumus y_i dan y_{i+1} adalah nilai keparahan penyakit dari waktu ke- i dan ke- $(i+1)$, sedangkan $t_{i+1}-t_i$ adalah selang waktu antar pengamatan. Nilai AUDPC yang tinggi menunjukkan perkembangan penyakit yang cepat dan parah. Sementara itu, nilai yang rendah menunjukkan ketahanan atau infeksi ringan yang berlangsung lambat (Bufford *et al.*, 2016). Oleh karena itu, AUDPC menjadi alat statistik yang penting dalam membandingkan efektivitas perlakuan ketahanan varietas atau strategi pengendalian penyakit dalam eksperimen tanaman.

Interpretasi AUDPC juga dapat digunakan sebagai pengklasifikasian tanaman ke dalam kategori resisten, toleran, atau rentan. Misalnya, terdapat dua varietas cabai yang memiliki insidensi yang sama, total skor keparahan penyakit dan nilai AUDPC dapat menunjukkan nilai yang berbeda. Hal ini dapat diakibatkan oleh stabilitas ketahanan cabai yang terinfeksi oleh virus (Mauck *et al.*, 2010; Duan *et al.*, 2013).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pengumpulan data observasi eksperimental, bertujuan untuk mengevaluasi respon ketahanan beberapa galur Mutan 4 (M4) terhadap *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) dengan variabel yang diamati meliputi rentang waktu masa inkubasi, insiden penyakit (*Disease Incidence*), keparahan penyakit (*Disease Severity*), dan perhitungan *Area Under Disease Progress Curve* (AUDPC). Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), perlakuan meliputi 13 galur M4 *Capsicum annuum* dan satu varietas kontrol rentan (Susan Joy), dan satu kontrol tahan yaitu Cek R5 yang masing-masing ditanam pada 4 petak percobaan per ulangan, dengan 5 tanaman per petak.

Tabel 3. 1 Rancangan penelitian Acak Lengkap Galur M4 dan Susan Joy

Perlakuan (Galur/varietas)	Jumlah Tanaman			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
CB 99938	5	5	5	5
CB 99939	5	5	5	5
CB 100908	5	5	5	5
CB 100912	5	5	5	5
CB 100918	5	5	5	5
CB 101041	5	5	5	5
CB 101042	5	5	5	5
CB 101043	5	5	5	5
CB 101044	5	5	5	5
CB 101045	5	5	5	5
CB 101046	5	5	5	5
CB 101047	5	5	5	5
CB101048	5	5	5	5
Susan Joy	5	5	5	5
Cek R5	5	5	5	5

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2024 hingga Juni 2025 yang bertempat di Rumah Kaca Kabupaten Wanayasa dan Laboratorium Genomik Badan Riset dan Inovasi Nasional Cibinong.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu tray semai, polybag (diameter \pm 2025 cm), alat semprot, cetok, alat tulis dan label set, kuas halus, sarung tangan, pinset, kantong plastik, kain kelambu, kurungan, kamera/ponsel untuk dokumentasi gejala, meteran, semprotan serangga/alat aspirator.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu benih cabai merah (*Capsicum annuum*) M4 hasil perlakuan *Ethyl Methanesulfonate* (EMS) (Tabel 3.2), benih cabai merah (*Capsicum annuum*) varietas Susan Joy, benih cabai Cek R5, media tanam berupa tanah, kompos, arang sekam (1:1:1), air bersih, fungisida dengan kandungan propamocarb hydrochloride, tumbuhan terinfeksi sebagai sumber inokulum *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLV), populasi serangga vektor kutu kebul (*Bemisa tabaci*), dan alkohol 70% untuk sterilisasi alat.

Tabel 3. 2 Sumber benih tanaman uji cabai (*Capsicum annuum*) M4

Nama	Nama Galur	Induk	Silsilah
CB 99938	Bahan DHBC-245271 M4 BRIN	DHBC-245271-0	DHBC-245271-0
CB 99939	Bahan DHBC-245272 M4 BRIN	DHBC-245272-0	DHBC-245272-0
CB 100908	Bahan DHCB-245473 M4 BRIN	DHCB-245473-0	DHCB-245473-0
CB 100912	Bahan DHCB-245464 M4 BRIN	DHCB-245464-0	DHCB-245464-0
CB 100918	Bahan DHCB-245442 M4 BRIN	DHCB-245442-0	DHCB-245442-0
CB 101041	Bahan DHCB-245350 M4 BRIN	DHCB-245350-0	DHCB-245350-0
CB 101042	Bahan DHCB-245352 M4 BRIN	DHCB-245352-0	DHCB-245352-0
CB 101043	Bahan DHCB-245354 M4 BRIN	DHCB-245354-0	DHCB-245354-0
CB 101044	Bahan DHCB-245356 M4 BRIN	DHCB-245356-0	DHCB-245356-0
CB 101045	Bahan DHCB-245358 M4 BRIN	DHCB-245358-0	DHCB-245358-0

CB 101046	Bahan DHCB-245360 M4 BRIN	DHCB-245360-0	DHCB-245360-0
CB 101047	Bahan DHCB-245406 M4 BRIN	DHCB-245406-0	DHCB-245406-0
CB 101048	Bahan DHCB-245443 M4 BRIN	DHCB-245443-0	DHCB-245443-0

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penyemaian Benih Tanaman Uji Cabai Merah (*Capsicum annuum*)

Benih cabai merah (*Capsicum annuum*) baik M4 maupun Susan Joy direndam dengan air hangat 52°C selama 30 menit, dilanjutkan direndam dalam air dan sedikit campuran fungisida berbahan aktif *propamocarb hydrochloride* selama ± 15 menit kemudian ditiriskan. Benih siap disemai pada tray semai yang telah diisi media tanaman (campuran tanah, kompos, dan arang sekam). Setiap lubang tanam diisi dengan satu benih, kemudian ditutup tipis dengan media dan disirami air. Tray semai diletakkan di tempat yang teduh namun tetap memiliki pencahayaan yang cukup. Penyiraman dilakukan 1–2 kali sehari sesuai kebutuhan selama ± tiga minggu.

Selama masa disemai, kelembapan media dijaga agar tidak terlalu kering maupun lembap/genang. Tumbuhan dipantau setiap hari dan kondisi bibit dicatat secara berkala. Bibit yang pertumbuhannya dipantau optimal, dipertahankan untuk tahap selanjutnya, sebab ketika masa disemai dan dipindah tanam tumbuhan cabai responsif terhadap cendawan rebah semai *Pythium* sp. (Prajnanta, 2011).

3.4.2 Pemandahan ke Polybag

Setelah bibit berusia empat minggu atau satu bulan, bibit akan dipindahkan ke pot per individunya. Daun sejati sebanyak 4–6 helai dijadikan indikator bibit siap dipindah (Prajnanta, 2011). Pot perlu disterilkan dengan alkohol 70%. Sementara itu, media tanam baru perlu disterilkan melalui penjemuran selama minimal tiga hari. Bibit cabai merah (*Capsicum annuum*) Mutan 4 (M4), kontrol rentan Susan Joy, dan kontrol tahan Cek R5 dipindahkan secara hati-hati untuk dihindari kerusakan akarnya. Pot berisi bibit diletakkan di rumah kaca, kemudian dirawat secara rutin termasuk diberi pupuk, disirami, diberi bilah bambu sebagai topangan, dan dilabeli identitas sampelnya.

3.4.3 Penyerbukan Buatan (*Self Pollination*)

Teknik penyerbukan buatan atau dapat disebut juga dengan *self pollination* penting dilakukan dalam penelitian pemuliaan berbasis mutasi, karena kemurnian genetik dapat dijaga dan mutasi dalam keadaan homozigot dapat dimungkinkan untuk muncul. Bunga yang masih kuncup dipilih sebagai kandidat untuk penyerbukan buatan karena kemungkinan mengalami penyerbukan silang secara alami dianggap sangat kecil. Selanjutnya, bunga kuncup dibersihkan dari serangga dan sumber serbuk sari luar, kemudian ditutup dengan kantong plastik bening agar penyerbukan silang dapat dihindari (Yang *et al.*, 2017). Bunga yang telah siap diserbukkan ditandai dengan kematangan anther. Pollen dari stamen diarahkan ke stigma dalam bunga yang sama dengan alat bantu kuas kecil dan pinset steril. Setelah proses tersebut selesai, bunga kembali ditutup guna dicegahnya kontaminasi silang (Ríos & Cascante-Marín, 2017).

3.4.4 Persiapan dan Inokulasi TYLCV

Tanaman cabai (*Capsicum annum*) terinfeksi virus TYLCV digunakan sebagai sumber inokulum untuk akuisisi virus oleh serangga vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) dibiarkan berada pada tumbuhan inokulum yang dikurungi dengan kerangka kurungan dan diselimuti kain kelambu selama 48 jam sebagai waktu optimal virus diakuisisi (Balvas *et al.*, 2007). Selanjutnya, kutu kebul (*Bemisia tabaci*) ditransmisikan ke setiap tumbuhan uji yang juga telah dikurungi dengan kerangka kurungan dan kain kelambu dan dibiarkan selama 48 jam. Setelah periode tersebut berakhir, kutu kebul (*Bemisia tabaci*) yang masih hidup, dihilangkan dengan semprotan serangga atau alat aspirator.

3.4.5 Pemantauan Gejala dan Skoring

3.4.5.1 Masa Inkubasi

Diamati dan diperiksa tumbuhan uji tiap minggunya secara berkala setelah virus diinokulasikan untuk dideteksi adanya gejala visualnya dan dicatat. Masa inkubasi ditentukan berdasarkan jumlah hari sejak waktu virus diinokulasikan hingga gejala pertama kali teramati pada masing-masing tumbuhan. Virus diinokulasikan ke tanaman uji oleh vektor kutu kebul pada tanggal 12 Desember 2024.

3.4.5.2 Keparahan Penyakit (*Disease Severity*)

Dilakukan pengamatan keparahan penyakit setelah 14 Hari Setelah Inokulasi (HSI) dan dilanjutkan setiap seminggu sekali selama minimal satu bulan (Gunaeni & Purwati, 2013). Dalam penelitian ini, dilakukan selama enam minggu pengamatan. Tiap tumbuhan uji diskoring dengan nilai dan ciri-ciri yang telah disetujui (Tabel 3.3) dan (Gambar 3.1). Selanjutnya, tingkat serangan penyakit dinilai dengan rumus berikut (Pardal, dkk., 2021):

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

dengan I= Intensitas gejala virus; N= Jumlah tanaman yang diamati; n=jumlah tanaman skor tertentu; V= Nilai skor keparahan tertentu; dan v = Nilai skor tertentu. Selanjutnya, hasil hitungan digolongkan ke dalam kelompok (Tabel 3.4).

Tabel 3. 3 Kriteria penilaian untuk menentukan skor keparahan penyakit (Pardal, dkk., 2021)

Skor	Gejala
0	Normal/sehat
1	Tulang daun dan helai daun sedikit menguning
2	Tulang daun dan helai daun sedikit menguning (mirip skor 1), daun sedikit menggulung
3	Tulang daun dan helai daun menguning, banyak daun yang menggulung
4	Tulang daun menguning, daun menguning, banyak daun yang menggulung, kerdil



Gambar 3. 1. Visualisasi skoring keparahan penyakit (Manzila, 2025).

Tabel 3. 4 Kriteria ketahanan tumbuhan terhadap infeksi Begomovirus (Taringgan dkk., 2023)

Skor	Gejala	Keparahan Penyakit (KP)
0	Tidak ada gejala/Resisten	0%
1	Ringan	$1\% < KP \leq 25\%$
2	Sedang	$25\% < KP \leq 50\%$
3	Berat	$50\% < KP \leq 75\%$
4	Sangat berat	$75\% < KP \leq 100\%$

3.4.5.3 Insiden Penyakit (Disease Incidence)

Insidensi Penyakit dihitung sebagai persentase tumbuhan yang menunjukkan gejala dibandingkan dengan total jumlah tumbuhan. Diamati tanaman tiap minggunya setidaknya minimal dalam jangka waktu satu bulan (Gunaeni & Purwati, 2013). Insidensi Penyakit dihitung dengan rumus:

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

dengan IP = Insiden Penyakit; n = jumlah tumbuhan yang terinfeksi; N = jumlah seluruh tumbuhan. Hal ini dilakukan pada tiap ulangan suatu galur M4 dan kontrol Susan Joy.

3.4.5.4 Perhitungan Area Under Disease Progress Curve (AUDPC)

Data Keparahan Penyakit atau *Disease Severity* dari waktu ke waktu perlu diintegrasikan dan dihitung dengan *Area Under Disease Progress Curve* (AUDPC) (Nuryanto et al., 2025). Nilai AUDPC dihitung dengan rumus trapezoidal:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Di mana Y_i dan Y_{i+1} merupakan nilai keparahan penyakit pada waktu ke-i dan ke-(i+1), sedangkan $t_{i+1} - t_i$ merupakan selang waktu antar pengamatan. Perkembangan penyakit yang cepat dan parah ditunjukkan oleh nilai AUDPC yang tinggi, sedangkan perkembangan penyakit yang lambat dan ringan ditunjukkan oleh nilai AUDPC yang rendah.

3.5 Analisis Data

Semua data variabel gejala penyakit yang diamati, meliputi masa inkubasi (sekali ukur; data kontinu), insidensi penyakit (mingguan), keparahan penyakit (mingguan), dan AUDPC (sekali hitung; data hasil keparahan) perlu dianalisis secara statistik lebih lanjut. Data masa inkubasi dan keparahan penyakit yang diperoleh, dianalisis secara statistik dengan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 22 untuk menguji perbedaan antar perlakuan (galur) melalui analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%. Asumsi normalitas dan homogenitas jarang dipenuhi pada data insidensi penyakit karena persebaran datanya, sehingga diuji dengan analisis nonparametrik Kruskal-Wallis untuk diketahui adanya perbedaan antar perlakuan (Galur) dan uji Wilcoxon untuk dilihat perkembangan tiap minggu pengamatannya. Selanjutnya, dilakukan uji korelasi antara masa inkubasi dengan insidensi penyakit dan data hasil keparahan penyakit yang dihitung nilai perkembangannya dengan rumus AUDPC.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variasi Masa Inkubasi dan Nilai Insidensi

Hasil analisis masa inkubasi antar galur Mutan 4 (Tabel 4.1) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata masa inkubasi antar semua galur. Hal ini didasarkan kepada hasil uji ANOVA yang menunjukkan nilai $F = 4,019$ dengan signifikansi $p = 0,000 (< 0,05)$. Galur atau dengan masa inkubasi pendek (cepat memunculkan gejala) dimiliki oleh CB 100912 (19,25 HSI) hingga CB 101048 (28 HSI). Galur dengan masa inkubasi yang tergolong menengah dimiliki oleh CB 101041 (31,50 HSI) dan CB 101046 (33,25 HSI). Sementara itu, galur dengan masa inkubasi lama (lambat muncul) dimiliki oleh CB 99939 (45,50 HSI), CB 101046 (33,25 HSI) yang dapat dipertimbangkan, dan tidak munculnya gejala pada CB 99938.

Tabel 4. 1 Masa Inkubasi Galur M4, Suson Joy, dan Cek R5

Nama Galur	N	Masa Inkubasi (HSI) \pm SD
CB 100912	4	19,25 \pm 6,7 a
CB 101042	4	21,00 \pm 8,0 a
Susan Joy	4	21,00 \pm 8,0 a
CB 100918	4	22,75 \pm 6,7 a
CB 101043	4	22,75 \pm 10,5 a
CB 101045	4	22,75 \pm 8,8 a
CB 101044	4	26,25 \pm 8,8 a
CB 100908	4	28,00 \pm 17,1 a
CB 101047	4	28,00 \pm 5,7 a
CB 101048	4	28,00 \pm 5,7 a
CB 101041	4	31,50 \pm 14,6 ab
CB 101046	4	33,25 \pm 3,5 b
CB 99939	4	45,50 \pm 7,0 c
CB 99938	4	0 \pm 0,0 c
Cek R5	4	0 \pm 0,0 c

Keterangan: N= Jumlah ulangan; HSI= Hari Setelah Inokulasi; SD= Standar Deviasi; Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 0,05$; data diurutkan berdasarkan data mean masa inkubasi terpendek hingga terpanjang.

Masa inkubasi pada tanaman uji galur-galur M4 akibat infeksi Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) menunjukkan respon yang beragam. Masa inkubasi merupakan periode waktu antara hari dilakukannya inokulasi virus melalui vektor kutu kebul (*Bemisia tabaci*) hingga tanaman uji menunjukkan gejala sakit (Sulandari, dkk., 2006). Dalam penelitian ini, penilaian penyakit awal berupa tulang maupun helai daun yang mulai menguning hingga tanaman uji mengalami pengkerdilan pada gejala parahnya. Gejala muncul saat virus berhasil mereplikasi diri dan menyebar ke seluruh tubuh tanaman melalui jaringan vaskular (Ingwell *et al.*, 2012). Penentuan masa inkubasi dipengaruhi oleh tingkat ketahanan tanaman. Galur atau aksesori dengan rentang masa inkubasi paling panjang dan tidak menunjukkan gejala diindikasikan tergolong tanaman uji yang resisten atau kondisi laten terhadap infeksi TYLCV (Duan *et al.*, 2013).

Masa inkubasi normal terhadap virus gemini umumnya 7–14 HSI. Masa inkubasi yang teramati pada tanaman uji diperoleh periode terpendek adalah CB 100912 (19,25 HSI) dan rata-rata pada galur lainnya kemunculan dimulai \pm 21 HSI ke atas. Dari data tersebut, dapat diperoleh kesimpulan bahwa Cabai (*Capsicum annuum*) galur Mutan 4 diperoleh melalui hasil induksi mutasi dengan EMS ini menunjukkan potensi toleran terhadap infeksi TYLCV. Induksi mutasi kimia dengan *Etil metanosulfonat* (EMS) memungkinkan terjadinya perubahan urutan DNA secara acak, yang dapat menghasilkan variasi baru dalam ekspresi ketahanan terhadap TYLCV.

Insidensi Penyakit antar galur Mutan 4 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sementara itu, apabila ditinjau dari tiap HSI atau tiap minggu pengamatan (Tabel 4.2) diperoleh bahwa Insidensi Penyakit pada beberapa cabai (*Capsicum annuum*) galur Mutan 4 dan kontrol Susan Joy (AVPP9905) mengalami peningkatan dari waktu ke waktu dengan peningkatan tertinggi pada (Tabel 4.2). Peningkatan tertinggi terjadi di 28 HSI–35 HSI yaitu sebanyak 35 tanaman uji memunculkan gejala akibat infeksi TYLCV.

Tabel 4. 2 Perubahan Insidensi Penyakit antara minggu pengamatan

Interval Pengamatan (HSI)	Jumlah Tanaman Bergejala	Z Value	Keterangan
14 HSI–21 HSI	7b	-2,530	Cukup meningkat
21 HSI–28 HSI	22a	-4,350	Sangat meningkat
28 HSI–35 HSI	35a	-5,321	Sangat meningkat
35 HSI–42 HSI	13b	-3,419	Cukup meningkat
42 HSI–49 HSI	8b	-2,828	Cukup meningkat

Keterangan: HSI= Hari Setelah Inokulasi

Peningkatan Insidensi Penyakit secara bertahap ini menunjukkan dinamika penyebaran TYLCV yang aktif. Peningkatan insidensi seiring waktu biasanya dipengaruhi oleh tingkat keberhasilan infeksi dan kecepatan replikasi virus dalam jaringan tanaman dan keberadaan vektor patogen. Peningkatan insidensi dikaitkan dengan masa inkubasi virus yang sudah selesai, memungkinkan virus mereplikasi diri dan tanaman memunculkan gejala secara yang dapat terdeteksi secara visual (Ramdan & Risnawati, 2019).

Adapun hubungan antara masa inkubasi dan insidensi penyakit dalam penelitian ini adalah berhubungan secara signifikan dengan $p = 0,000 (< 0,05)$ dan korelasi negatif yang kuat. Masa inkubasi pendek menunjukkan insidensi penyakit yang tinggi, sedangkan masa inkubasi panjang berpotensi memiliki ketahanan yang baik atau insidensi penyakit rendah. Hal ini dapat menjadi data pendukung dalam program pemuliaan tanaman (Hamdayanty & Damayanti, 2014; Leiwakabessy, dkk., 2024).

4.2 Keparahan dan Perkembangan Penyakit

Perkembangan Keparahan Penyakit tiap galur pada 14 HSI–21 HSI tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Perkembangan Keparahan Penyakit mulai terlihat signifikan pada 28 HSI– 49 HSI. Aksesori paling resisten tanpa terdapat gejala dan bergejala ringan terdiri dari CB 99938 dan CB 99939. Galur dengan tingkat paling parah dimiliki oleh AVPP9955 atau Susan Joy, sebagai kontrol rentan yang tidak dimutasi dengan EMS. Aksesori CB 101046, CB 100918, dan CB 101041 menunjukkan ketahanan sedang (notasi bc-de).

Integrasi nilai AUDPC juga menunjukkan nilai perkembangan penyakit dari periode waktu ke waktu tiap aksesori Mutan 4. Perkembangan keparahan penyakit terendah dimiliki oleh CB 99938 dan CB 99939. Nilai perkembangan keparahan penyakit dimiliki CB 101046, CB 101044, dan CB 101043. Sementara itu, nilai Perkembangan penyakit paling tinggi adalah AVPP9955 atau Susan Joy. Data keparahan penyakit belum tentu memiliki nilai AUDPC yang konstan. Aksesori dengan nilai AUDPC rendah mengindikasikan perkembangan penyakit yang lambat. Sebaliknya, aksesori dengan AUDPC tinggi menunjukkan kerentanan yang menyebabkan kerusakan parah secara bertahap.

Tabel 4. 3 Keparahan Penyakit dan nilai AUDPC tanaman uji

Nama Galur	Keparahan Penyakit (%) ...Hari Setelah Inokulasi						AUDPC	Keterangan
	14	21	28	35	42	49		
CB 100908	3,8	5	12,5 fg	27,5 f	37,5 gh	43,8 ij	148,75	Sedang
CB 100912	2,5	5	11,3 ef	30 fg	45 hi	53,8 kl	167,13	Berat
CB 100918	1,3	2,5	8,8 e	21,3 de	28,8 cd	31,3 cd	108,50	Sedang
CB 101041	3,8	3,8	6,3 cd	20 cd	28,8 cd	32,5 de	102,40	Sedang
CB 101042	2,5	2,5	8,8 e	22,5 e	22,5 bc	37,5 gh	106,80	Sedang
CB 101043	1,3	2,5	6,3 bc	20 ab	36,3 fg	45 jk	93,63	Sedang
CB 101044	1,3	1,3	6,3 cd	20 cd	35 ef	40 hi	91,88	Sedang
CB 101045	1,3	3,8	7,5 de	22,5 e	31,8 de	33,8 ef	117,30	Sedang
CB 101046	0	0	1,3 ab	18,8	22,5 bc	30 bc	80,50	Sedang
CB 101047	0	2,5	8,8 e	30 fg	36,3 fg	36,3 fg	133,90	Sedang
CB 101048	2,5	2,5	8,8 e	18,8	28,3 cd	33,8 ef	107,63	Sedang
CB 99938	0	0	0 a	0 a	0 a	0 a	0	Resisten
CB 99939	0	0	0 a	2,5 ab	2,5 ^{ab}	6,3 ab	11,375	Ringan
Susan Joy	3,8	3,8	16,3 g	40 g	58,8 i	62,5 l	203,88	Berat
Cek R 5	0	0	0	0a	0a	0a	0	Resisten

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf α 5%.

Keparahan Penyakit (*Disease Severity*) menjadi indikator penting dalam fitopatologi yang menunjukkan sejauh mana jaringan tanaman telah terinfeksi dan

rusak akibat patogen (Osei et al., 2012). Di lapang, nilai keparahan penyakit digunakan sebagai indeks kemampuan tanaman untuk membatasi penyebaran yang sistemik akibat infeksi TYLCV. Dalam penelitian ini, Mutan 4 menunjukkan perkembangan yang dapat diamati secara signifikan pada 28 HSI. Hal ini mengindikasikan bahwa cabai merah (*Capsicum annuum*) Mutan 4 memiliki kemampuan fisiologis maupun genetik yang dapat menunda perkembangan penyakit akibat infeksi TYLCV.

AUDPC menunjukkan akumulasi kerusakan yang dialami tanaman dari awal hingga akhir pengamatan dan relevan dalam menilai dampak jangka panjang infeksi TYLCV. Aksesori yang menunjukkan nilai yang rendah, secara fisiologis dapat disebabkan oleh respon ketahanan tubuh tanaman yang baik. Sebaliknya, aksesori dengan nilai AUDPC tinggi menunjukkan ketahanan tubuh tanaman yang buruk (Nuryanto et al., 2025), terlebih lagi infeksi TYLCV menyebabkan gejala yang bersifat sistemik. Aksesori yang memiliki nilai AUDPC rendah lebih stabil ketahanannya dan berpotensi menjadi kandidat varietas toleran atau bahkan resisten terhadap infeksi TYLCV.

Infeksi virus TYLCV pada tanaman cabai (*Capsicum annuum*) menyebabkan perubahan signifikan secara morfoagronomis. Tanaman yang terinfeksi menunjukkan gejala khas seperti daun yang mengecil dan menggulung ke atas, perubahan warna daun menjadi kuning (klorosis), pertumbuhan kerdil, hingga penurunan jumlah dan ukuran buah secara drastis. Dalam kondisi infeksi berat, bahkan dapat terjadi kegagalan pembungaan dan pembuahan. Perubahan morfologis ini berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas tanaman dan efisiensi fisiologis seperti fotosintesis dan pertumbuhan generatif (Osei et al., 2012; Taufik et al., 2024).

Secara anatomi, jaringan daun tanaman cabai yang terinfeksi TYLCV mengalami kerusakan struktural bertingkat sesuai tingkat keparahan gejala. Pada gejala ringan, sel epidermis tampak mengerut dan palisade menyusun dua lapis dengan bentuk oval dan pendek. Trikoma kelenjar cenderung bertambah jumlahnya dibanding daun sehat. Pada gejala sedang, dinding sel epidermis tampak menonjol, lapisan palisade lebih renggang dan bentuk sel memendek. Sementara pada gejala berat, jaringan epidermis mengalami penipisan ekstrem bahkan nekrosis, sel

palisade menjadi rapat, tidak teratur, atau isodiametrik, serta permukaan daun tampak bergelombang akibat tonjolan dan cekungan. Perubahan anatomi ini menunjukkan disrupsi fisiologis tanaman akibat infeksi sistemik yang menyerang hingga jaringan pengangkut (floem) serta mengganggu fotosintesis dan metabolisme sel (Taufik *et al.*, 2024)

4.3 Evaluasi Perkembangan Penyakit Tanaman Cabai dalam Perspektif Islam

Konsep penyembuhan dalam Islam tidak hanya terbatas pada dimensi fisik, melainkan juga mencakup dimensi spiritual dan ketauhidan. Al-Qur'an menekankan bahwa segala bentuk penyakit maupun kesembuhannya berada dalam kuasa Allah Swt., meskipun manusia tetap diperintahkan untuk berikhtiar melalui ilmu pengetahuan dan pengobatan. Pandangan ini juga relevan dalam konteks biologi tanaman, khususnya dalam bidang fitopatologi, di mana penyakit yang menyerang tanaman, baik yang disebabkan oleh virus, jamur, atau bakteri memerlukan pengamatan, deteksi, dan perlakuan ilmiah (Semangun, 2014). Namun demikian, ayat-ayat Al-Qur'an mengingatkan bahwa hasil akhir dari upaya tersebut bergantung pada kehendak dan izin Allah. Hal ini ditegaskan dalam pengakuan Nabi Ibrahim a.s. yang terkandung dalam Qur'an Surah Asy-Syu'ara [26]: 80 yang berbunyi:

{ وَإِذَا مَرَضْتُ فَبُهِرْتُ بِشَيْءٍ } ٨٠

Artinya: “Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkanku.” (QS: Asy-Syu'ara [26]: 80)

Tafsir surah Asy-Syu'ara ayat 80 menurut Shihab (2002) menjelaskan bahwa ayat ini sama sekali tidak mengingkari urgensi *ikhtiar* atau usaha manusia. Sebaliknya, ayat ini mengajarkan sikap mental yang sehat dalam menghadapi musibah penyakit, yaitu berusaha semaksimal mungkin secara ilmiah mencari pengobatan atau melakukan tindakan pencegahan. Namun di saat yang sama, tetap bersandar sepenuhnya kepada Allah sebagai penentu akhir kesembuhan. Penggalan kalimat *وَإِذَا مَرَضْتُ* yang berarti "Dan apabila aku sakit" menunjukkan bahwa sakit merupakan keniscayaan yang mungkin terjadi, dan kalimat *فَبُهِرْتُ بِشَيْءٍ* berarti "maka

Dialah (Allah) yang menyembuhkanku" secara tegas menunjuk kepada kekuasaan mutlak Allah dalam memberikan kesembuhan. Sementara itu, menurut Katsir (2003) menjelaskan bahwa pernyataan Nabi Ibrahim a.s. ini merupakan manifestasi kerendahan hati beliau, mengakui bahwa segala bentuk kesembuhan, baik melalui perantara pengobatan maupun tidak, merupakan hak prerogatif Allah semata. Hal ini menanamkan keyakinan bahwa tidak ada daya dan upaya penyembuhan yang efektif tanpa izin dan kehendak-Nya.

Dalam konteks pertanian, ayat ini memberikan perspektif teologis yang mendalam mengenai pengendalian penyakit tanaman. Meskipun manusia, sebagai pelaku pertanian, berupaya keras mengendalikan penyakit tanaman melalui berbagai pendekatan ilmiah seperti penyemprotan fungisida, pengamatan gejala, atau program pemuliaan untuk menghasilkan varietas yang tahan, keberhasilan penyembuhan dan keberlanjutan produktivitas tanaman pada akhirnya tetap bergantung pada izin, rahmat, dan kehendak Allah Swt. sebagai penyembuh sejati. Ini mengajarkan pentingnya keseimbangan antara ikhtiar ilmiah dan tawakal spiritual dalam setiap aspek pengelolaan pertanian.

Isyarat ikhtiar secara ilmiah tertuang juga dalam Al-Qur'an. Manusia perlu melakukan observasi dan penelitian terhadap ciptaan Allah. Proses perubahan alam, termasuk dinamika tumbuh-kembang tanaman, dipandang sebagai bentuk manifestasi kekuasaan-Nya yang dapat menjadi objek kajian ilmiah dan spiritual. Adapun hal ini dijelaskan dalam Surah Fushshilat [41]: 39 sebagai berikut:

وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْ تَرَى الْأَرْضَ خَاشِعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَّتْ إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمُحْيِ الْمَوْتَى إِنَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ۝ ٣٩

Artinya: “*Sebagian dari tanda-tanda (kebesaran)-Nya adalah bahwa engkau melihat bumi kering dan tandus, kemudian apabila Kami menurunkan air (hujan) padanya, ia pun hidup dan menjadi subur. Sesungguhnya Zat yang menghidupkannya pasti dapat menghidupkan yang mati. Sesungguhnya Dia Maha Kuasa atas segala sesuatu.*” . (QS: Fushshilat [41]: 39)

Tafsir pada ayat tersebut menurut Shihab (2002) menafsirkan bahwa ayat ini mengandung pelajaran ilmiah yang mendalam. Kata-kata dalam ayat tersebut menggambarkan tahapan perubahan alami yang dapat diamati melalui indera

manusia. Bentuk pengamatan visual terhadap perubahan kondisi tanah dari tandus, lalu bergerak, mengembang, hingga tumbuh subur merupakan bentuk berpikir ilmiah yang diperintahkan dalam Islam. Allah memerintahkan manusia untuk menyaksikan, mencermati, dan menilai perubahan di alam raya sebagai tanda kuasa-Nya dan kesempurnaan sistem ciptaan-Nya. Sementara itu, menurut Katsir (2003), kata *اهْتَرَّتْ* yang berarti "bergerak" dan *مَرَبَّتْ* yang berarti "mengembang" merujuk pada reaksi fisik bumi ketika menerima air, tanah yang tadinya keras dan tandus menjadi lunak dan subur, lalu menumbuhkan berbagai jenis tanaman. Ini merupakan kiasan kuat untuk kebangkitan manusia di akhirat, sekaligus menjadi isyarat nyata tentang kebangkitan biologis yang bisa diamati secara langsung di dunia ini.

Dalam konteks fitopatologi, ayat ini memiliki relevansi kuat dengan metode observasi bertahap yang dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keparahan penyakit (*Disease Severity/DS*). Ketika tanaman sakit, perubahan visual terjadi secara progresif, dimulai dari gejala ringan (daun sedikit menguning), berkembang menjadi sedang (seperti daun keriting atau muncul bercak), hingga mencapai tahap berat (nekrosis atau kematian jaringan). Proses perubahan visual yang bertahap ini serupa dengan gambaran Al-Quran tentang perubahan tanah dari kering, bergerak, mengembang, hingga tumbuh subur yang dapat dipahami sebagai bentuk kurva progresif. Hal ini mirip dengan metodologi penilaian gejala penyakit dalam bentuk skoring yang diamati mulai dari rentang masa inkubasi, jumlah tanaman yang sakit atau terinfeksi, pemberian skor, hingga perkembangan penyakit menggunakan *Area Under Disease Progress Curve* (AUDPC) yang mengandalkan pengamatan sistematis terhadap kondisi tanaman dari waktu ke waktu.

Penulisan skripsi yang bersifat ilmiah dan melakukan suatu tindak praktik dari hasil pemikiran manusia merupakan amanah yang harus ditunaikan dengan penuh tanggung jawab. Setiap pengetahuan yang diperoleh memiliki potensi untuk membawa manfaat luas bagi masyarakat, terlebih dalam bidang pertanian hortikultura dan ketahanan pangan. Adapun Rasulullah Saw. dengan tegas memperingatkan tentang bahaya menyembunyikan ilmu dalam sabdanya:

مَنْ سُئِلَ عَنْ عِلْمٍ فَكَتَمَهُ، أُلْجِمَ يَوْمَ الْقِيَامَةِ بِلِجَامٍ مِنْ نَارٍ

Artinya: *"Barang siapa ditanya tentang ilmu lalu ia menyembunyikannya, maka pada hari kiamat ia akan diberi kendali dari api neraka."*

(HR. Abu Dawud)

Hadis ini menekankan pentingnya menyampaikan ilmu yang diketahui untuk memberi manfaat kepada orang lain. Dalam konteks akademik, seorang peneliti memiliki tanggung jawab moral dan spiritual untuk menyampaikan ke publik terkait hasil penelitian barunya. Penelitian terhadap cabai merah (*Capsicum annuum*) yang tahan terhadap TYLCV tidak hanya berhenti pada proses analisis, namun perlu disampaikan untuk dapat dimanfaatkan untuk acuan penelitian lanjutan, petani, maupun pemangku keperluan yang lain. Dengan demikian, ilmu yang dimiliki dapat bermanfaat dunia akhirat.

Proses mencari ilmu tergolong salah satu kegiatan ibadah yang mendalam. Umat Islam yang menggunakan akalinya untuk merenungi, meneliti, dan mengambil hikmah dari segala kejadian alam ciptaan Allah Swt. disebut *ulul albab*. Hal ini dijelaskan dalam Al-Qur'an surah Ali Imran ayat 190-191 yang berbunyi:

الَّذِينَ
يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ قَوْلًا عَذَابَ الذَّنَابِ

Artinya: *"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan-, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka."* (QS. Ali Imran: 109-191)

Tafsiran ayat tersebut menurut Shihab (2002) adalah ajakan kepada manusia untuk merenungkan tanda-tanda kekuasaan Allah Swt. dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang. *Ulul albab* yang dimaksudkan dalam tafsiran ini merupakan manusia yang menyeimbangkan penggunaan akal untuk

berpikir dan hati yang senantiasa digunakan untuk berdzikir. Sementara itu, menurut tafsir Katsir (2003) menekankan bahwa pemahaman adanya tanda-tanda kebesaran Allah menimbulkan manusia untuk semakin bertakwa dan menjauhi perbuatan yang sia-sia.

Tokoh ilmuwan Islam Al Farabi atau bernama lengkap Abu Nasr Muhammad Al Farabi menurut Dja'far dan Yunus (2023) lahir pada tahun 870 M di desa Farab (Transoxania) dan wafat 950 M di Damaskus. Al-Farabi merupakan putra dari seorang panglima perang Persia bernama Muhamma Auzlagh dan Ibunya berasal dari Turki. Mereka hidup dan menetap di Damaskus. Al-Farabi merupakan seorang ilmuwan di bidang filsafat yang menguasai ilmu fiqih, metafisika, logika, politik, musik, dan ilmu alam.

Al-Farabi mewujudkan integrasi sempurna antara ilmu pengetahuan, etika, dan konteks spiritual. Al-Farabi menekankan pentingnya penggunaan akal yang selaras dengan nilai-nilai kebaikan untuk mencapai kebahagiaan sejati, baik secara individu maupun kelompok (Qonita, dkk., 2024). Dalam penelitian ini, semangat Al-Farabi menginspirasi penulis untuk tidak sekadar mencari pengetahuan, melainkan menjadikan ilmu sebagai sarana memperbaiki kualitas hidup manusia. Pandangannya bahwa ilmu harus membawa kemaslahatan dan harmoni sosial menjadikan beliau figur teladan yang layak diidolakan oleh generasi ilmuwan modern.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi masa inkubasi antar galur M4 dan variasi insidensi penyakit tiap minggunya terhadap infeksi TYLCV. Galur CB 99939 (45,50 HSI), CB 99938 (49 HSI), dan CB 101046 (33,25 HSI) menunjukkan masa inkubasi paling panjang dan insidensi penyakit yang lebih rendah tiap rentang HSI, menandakan potensi ketahanan terhadap TYLCV. Hasil ini bila ditinjau dengan firman Allah dalam surah As-Sajdah ayat 7 yang berbunyi:

الَّذِي أَحْسَنَ كُلَّ شَيْءٍ خَلَقَهُ وَبَدَأَ خَلْقَ الْإِنْسَانِ مِنْ طِينٍ

Artinya: *"Yang membuat segala sesuatu yang Dia ciptakan sebaik-baiknya dan Yang memulai penciptaan manusia dari tanah."* (QS. As-Sajdah:7)

Menurut tafsir Shihab (2002) ayat ini menegaskan kesempurnaan ciptaan Allah dari segi bentuk dan fungsi. Kalimat "أَحْسَنَ كُلَّ شَيْءٍ خَلَقَهُ" mengindikasikan bahwa setiap ciptaan didesain dengan ukuran, proporsi, dan tujuan yang presisi. Pemahaman ilmiah perlu memperkuat kekaguman terhadap ciptaan Allah, bukan hanya terpaku pada analisis sebab-akibat. Sementara itu, tafsir Katsir (2003) menyatakan bahwa tiada ciptaan Allah yang sia-sia. Penciptaan manusia dari tanah menegaskan asal-usul mulia dari unsur yang sederhana. Kekuasaan Allah nyata pada semua makhluk hidup. Kesimpulan yang didapat bahwa galur CB 101046 memiliki masa inkubasi lebih lama dan insidensi lebih rendah terhadap virus TYLCV menunjukkan "أَحْسَنَ كُلَّ شَيْءٍ خَلَقَهُ", yang berarti bahwa Allah menghendaki menciptakan tanaman galur Mutan 4 dengan mekanisme pertahanan yang beragam. Tafsir Quraish Shihab menekankan harmoni dan fungsi yang bijak, sedangkan Ibnu Katsir menyoroti hikmah dan keagungan ciptaan dalam sistem yang kompleks ini.

2. Hasil menunjukkan terdapat variasi tingkat keparahan penyakit antar galur Mutan 4 akibat infeksi TYLCV. Adapun galur CB 99938 dan CB 99939

menunjukkan keparahan rendah dan nilai AUDPC kecil, menandakan potensi ketahanan yang tinggi. Sebaliknya, varietas Susan Joy (AVPP9905) sebagai kontrol rentan menunjukkan keparahan tertinggi dan nilai AUDPC tinggi. Adapun terkait galur lain yang terinfeksi bukanlah bentuk kerugian semata. Allah Swt berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-Baqarah ayat 155 yang berbunyi:

وَلَنبَلُوَنَّكُمْ بِشَيْءٍ مِّنَ الْخَوْفِ وَالْجُوعِ وَنَقْصٍ مِّنَ الْأَمْوَالِ وَالْأَنْفُسِ وَالثَّمَرَاتِ ۗ وَبَشِّرِ
الصَّابِرِينَ

Artinya: “Dan sungguh akan Kami berikan cobaan kepadamu, dengan sedikit ketakutan, kelaparan, kekurangan harta, jiwa dan buah-buahan. Dan berikanlah berita gembira kepada orang-orang yang sabar.”
(QS. Al-Baqarah: 155)

Menurut tafsir Shihab (2002) ayat ini menjelaskan bahwa Allah dapat memberikan ujian kepada hambanya dalam beragam bentuk. Sabar merupakan perisai dan senjata orang-orang beriman dalam menghadapi beban dan tantangan hidupnya, dan sesungguhnya setelahnya akan datang berita baik dari hasil kesabaran. Sementara itu, menurut tafsir Katsir (2003) penggalan surah Al-Baqarah ini menjelaskan bahwa Allah Swt. pasti akan menguji hamba-Nya dengan berbagai bentuk cobaan, seperti ketakutan, kelaparan, kekurangan harta, jiwa, dan buah-buahan. Ujian-ujian tersebut bertujuan untuk menguji dan meningkatkan kualitas keimanan serta kesabaran. Kabar gembira dijanjikan bagi orang-orang yang sabar, yaitu mereka yang saat ditimpa musibah mengucapkan "*Inna lillahi wa inna ilaihi raji'un*", menunjukkan kepasrahan dan keyakinan akan hikmah di balik setiap takdir Allah. Dalam konteks riset tanaman, pemanfaatan ilmu pengetahuan untuk menemukan galur tahan penyakit adalah wujud tanggung jawab dan kesabaran aktif (*ikhtiar*).

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini yaitu meskipun pengamatan gejala visual penting, verifikasi virus menggunakan analisis molekuler baik secara kualitatif dengan PCR maupun kuantitatif dengan qRT-PCR sangat disarankan. Hal ini penting untuk mendeteksi infeksi laten pada tumbuhan yang tampak sehat. Konfirmasi molekuler

memastikan akurasi data masa inkubasi dan insidensi penyakit, memperkuat kesimpulan resistensi, serta membedakan varietas resisten (virus tidak terdeteksi) dari toleran (virus terdeteksi, gejala minimal). Adapun kandidat galur M4 yang resisten dan berpotensi secara berkelanjutan adalah CB 99938 dan CB 99939.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, W. G., Syarni, P., Pranainingsih, E., & Jabudin, L. O. (2023). Pemberdayaan Kelompok Tani Melalui Pengelolaan Abon Cabai sebagai Aternatif Pendapatan dan Peningkatan Imunitas pada Masa Pandemi Covid-19 si Kelurahan Mokoau, Kecamatan Kambu, Kota Kendari. *Jurnal Abditani*, 6(1):15-20.
- Ahdiat, A. (2024, 22 April). Konsumsi Cabai per Kapita Indonesia Naik, Rekor Tertinggi pada 2023. *Databoks*.
- Akhsan, N. M., Sila, S., & Noviana, T. E. (2022). Isolasi Jamur Entomopatogen pada Lahan Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan di Kabupaten Penajam Paser Utara dan Uji Patogenisitas pada Spodoptera litura. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 21(2):265-274.
- Arsi, A., Suparman, S., & Trimeiwandani, A. A. 2023. Tingkat serangan hama dan penyakit pada tanaman hortikultura di Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *J-Plantasimbiosa*. 5(1): 75-90.
- Arumingtyas, E. L., Mastuti, R., Kusnadi, J. (2022). *Fisio-genetik Perkembangan Tanaman Cabai*. Malang: UB Press.
- Ashar, J. R., Farhanah, A., Simatupang, D. F., Friska, M., Ismayanti, R., Khaerana, K., & Hamzah, P. (2024). *Genetika Tumbuhan*. Makasar: CV. Tohar Mediaa.
- Balfas, R., Lakani, I., Samsudin, S., & Sukanto, S. 2007. Penularan Penyakit Kerdil pada Tanaman Lada oleh Tiga Jenis Serangga Vektor. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 13(4): 136-141.
- Barbedo, J. G. A. 2014. Using Digital Image Processing for Counting Whiteflies on Soybean Leaves. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17(4): 685-694.
- Berenschot, A., Zucchi, M., Neto, A., & Quecini, V. (2008). Mutagenesis in *Petunia x hybrida* Vilm. and isolation of a novel morphological mutant. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(2), 95–103.
- Boga, Y. (2004). *Sambal Colek dan Saus Cocol*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- BPS Bali. 2024. Chili Production in Bali Province by Regency/City 2021-2023. Badan Pusat Statistik. Bali, Indonesia.
- Candra, A. (2022). *Pertanian Indonesia Masalah, Solusi, Peluang Bisnis dan Budidaya Praktis*. Purwodadi-Grobogan: CV. Sarnu Untung.
- Devi, O. P., Sharma, S. K., Sanatombi, K., Devi, K. S., Pathaw, N., Roy, S. S., ... & Baranwal, V. K. (2022). A simplified multiplex PCR test for the simultaneous detection of six viruses infecting diverse chili species in India and its application in field diagnosis. *Pathogen*, 12(1), 6.
- Dja'far, A. B., & Yunus, Y. (2023). *Mengenal Tokoh Filsafat Muslim dan Pemikirannya*. Indramayu: CV. Adanu Abimata.
- Duan, G., Christian, N., Schwachtje, J., Walther, D., & Ebenhöf, O. (2013). The metabolic interplay between plants and phytopathogens. *Metabolites*, 3(1), 1–23.
- El-Baky, N. A., & Amara, A. A. A. F. 2021. Recent approaches to fungal disease control in plants: An updated review. *Journal of Fungi*, 7(11): 900.

- Farizi, R. R., & Kornitasari, Y. (2023). ANALISIS PENGARUH JUMLAH PERSEDIAAN BERAS DAN HARGA BERAS TERHADAP PEMBENTUKAN INFLASI DI PROVINSI DKI JAKARTA. *Journal Of Development Economic And Social Studies*, 2(2), 386-403.
- Fauzi, K. R., Salim, A., & Satria, D. (2023). Eksplorasi Harga Bahan Pokok sebagai Indikator Dini Pengendalian Inflasi di Sumatera Barat. *Ecosains: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Pembangunan*, 12(1), 33-47.
- Gresiyanti, D. M., & Rahayu, Y. S. (2023). Efektivitas Kombinasi Berbagai ZPT Alami Terhadap Perkecambahan Biji, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(3), 307-316.
- Gunaeni, N, Duriat, AS, Sulastrini, I, Wulandari, A & Purwati, E .2002. Pengaruh perbedaan struktur jaringan tanaman tomat terhadap infeksi CMV dan TYLCV, *Laporan hasil penelitian T.A.* 2001, Balitsa, Lembang.
- Gunaeni, N. (2015). Pengelolaan cabai merah dengan fokus pengendalian vektor dan virus mosaik. *Agriin*, 19(2).
- Gunaeni, N., & Purwati, E. (2013). Uji Ketahanan terhadap Tomato Yellow Leaf Curl Virus pada Beberapa Galur Tomat (Resistance Test of Tomato Lines to Tomato Yellow Leaf Curl Virus). *J. hort*, 65-71.
- Hakim, L. (2022). *Bakteri Patogen Tumbuhan*. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Hamdayanty, H., & Damayanti, T. A. (2014). Infeksi Bean common mosaic virus pada umur tanaman kacang panjang yang berbeda. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 10(6), 181-181.
- Harahap, M.S.A., Nilahayati, Handayani, R. S., Nazimah & Hafifah. 2022. Potensi Peningkatan Keragaman Genetik Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merr*) akibat Pemberian Mutagen EMS (Ethyl Methane Sulfonate) pada Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 1(3):73–76.
- Hardi, TW & Darwiati, W 2007, 'Resistensi tanaman terhadap serangga hama,' *J. Mitra Hutan Tanaman*, 2 (1), 15-21
- Hartono, S., T. Natsuaki, H. Sayama, H. Atarashi, & S. Okuda. (2003). Yellowing Disease of Tomatoes Caused by Tomato infectious chlorosis virus Newly Recognized in Japan. *Journal of General Plant Pathology* 69: 61-64.
- Hayati, N. Q., Sulistyanningrum, A., Kiloes, A. M., & Prabawati, S. (2021). Innovation of chili and shallot technology in supporting to development of horticultural commodities of dry land with dry climate (case study in Sugian Village, Sambelia Subdistrict, East Lombok District). *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* (Vol. 648, No. 1, p. 012087). IOP issuance.
- Inayati, A., & Marwoto, M. (2015). Kultur teknis sebagai dasar pengendalian hama kutu kebul Bemisia tabaci Genn. pada tanaman kedelai. *Buletin Palawija*. (29): 14-25.
- Ingwell, L., Eigenbrode, S., & Bosque-Pérez, N. (2012). Plant viruses alter insect behavior to enhance their spread. *Scientific Reports*, 2(1).
- Irawan, B. (2019). *Genetika Molekuler*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Jati, N. & Sutriyanti, N. K. (2021). *Ensiklopedia Upakara Edisi Lengkap*. Bali: Nilacakra.
- Jiang, J., Abbott, K., Baudena, M., Eppinga, M., Umbanhowar, J., & Bever, J. (2020). Pathogens and mutualists as joint drivers of host species coexistence

- and turnover: Implications for plant competition and succession. *The American Naturalist*, 195(4), 591–602.
- Jones, J. D., & Dangl, J. L. (2006). The plant immune system. *nature*, 444(7117), 323-329.
- Katsir, I. (2003). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3* (Ghofar, A., Penerjemah). Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Khatimah, H., Abdullah, W. G., & Abdi, A. (2023). Forecasting Analysis of Production and Price of Red Chili (*Capsicum annum* L) in Southeast Sulawesi Province. *Journal of Food System and Agribusiness*, 113-122.
- Kintasari, T., Septariani, D.W.N., Sulandri, S., dan Hidayat, S.H. 2013. Tomato Yellow Leaf Curl Kanchanaburi Virus Penyebab Penyakit Mosaik Kuning pada Tanaman Terung di Jawa. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(4) : 127-131.
- Kirana, R., Kusmana, K., Hasyim, A., & Sutarya, R. 2014. Persilangan cabai merah tahan penyakit antraknosa (*Colletotrichum acutatum*). *Jurnal Hortikultura*, 24(3), 189-195.
- Koeda, S., Onouchi, M., Mori, N., Pohan, N. S., Nagano, A. J., & Kesumawati, E. (2021). A recessive gene pepy-1 encoding Pelota confers resistance to begomovirus isolates of PepYLCIV and PepYLCAV in *Capsicum annum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(9), 2947-2964.
- Krasachat, W. (2023). The Effect of Good Agricultural Practices on the Technical Efficiency of Chili Production in Thailand. *Sustainability*, 15(1), 866.
- Kurniawan, R., Amrul H. M. Z. N., & Hafiz, M. (2024). *Penerapan Standar Operasional Prosedur pada Budidaya Tanaman Cabai untuk Mendapatkan Produksi Optimum*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Kusnadi, J. & Arumingtyas, E. L. (2020). *Polymerase Chain Reacting (PCR): Teknik dan Fungsi*. Malang: UB Press.
- Lin, C. H., Yang, S. L., & Chung K. R. 2010. Cellular Responses Required for Oxidative Stress Tolerance, Colonization, and Lesion Formation by the Necrotrophic Fungus *Alternaria alternata* in Citrus. *Current microbiology*. 62:807-815.
- Ma'arif, B. & Purwaningsih, F. E. (2024). *Botani Farmasi: Anatomi dan Morfologi Organ Tumbuhan*. Surabaya: CV. Jakad Media Publishing.
- Manzila, I., & Priyatno, T. P. (2020, March). Genetic variations of EMS-induced chili peppers (*Capsicum annum*) cv. Gelora generate geminivirus resistant mutant lines. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 482, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- Manzila, I., Gunaeni, N., Kusandriani, Y., & Priyatno, T. P. 2015. Ketahanan dan Karakter Fenotipe Galur Mutan (M2) Cabai terhadap Chilli Veinal Mottle Virus. *Jurnal AgroBiogen*. 11(2): 73-80.
- Marianah, L. (2020). Serangga vektor dan intensitas penyakit virus pada tanaman cabai merah. *AgriHumanis: Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*, 1(2), 127-134.
- Maurya, P. K., Srivastava, A., Mangal, M., Talukdar, A., Mondal, B., Solanki, V., ... & Kalia, P. (2019). Genetic analysis for resistance to leaf curl disease in Chilli Peppers (*Capsicum annum* L.) under specific situations. *INDIAN JOURNAL OF GENETICS AND PLANT BREEDING*, 79(04), 741-748.

- Moekasan, T. K., Prabaningrum, L., Adiyoga, W., & De Putter, H. (2014). *Panduan Praktis Budi Daya Cabai Merah: Berdasarkan Konsepsi Pengendalian Hama Terpadu (PHT)*. Penebar Swadaya Grup.
- Muis, A 2002, 'Sugarcane mosaic virus (SCMV) penyebab penyakit mosaik pada tanaman jagung di Sulawesi', *J. Litbang Pertanian*, 21 (2), 64-8.
- Mutiara Bumi. (2025). *Cabe Besar GELORA OP*. Diambil dari <http://www.mutiarabumi.com/index.php/produk-mb/cabe-besar/189-cabe-besar-gelora>
- Neria, M. A. G., Saavedra, D. L. T., & Bustamante, R. F. R. (2010). Veinte años de investigación con Geminivirus en vegetales en Guanajuato. *Acta Universitaria*, 20(3), 84-92.
- Novák, K., Šlajs, M., Biedermannová, E., & Vondryš, J. (2005). Development of an asymbiotic reference line for pea cv. Bohatýr by de novo mutagenesis. *Crop Science*, 45(5), 1837–1843.
- Nur, M. J. 2025. Identifikasi Penyakit Secara Morfologi pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens* L): Identification Disease by Morphology In Chili Plants (*Capsicum Frutescens* L). *Jurnal: Agricultural Review*. 4(1): 19-26.
- Nurchahyo, A. W., Hadiyanti, N., & Nareswari, A. H. P. (2024). Hubungan Unsur Iklim terhadap Produksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Kabupaten Nganjuk. *JINTAN: Jurnal Ilmiah Pertanian Nasional*, 4(1), 1-11.
- Nuryanto, B., Praptana, R. H., & Pustika, A. B. 2025. The relationship between disease severity (Xt) and the area under the disease progress curve (AUDPC) of sheath blight and rice yield. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1469, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Osei, M. K., Akromah, R., Lamptey, J. N. L., & Quain, M. D. 2012. Phenotypic and Molecular Screening of some Tomato Germplasm for Resistance to Tomato Yellow Leaf Curl Virus in Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 7(3): 4674-4684.
- Paradisa, Y. B., Hidayat, S. H., Saputra, A., Hartati, N. S., Prananingrum, P., Herliana, L., ... & Adi, EBM (2024). Evaluation of three different DNA extraction methods to detect pepper yellow leaf curl virus (PepYLCV) with Polymerase Chain Reaction. In *IOP Conference Series: Earth Science and the Environment* (Vol. 1377, No. 1, p. 012106). IOP issuance.
- Pardal, S. J., Manzila, I., & Priyatno, T. P. 2021. Uji Ketahanan Mutan M5 Cabai Hasil Kultur In Vitro terhadap Virus Gemini di Lapangan. *J. Hort.* 31 (2): 185-194
- Pardal, S. J., Manzila, I., & Priyatno, T. P. Uji Ketahanan Mutan M5 Cabai Hasil Kultur In Vitro terhadap Virus Gemini di Lapangan (Field Testing of M5 Chilli Mutans to Gemini Virus Resistancy).
- Parihar, T. J., Sofi, M. Y., Rasool, R. S., Khursheed, S., Bhat, Z. A., Hussain, K., ... & Masoodi, K. Z. 2022. *Fusarium chlamyosporum* causes wilt disease in chili (*Capsicum annum* L.) and eggplant (*Solanum melongena* L.) in Northern Himalaya: first report. *Scientific Reports*, 12(1): 20392.
- Paslay, C., & Ali, A. (2024). Diagnosis, genetic diversity, and molecular characterization of pepper-infecting geminivirus. In *Pepper Virome* (pp. 195-228). Academic Press.

- Payobadar, R. A. (2023). Geminivirus Disease (PepYLCV) in Chili (*Capsicum* sp.) Caused by Whitefly (*Bemisia tabaci*). *Jurnal Serambi Biologi*, 8(3), 391-396.
- Pohan, N. S., Okuno, K., Okabe, S., Kesumawati, E., & Koeda, S. (2024). Acehnese virus curly leaf pepper: recombinant replaces the highly virulent parent begomovirus and breaks Ty-1-mediated resistance in tomatoes. *Journal of General Plant Pathology*, 1-11.
- Prajnanta, F. (2011). *Mengatasi Permasalahan Bertanam Cabai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Prasetya, M.W., Hardiarto, T., Enggraini, W., Polosoro, A., & Suharsono, S. (2021). Analisis Ketahanan Galur Mutan M2 Cabai Hasil Genome Editing CRISPR/Cas9 terhadap Penyakit Virus Kuning. *Jurnal AgroBiogen*, 17 (1), 1-10.
- Purnamasari, A., & Khairi, A. (2024). *Budidaya Tanaman Tomat dan Pengendalian Hama dan Penyakit*. Sumedang: CV Mega Press Nusantara.
- Puspitasari, M., Hidayat, P., & Rahardjo, B. T. (2016). Pengaruh pola pengelolaan hama terhadap populasi serangga hama pada lahan kedelai varietas Anjasmoro dan Wilis. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 16(1), 25-34.
- Qonita, U., Nada'Melfirosha, B., & Parhan, M. 2024. Disparitas dan Sinergitas Epistemologi Filsafat Al-Farabi dan Ibnu Sina dalam Pendidikan Islam 5.0. *Refleksi Jurnal Filsafat dan Pemikiran Islam*, 24(2), 53-92.
- Ramdan, E. P., Arti, I. M., & Risnawati, R. (2019). Identifikasi dan uji virulensi penyakit antraknosa pada pascapanen buah cabai. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 3(1), 67-76.
- Rana, M., Sharma, R., Sharma, P., Bhardwaj, S. V., & Sharma, M. (2014). Estimation of genetic diversity in *Capsicum annuum* L. germplasm using PCR-based molecular markers. *National Academy Science Letters*, 37, 295-301.
- Ríos, L., & Cascante-Marín, A. (2017). High selfing capability and low pollinator visitation in the hummingbird-pollinated epiphyte *Pitcairnia heterophylla* (Bromeliaceae) at a Costa Rican mountain forest. *Revista de Biología Tropical*, 65(2).
- Roosheroe, I. G., Sjamsuridzal, W., & Oetari, A. (2006). *Mikologi: Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Rosen, R., Kanakala, S., Kliot, A., Pakkianathan, BC, Farich, BA, Santana-Magal, N., ... & Ghanim, M. (2015). Persistent begomovirus transmission and blood circulation by whitefly vectors. *Current Opinion in Virology*, 15, 1-8.
- Rosilawati, P., Zamriyetti, Z., & Tarigan, R. R. A. (2024). *Penerapan Good Agricultural Practices (GAP) dalam Budaya Cabai Merah (Capsicum annuum L.)*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Rotini, N. (2011). *6 Jurusan Bertanam Cabai Bebas Hama dan Penyakit*. Jakarta Selatan: PT AgroMedia Pustaka.
- Ruswandi, A. 2018. Preferensi Petani Terhadap Varietas Kentang Dayang Sumbi Agrihorti dan Sangkuriang Agrihorti Tahan Terhadap Penyakit Busuk Daun. *Creative Research Journal*, 4(02): 83-94.

- Saad, M. F. M., Sau, A. R., Akbar, M. A., Baharum, S. N., Ramzi, A. B., Talip, N., & Bunawan, H. (2021). Construction of infectious clones of begomoviruses: strategies, techniques and applications. *Biology*, 10(7), 604.
- Saidah, Z., Wulandari, E., & Hapsari, H. (2024). Analisis Sikap dan Persepsi Petani untuk Meningkatkan Produksi Cabai Merah Melalui Penggunaan Benih Unggul. *Agrikultura*, 35(2), 200-212.
- Sánchez-Sánchez, M., Vargas-Arispuro, I., Tovar-Pedraza, J. M., González-Pérez, C. J., & Aispuro-Hernández, E. (2024). Mixed viral infections in vegetable crops: biochemical and molecular aspects. *Mexican Journal of Phytopathology*, 42(3), 30.
- Şanlıer, N., Irmak, E., & Ejder, ZB. 2024. The Relationship Between Capsaicin in Chili Peppers and Cancer: A Comprehensive Insight. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 14(1):273-282.
- Santoso, T. J. (2014). Aplikasi teknik molekuler untuk analisis genetik Tomato Leaf Curl Virus. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 32(4).
- Santoso, T. J., Hidayat, S. H., Herman, M., Aswidinnoor, H., & Sudarsono, S. (2016). Identitas dan keragaman genetik Begomovirus yang berasosiasi dengan penyakit keriting pada tomat berdasarkan teknik polymerase chain reaction (PCR)-restriction fragment length polymorphism (RFLP). *Jurnal AgroBiogen*, 4(1), 9-17.
- Sarjan, M., Fauzi, M. T., Thei, R. S. P., & Wirdianingsih, M. (2020). Pengenalan Pestisida Nabati Dari Limbah Batang Tembakau Virginia Untuk Mengendalikan Hama Kutu Kebul (Bemisia Tabaci) Pada Tanaman Kentang. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 3(2).
- Sastrahidayat, I. R. (2017). *Penyakit Tumbuhan yang Disebabkan Jamur*. Malang: UB Press.
- Sastrahidayat, R. I. (2011). *Fitopatologi*. Malang: UB Press.
- Selangga, D. G. W., & Listihani, L. (2021). Molecular identification of Pepper yellow leaf curl Indonesia virus on chili pepper in Nusa Penida Island. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 21(2), 97-102.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera hati.
- Singh, S., & Sharma, N. 2023. Indexing various viruses that infect Capsicum and their impact on its phytochemical attributes. *International Journal of Biochemical Research*. 8: 1-19.
- Soesanto, L. (2019). *Kompendium Penyakit-Penyakit Cabai*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Soesanto, L., & Mugiastuti, E. (2023). *Mikroba Endofit Eksplorasi, Potensi, dan Pemanfaatan Mikroba Endofit bagi Kesehatan Tanaman dan Manusia serta Keuntungan Ekonomi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sopialena, J. S. (2022). *Pengelolaan Terpadu Terhadap Patogen Bakteri Tumbuhan*. Sleman : Deepublish.
- Sudiono, N. Y., Hidayat, S. H., & Hidayat, P. (2005). Penyebaran dan deteksi molekuler virus gemini penyebab penyakit kuning pada tanaman cabai di Sumatera. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 5(2), 113-121.
- Sudiyono & Yasin, N. 2006. Karakterisasi Kutu Kebul (Bemisia tabaci) sebagai Vektor Virus Gemini dengan Teknik PCR-RAPD. *J. HPT Tropika*: 6 (2): 113 – 119.

- Sulandari, S., SUSENO, R., Hidayat, S. H., Harjosudarmo, J., & Sosromarsono, S. (2006). Deteksi dan kajian kisaran inang virus penyebab penyakit daun keriting kuning cabai. *HAYATI Journal of Biosciences*, 13(1), 1-6.
- Suryandari, D. A. (2024). *Teknik Dasar Biologi Molekuler Isolasi DNA, PCR, dan Eelektroforesis*. Jogjakarta: Karya Bakti Makmur Indonesia.
- Tarigan, R., Hanafia, D. S., Sinuraya, M., Barus, S., Marpaung, A. E., Murtiningsih, R., & Sebayang, A. (2023). Pengaruh Pemberian Sinar Gamma terhadap Cabai Lokal Karo Terinfeksi Penyakit Virus Daun Keriting Kuning (Begomovirus). *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 19(2).
- Taufik, M., Firihi, M. Z., Variani, V. I., Hasan, A., Botek, M., Tihurua, E. F., & Wulansari, T. Y. I. (2024). Changes in the leaf structure of chili due to Geminivirus infection. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*, 24(1), 109-119.
- Wahyono, A., Murti, RH, Hartono, S., Nuringtyas, TR, Wijonarko, A., Mulyantoro, M., ... & Purnama, I. C. G. (2023). Current status and complexity of three species of begomovirus in pepper plants in lowlands and highlands on the island of Java, Indonesia. *Virus*, 15(6), 1278.
- Wattie, G. G. R. W., & Sukendah, S. (2023). Peran Penting Agroforestri Sebagai Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 5(1), 30-38.
- Yang, H., Zhang, R., Song, P., & Zhou, Z. (2017). The floral biology, breeding system and pollination efficiency of *Schima superba* Gardn. et Champ. (Theaceae). *Forests*, 8(10), 404.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengamatan

1. Masa Inkubasi

No.	Nama aksesori	Ulangan ke-	Muncul Gejala (HSI)	Jumlah	Rata-Rata
1.	CB 100908	1	35	112	28
		2	14		
		3	14		
		4	49		
2.	CB 100912	1	14	77	19
		2	14		
		3	28		
		4	21		
3.	CB 100918	1	21	91	23
		2	28		
		3	14		
		4	28		
4.	CB 101041	1	35	126	32
		2	28		
		3	14		
		4	49		
5.	CB 101042	1	14	84	21
		2	14		
		3	28		
		4	28		
6.	CB 101043	1	14	91	23
		2	14		
		3	28		
		4	35		
7.	CB 101044	1	35	105	26
		2	28		
		3	14		
		4	28		
8.	CB 101045	1	21	91	23
		2	14		
		3	21		
		4	35		
9.	CB 101046	1	35	133	33
		2	35		
		3	28		
		4	35		
10.	CB 101047	1	28	112	28
		2	28		
		3	21		
		4	35		
11.	CB 101048	1	28	112	28
		2	21		
		3	28		
		4	35		
12.	CB 99938	1	0	0	0
		2	0		
		3	0		

		4	49		
13.	CB 99939	1	49	182	45
		2	49		
		3	35		
		4	49		
14.	AVPP9905	1	14	84	21
		2	28		
		3	28		
		4	14		

2. Insidensi Penyakit (*Disease Incidence*)

No.	Nama Aksesori	Ulangan ke-	Insidensi Penyakit Minggu ke- (%)					
			1	2	3	4	5	6
1.	CB 100908	1	0	0	20	20	40	40
		2	40	60	60	60	60	60
		3	20	20	40	80	100	100
		4	0	0	0	0	0	0
2.	CB 100912	1	20	40	40	40	60	60
		2	20	20	20	60	60	80
		3	0	0	0	40	40	60
		4	0	20	40	60	80	80
3.	CB 100918	1	0	20	20	60	60	60
		2	0	0	20	20	40	40
		3	20	20	20	40	40	40
		4	0	0	20	20	20	20
4.	CB 101041	1	0	0	0	20	20	20
		2	0	0	20	60	60	60
		3	20	20	60	80	60	60
		4	0	0	0	0	0	0
5.	CB 101042	1	20	20	40	40	40	40
		2	20	20	20	60	60	80
		3	0	0	20	20	20	20
		4	0	0	20	40	40	20
6.	CB 101043	1	20	20	40	40	40	60
		2	20	20	20	60	80	100
		3	0	0	20	60	100	100
		4	0	0	0	40	40	40
7.	CB 101044	1	0	0	0	20	40	40
		2	0	0	40	60	60	60
		3	20	20	20	40	40	60
		4	0	0	20	40	40	40
8.	CB 101045	1	0	20	20	40	40	40
		2	20	20	20	60	60	60
		3	0	20	20	40	40	40
		4	0	0	0	20	40	40
9.	CB 101046	1	0	0	0	40	40	40
		2	0	0	0	80	80	80
		3	0	0	0	40	40	40
		4	0	0	20	40	60	60
10.	CB 101047	1	0	0	40	60	60	60
		2	0	0	20	40	40	40
		3	0	40	40	80	80	80
		4	0	0	0	0	0	0

11.	CB 101048	1	0	0	20	40	40	60
		2	40	40	40	40	60	60
		3	0	0	20	40	40	40
		4	0	0	0	0	0	0
12.	CB 99938	1	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0
13.	CB 99939	1	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	20	20	20
		4	0	0	0	0	0	20
14.	AVPP 9905	1	0	0	40	80	80	80
		2	20	20	20	40	80	80
		3	0	0	60	80	100	100
		4	40	40	60	80	80	80

3. Keparahan Penyakit (*Disease Severity*)

Hasil perhitungan keparahan penyakit dengan rumusnya

No.	Nama Aksesori	Ulangan ke-	Keparahan Penyakit Minggu ke- (%)						Rata-Rata (%)
			1	2	3	4	5	6	
1.	CB 100908	1	0	0	5	10	25	35	22
		2	10	15	30	60	60	60	
		3	5	5	15	40	65	80	
		4	0	0	0	0	0	0	
2.	CB 100912	1	5	10	20	40	45	50	25
		2	5	5	10	35	50	60	
		3	0	0	0	10	35	45	
		4	0	5	15	35	50	60	
3.	CB 100918	1	0	5	10	40	50	50	16
		2	0	0	10	10	20	30	
		3	5	5	10	25	25	25	
		4	0	0	5	10	20	20	
4.	CB 101041	1	0	0	0	10	15	15	16
		2	0	0	5	25	35	45	
		3	15	15	20	45	65	70	
		4	0	0	0	0	0	0	
5.	CB 101042	1	5	5	15	30	35	35	18
		2	5	5	10	30	50	55	
		3	0	0	5	10	15	20	
		4	0	0	5	20	30	40	
6.	CB 101043	1	5	5	15	30	30	35	19
		2	5	5	5	20	40	55	
		3	0	0	5	20	50	60	
		4	0	0	0	10	25	30	
7.	CB 101044	1	0	0	0	10	30	35	17
		2	0	0	10	30	40	45	
		3	5	5	10	25	35	45	
		4	0	0	5	15	35	35	
8.	CB 101045	1	0	5	45	25	25	25	18
		2	5	5	10	35	45	50	
		3	0	5	10	25	35	35	

		4	0	0	0	5	20	20	
9.	CB 101046	1	0	0	0	20	20	30	14
		2	0	0	0	30	70	70	
		3	0	0	0	10	10	10	
		4	0	0	5	15	25	30	
10.	CB 101047	1	0	0	10	35	45	45	19
		2	0	0	5	35	35	35	
		3	0	10	20	50	65	65	
		4	0	0	0	0	0	0	
11.	CB 101048	1	0	0	10	20	30	45	16
		2	10	10	20	40	55	55	
		3	0	0	5	15	30	35	
		4	0	0	0	0	0	0	
12	CB 99938	1	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	
13	CB 99939	1	0	0	0	0	0	0	1,9
		2	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	10	10	15	
		4	0	0	0	0	0	10	
14.	AVPP 9905	1	0	0	15	50	65	65	31
		2	5	5	10	20	50	60	
		3	0	0	15	65	70	70	
		4	10	10	25	25	50	55	

4. Perhitungan *Area Under Disease Progress Curve* (AUDPC).

No.	Nama Akses	Nilai Total AUDPC
1.	CB 100908	148,75
2.	CB 100912	167,13
3.	CB 100918	108,50
4.	CB 101041	102,40
5.	CB 101042	106,80
6.	CB 101043	93,63
7.	CB 101044	91,88
8.	CB 101045	117,30
9.	CB 101046	80,50
10.	CB 101047	133,90
11.	CB 101048	107,63
12.	CB 99938	0
13.	CB 99939	11,375
14.	AVPP9905	203,88

Lampiran 2. Perhitungan SPSS

1. Masa Inkubasi

Test of Homogeneity of Variances

Masa Inkubasi

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,967	13	42	,004

ANOVA

Masa Inkubasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4175,500	13	321,192	4,019	,000
Within Groups	3356,500	42	79,917		
Total	7532,000	55			

Masa Inkubasi

	Nama Aksesei	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^a	CB 100912	4	19,25		
	CB6 101042	4	21,00		
	AVPP9905	4	21,00		
	CB 100918	4	22,75		
	CB 101043	4	22,75		
	CB 101045	4	22,75		
	CB 101044	4	26,25		
	CB 100908	4	28,00		
	CB 101047	4	28,00		
	CB 101048	4	28,00		
	CB 101041	4	31,50		
	CB 101046	4	33,25	33,25	
	CB 99939	4		45,50	45,50
	CB 99938	4			49,00
	Sig.			,070	,059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Report

Masa Inkubasi

Nama Aksesei	Mean	N	Std. Deviation
CB 100908	28,00	4	17,146
CB 100912	19,25	4	6,702
CB 100918	22,75	4	6,702
CB 101041	31,50	4	14,572
CB6 101042	21,00	4	8,083
CB 101043	22,75	4	10,500
CB 101044	26,25	4	8,808
CB 101045	22,75	4	8,808
CB 101046	33,25	4	3,500
CB 101047	28,00	4	5,715
CB 101048	28,00	4	5,715
CB 99938	49,00	4	,000
CB 99939	45,50	4	7,000
AVPP9905	21,00	4	8,083
Total	28,50	56	11,702

2. Insidensi Penyakit

Test Statistics^{a,b}

	HSI 14	HSI 21	HSI 28	HSI 35	HSI 42	HSI 49
Chi-Square	1,570	2,559	1,268	1,895	3,918	6,659
df	5	5	5	5	5	5
Asymp. Sig.	,905	,768	,938	,864	,561	,247

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Nama Aksesei

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
HSI 28 - HSI 14	Negative Ranks	0 ^a	,00	,00
	Positive Ranks	28 ^b	14,50	406,00
	Ties	28 ^c		
	Total	56		
HSI 35 - HSI 28	Negative Ranks	0 ^d	,00	,00
	Positive Ranks	35 ^e	18,00	630,00
	Ties	21 ^f		
	Total	56		

HSI 42 - HSI 35	Negative Ranks	0 ^g	,00	,00
	Positive Ranks	13 ^h	7,00	91,00
	Ties	43 ⁱ		
	Total	56		
HSI 49 - HSI 42	Negative Ranks	0 ^j	,00	,00
	Positive Ranks	8 ^k	4,50	36,00
	Ties	48 ^l		
	Total	56		

- a. HSI 28 < HSI 14
- b. HSI 28 > HSI 14
- c. HSI 28 = HSI 14
- d. HSI 35 < HSI 28
- e. HSI 35 > HSI 28
- f. HSI 35 = HSI 28
- g. HSI 42 < HSI 35
- h. HSI 42 > HSI 35
- i. HSI 42 = HSI 35
- j. HSI 49 < HSI 42
- k. HSI 49 > HSI 42
- l. HSI 49 = HSI 42

Test Statistics^a

	HSI 28 - HSI 14	HSI 35 - HSI 28	HSI 42 - HSI 35	HSI 49 - HSI 42
Z	-4,878 ^b	-5,321 ^b	-3,419 ^b	-2,828 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,001	,005

- a. Wilcoxon Signed Ranks Test
- b. Based on negative ranks.

3. Korelasi Masa Inkubasi dan Insidensi penyakit

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Nama Aksesei	HSI 49	Masa Inkubasi
N		56	56	56
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	7,5000	46,07	28,50
	Std. Deviation	4,06761	29,767	11,702
Most Extreme Differences	Absolute	,091	,151	,160
	Positive	,091	,118	,160
	Negative	-,091	-,151	-,126
Test Statistic		,091	,151	,160

Asymp. Sig. (2-tailed)	,200 ^{c,d}	,003 ^c	,001 ^c
------------------------	---------------------	-------------------	-------------------

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

Correlations

			HSI 49	Masa Inkubasi
Spearman's rho	HSI 49	Correlation Coefficient	1,000	-,711**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	56	56
	Masa Inkubasi	Correlation Coefficient	-,711**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	56	56

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4. Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit tiap minggu pengamatan

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
DS	4,878	13	42	,000
DS2	2,803	13	42	,006
DS3	2,728	13	42	,007
DS4	2,908	13	42	,004
DS5	2,993	13	42	,004
DS6	2,722	13	42	,007

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DS	Between Groups	89,732	13	6,902	,814	,643
	Within Groups	356,250	42	8,482		
	Total	445,982	55			
DS2	Between Groups	148,214	13	11,401	,871	,588
	Within Groups	550,000	42	13,095		

	Total	698,214	55			
DS3	Between Groups	1195,089	13	91,930	2,094	,036
	Within Groups	1843,750	42	43,899		
	Total	3038,839	55			
DS4	Between Groups	5871,429	13	451,648	2,193	,028
	Within Groups	8650,000	42	205,952		
	Total	14521,429	55			
DS5	Between Groups	11955,357	13	919,643	3,377	,001
	Within Groups	11437,500	42	272,321		
	Total	23392,857	55			
DS6	Between Groups	13664,732	13	1051,133	3,141	,002
	Within Groups	14056,250	42	334,673		
	Total	27720,982	55			

DS

			Subset for alpha = 0.05
	Nama Akses	N	1
Tukey HSD ^a	CB 101046	4	,0000
	CB 101047	4	,0000
	CB 99938	4	,0000
	CB 99939	4	,0000
	CB 100918	4	1,2500
	CB 101041	4	1,2500
	CB 101043	4	1,2500
	CB 101044	4	1,2500
	CB 101045	4	1,2500
	CB 100912	4	2,5000
	CB 101042	4	2,5000
	CB 101048	4	2,5000
	CB 100908	4	3,7500
	AVPP9905	4	3,7500
Sig.			,854
Duncan ^a	CB 101046	4	,0000
	CB 101047	4	,0000
	CB 99938	4	,0000
	CB 99939	4	,0000

CB 100918	4	1,2500
CB 101041	4	1,2500
CB 101043	4	1,2500
CB 101044	4	1,2500
CB 101045	4	1,2500
CB 100912	4	2,5000
CB 101042	4	2,5000
CB 101048	4	2,5000
CB 100908	4	3,7500
AVPP9905	4	3,7500
Sig.		,138

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

DS2

			Subset for alpha = 0.05
	Nama Akses	N	1
Tukey HSD ^a	CB 101046	4	,0000
	CB 99938	4	,0000
	CB 99939	4	,0000
	CB 101041	4	1,2500
	CB 101044	4	1,2500
	CB 100918	4	2,5000
	CB 101042	4	2,5000
	CB 101043	4	2,5000
	CB 101047	4	2,5000
	CB 101048	4	2,5000
	CB 101045	4	3,7500
	AVPP9905	4	3,7500
	CB 100908	4	5,0000
	CB 100912	4	5,0000
Sig.			,785
Duncan ^a	CB 101046	4	,0000
	CB 99938	4	,0000
	CB 99939	4	,0000

CB 101041	4	1,2500
CB 101044	4	1,2500
CB 100918	4	2,5000
CB 101042	4	2,5000
CB 101043	4	2,5000
CB 101047	4	2,5000
CB 101048	4	2,5000
CB 101045	4	3,7500
AVPP9905	4	3,7500
CB 100908	4	5,0000
CB 100912	4	5,0000
Sig.		,112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

DS3

	Nama Akses	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^a	CB 99938	4	,0000			
	CB 99939	4	,0000			
	CB 101046	4	1,2500			
	CB 101043	4	2,5000			
	CB 101041	4	6,2500			
	CB 101044	4	6,2500			
	CB 101045	4	7,5000			
	CB 100918	4	8,7500			
	CB 101042	4	8,7500			
	CB 101047	4	8,7500			
	CB 101048	4	8,7500			
	CB 100912	4	11,2500			
	CB 100908	4	12,5000			
	AVPP9905	4	16,2500			
Sig.			,062			
Duncan ^a	CB 99938	4	,0000			
	CB 99939	4	,0000			
	CB 101046	4	1,2500	1,2500		

CB 101043	4	2,5000	2,5000	2,5000	
CB 101041	4	6,2500	6,2500	6,2500	6,2500
CB 101044	4	6,2500	6,2500	6,2500	6,2500
CB 101045	4	7,5000	7,5000	7,5000	7,5000
CB 100918	4	8,7500	8,7500	8,7500	8,7500
CB 101042	4	8,7500	8,7500	8,7500	8,7500
CB 101047	4	8,7500	8,7500	8,7500	8,7500
CB 101048	4	8,7500	8,7500	8,7500	8,7500
CB 100912	4		11,2500	11,2500	11,2500
CB 100908	4			12,5000	12,5000
AVPP9905	4				16,2500
Sig.		,124	,077	,077	,077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

DS4

	Nama Akses	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	CB 99938	4	,0000	
	CB 101043	4	2,5000	
	CB 99939	4	2,5000	
	CB 101046	4	18,7500	
	CB 101048	4	18,7500	
	CB 101041	4	20,0000	
	CB 101044	4	20,0000	
	CB 100918	4	21,2500	
	CB 101042	4	22,5000	
	CB 101045	4	22,5000	
	CB 100908	4	27,5000	
	CB 100912	4	30,0000	
	CB 101047	4	30,0000	
	AVPP9905	4	33,7500	
Sig.			,087	
Duncan ^a	CB 99938	4	,0000	
	CB 101043	4	2,5000	
	CB 99939	4	2,5000	

CB 101046	4	18,7500	18,7500
CB 101048	4	18,7500	18,7500
CB 101041	4	20,0000	20,0000
CB 101044	4	20,0000	20,0000
CB 100918	4	21,2500	21,2500
CB 101042	4	22,5000	22,5000
CB 101045	4	22,5000	22,5000
CB 100908	4		27,5000
CB 100912	4		30,0000
CB 101047	4		30,0000
AVPP9905	4		33,7500
Sig.		,066	,222

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

DS5

	Nama Akses	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^a	CB 99938	4	,0000			
	CB 99939	4	2,5000			
	CB 101042	4	22,5000	22,5000		
	CB 101046	4	22,5000	22,5000		
	CB 100918	4	28,7500	28,7500		
	CB 101041	4	28,7500	28,7500		
	CB 101048	4	28,7500	28,7500		
	CB 101045	4	32,5000	32,5000		
	CB 101044	4	35,0000	35,0000		
	CB 101043	4	36,2500	36,2500		
	CB 101047	4	36,2500	36,2500		
	CB 100908	4	37,5000	37,5000		
	CB 100912	4		45,0000		
	AVPP9905	4		58,7500		
Sig.			,113	,143		
Duncan ^a	CB 99938	4	,0000			
	CB 99939	4	2,5000	2,5000		
	CB 101042	4	22,5000	22,5000	22,5000	

CB 101046	4	22,5000	22,5000	22,5000	
CB 100918	4		28,7500	28,7500	
CB 101041	4		28,7500	28,7500	
CB 101048	4		28,7500	28,7500	
CB 101045	4			32,5000	32,5000
CB 101044	4			35,0000	35,0000
CB 101043	4			36,2500	36,2500
CB 101047	4			36,2500	36,2500
CB 100908	4			37,5000	37,5000
CB 100912	4			45,0000	45,0000
AVPP9905	4				58,7500
Sig.		,084	,053	,112	,056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

DS6						
	Nama Akses	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^a	CB 99938	4	,0000			
	CB 99939	4	6,2500			
	CB 101046	4	30,0000	30,0000		
	CB 100918	4	31,2500	31,2500		
	CB 101041	4	32,5000	32,5000		
	CB 101045	4	33,7500	33,7500		
	CB 101048	4	33,7500	33,7500		
	CB 101047	4	36,2500	36,2500		
	CB 101042	4	37,5000	37,5000		
	CB 101044	4	40,0000	40,0000		
	CB 100908	4	43,7500	43,7500		
	CB 101043	4	45,0000	45,0000		
	CB 100912	4		53,7500		
	AVPP9905	4		62,5000		
Sig.			,061	,424		
Duncan ^a	CB 99938	4	,0000			
	CB 99939	4	6,2500	6,2500		
	CB 101046	4		30,0000	30,0000	

CB 100918	4		31,2500	31,2500	
CB 101041	4		32,5000	32,5000	32,5000
CB 101045	4		33,7500	33,7500	33,7500
CB 101048	4		33,7500	33,7500	33,7500
CB 101047	4			36,2500	36,2500
CB 101042	4			37,5000	37,5000
CB 101044	4			40,0000	40,0000
CB 100908	4			43,7500	43,7500
CB 101043	4			45,0000	45,0000
CB 100912	4			53,7500	53,7500
AVPP9905	4				62,5000
Sig.		,631	,067	,130	,055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Lampiran 3 Bukti Konsultasi

Lampiran 3 Bukti Konsultasi



KEMENTERIAN AGAMA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
 Jalan Tegalpala Nomor 10, Deпоnо 65132104, Telp. 0341 517022
 Website: <http://www.uin-malang.ac.id>

JURNAL Bimbingan Skripsi/Tesis/Dissertasi

IDENTITAS MAHASISWA

NPM: 21030210038
 Nama: SUCIROLO HARAH
 Fakultas: SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan: BIODIVERSITAS
 Dosen Pembimbing 1: DEDER WAHYUDI S.S., M.Si
 Dosen Pembimbing 2: KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D
 Judul Skripsi/Tesis/Dissertasi: PENYAJIAN RESISTENSI KETURUNAN LARVA MEMBRIT (Lapparium emansio) MAMU PARASITAN MAMU LARVA LUSAN FOX TERHADAP PEPHYCO DAN TRICLY WINGGUSUKAN FOX

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	28 Agustus 2024	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	Bimbingan terkait judul penelitian	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
2	28 Agustus 2024	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	Penyusunan BAB 1	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
3	14 Oktober 2024	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	Revisi BAB 1	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
4	15 Oktober 2024	KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D	Konsultasi integrasi ayat BAB 1	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
5	15 Oktober 2024	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	Revisi BAB 2	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
6	16 Oktober 2024	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	Revisi BAB 1	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
7	16 Oktober 2024	KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D	Integrasi ayat BAB 2	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
8	18 Oktober 2024	KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D	Revisi BAB 1 & 2	Genap 2023/2024	Lulus (Diterima)
9	24 Mei 2025	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	Bimbingan BAB IV	Genap 2024/2025	Lulus (Diterima)
10	28 Mei 2025	KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D	Bimbingan BAB IV integral	Genap 2024/2025	Lulus (Diterima)
11	28 Mei 2025	DEDER WAHYUDI S.S., M.Si	ACC Skripsi	Genap 2024/2025	Lulus (Diterima)
12	28 Mei 2025	KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D	ACC integral skripsi	Genap 2024/2025	Lulus (Diterima)

Terah diteliti
 Untuk manggukan ujian Skripsi/Tesis/Dissertasi

Dosen Pembimbing 2

KIVAH ANA PUTRAM, Ph.D

Mulang
 Dosen Pembimbing 1

DEDER WAHYUDI S.S., M.Si



Lampiran 4. Lembar Cek Plagiasi

Lampiran 4. Lembar Cek Plagiasi



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 59 Malang 65144 Telp. Faks: (0341) 518903
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Shofroul Inayah
NIM : 210602110098
Judul : Evaluasi Respon Ketahanan Beberapa Galur Mutan 4 (M4) Cabai Merah (*Capsicum annuum*) Terhadap Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) Berdasarkan Penilaian Perkembangan Penyakit

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	137	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

