

APLIKASI EKSTRAK TANAMAN KEMANGI (*Ocimum sanctum* L.) SEBAGAI PENGINDUKSI KETAHANAN SISTEMIK DAN INHIBITOR INFEKSI *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) PADA TANAMAN CABAI BESAR (*Capsicum annum* L.)

Oleh :

RENHARD CHRISTOPER MANALU



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

MALANG

2018



APLIKASI EKSTRAK TANAMAN KEMANGI (*Ocimum sanctum* L.) SEBAGAI PENGINDUKSI KETAHANAN SISTEMIK DAN INHIBITOR INFEKSI *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) PADA TANAMAN CABAI BESAR (*Capsicum annum* L.)

Oleh:

RENHARD CHRISTOPER MANALU

125040201111080

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

MALANG

2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Malang, Agustus 2018

Renhard Christoper Manalu

RINGKASAN

Renhard Christoper Manalu. 125040201111080. Aplikasi Ekstrak Tanaman Asal Kemangi (*Ocimum sanctum* L.) Sebagai Penginduksi Ketahanan Sistemik dan Inhibitor Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.) Dibawah bimbingan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Fery Abdul Choliq SP., MP., MSc. sebagai Pembimbing Pendamping.

Cabai besar (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting yang banyak digunakan sebagai rempah di Indonesia. Produktivitas cabai, walaupun meningkat cukup cepat, pada saat ini dapat dikatakan masih relatif rendah berkisar 8,06 ton/ha cabai basah dari target Direktorat Pangan dan Pertanian sebesar 20 ton/ha (Direktorat Pangan dan Pertanian, 2013). Salah satu hal yang menyebabkan masih rendahnya produktivitas cabai besar tersebut adalah karena infeksi penyakit pada tanaman, terkhususnya yang diakibatkan oleh infeksi virus. Salah satu penyakit penting pada tanaman cabai besar yang disebabkan oleh virus adalah *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Salah satu cara untuk mengendalikan serangan CMV ialah dengan pemberian ekstrak tanaman kemangi. Tanaman yang diberikan perlakuan ekstrak kemangi mampu mengurangi intensitas serangan CMV pada tanaman cabai. Tujuan dari penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui apakah ekstrak tanaman kemangi tersebut dapat berfungsi sebagai penghambat infeksi CMV dan penginduksi ketahanan sistemik pada tanaman cabai juga pada konsentrasi berapa dan berapa kali aplikasi berulang yang efektif dalam perlakuan tersebut.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi Pestisida dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Agustus 2017 sampai Januari 2018. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 2 percobaan. Percobaan pertama menguji peran ekstrak tanaman kemangi sebagai penginduksi ketahanan sistemik pada tanaman cabai menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dan 4 ulangan sehingga total 20 unit Percobaan. Masing-masing perlakuan yaitu F₀ : Tanpa aplikasi ekstrak tanaman kemangi; F₁ : Aplikasi sebanyak 1 kali pada umur 18 HST; F₂ : Aplikasi sebanyak 2 kali pada umur 18 dan 22 HST; F₃ : Aplikasi sebanyak 3 kali pada umur 18, 22, dan 26 HST; F₄ : Aplikasi sebanyak 4 kali pada umur 18, 22, 26, dan 30 HST. Percobaan kedua menguji peran ekstrak kemangi sebagai inhibitor infeksi CMV dengan RAL terdiri dari 5 perlakuan dan 4 ulangan. Masing-masing perlakuan yaitu K₀ : Inokulum tanpa dicampur ekstrak tanaman kemangi; K₁ : Inokulum dicampur 1500 ppm ekstrak tanaman kemangi; K₂ : Inokulum dicampur 3000 ppm ekstrak tanaman kemangi; K₃ : Inokulum dicampur 4500 ppm ekstrak tanaman kemangi; K₄ : Inokulum dicampur 1500 ppm ekstrak tanaman kemangi. Data pengamatan dianalisis menggunakan uji F taraf 5%, jika berbeda nyata kemudian menggunakan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf kesalahan 5%

Hasil penelitian menunjukkan pada percobaan inhibitor CMV masa inkubasi antara 5 sampai 7 hari. Intensitas serangan penyakit tertinggi yaitu F₀ sebesar 47,18% dan terendah yaitu F₄ sebesar 27,38%. Pada percobaan penginduksi ketahanan tanaman masa inkubasi antara 5 sampai 10 hari. Intensitas serangan penyakit tertinggi yaitu pada K₀ sebesar 43,83% dan terendah K₄ sebesar 23,12%.

Tinggi tanaman tertinggi yaitu K₂ 37,63 cm dan terendah K₁ 31,97 cm. Jumlah klorofil tertinggi yaitu K₄ sebanyak 18,82 mg/l dan terendah K₀ sebanyak 16,04 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa percobaan belum berhasil dalam menginduksi ketahanan tanaman cabai besar namun memberikan perbedaan yang signifikan pada perlakuan frekuensi sebanyak 2 dan 4 kali. Frekuensi aplikasi sebanyak 4 kali secara berulang (jumlah frekuensi aplikasi tertinggi) bukan merupakan jumlah frekuensi aplikasi paling efektif dalam percobaan yang dilakukan. Pada percobaan inhibitor CMV menunjukkan tidak berhasil dalam menghambat infeksi CMV akibat tidak terdapat pengaruh berbeda nyata pada masa inkubasi CMV meskipun berbeda nyata pada intensitas serangan. Aplikasi konsentrasi sebanyak 6000 ppm (konsentrasi tertinggi) bukan merupakan konsentrasi paling efektif dalam percobaan inhibitor yang dilakukan.



SUMMARY

Renhard Christoper Manalu. 125040201111080. Application of Basil Plant Extract (*Ocimum sanctum* L.) as Resistance Inducers and Inhibitor Infection of *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) at Chili Plant (*Capsicum annum* L.). Supervised by Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. and Fery Abdul Choliq SP., MP., MSc.

Chili (*Capsicum annum* L.) is one of the important horticultural commodities that are widely used as spices in Indonesia. The productivity of chili, although increasing rapidly, is currently relatively low at 8.06 tonnes / ha of wet chili from the target of Directorate of Food and Agriculture at 20 ton / ha (Direktorat Pangan dan Pertanian, 2013). One of the things that causes the low productivity of the chili is due to infection of the disease in plants, especially those caused by viral infections. One of the major diseases in chili plants caused by viruses is Cucumber Mosaic Virus (CMV). One way to control CMV attacks is by giving basil plant extract. Plants given basil extract treatment can reduce the intensity of CMV attacks on chili plants. The purpose of this research is to find out whether the basil plant extract can function as an inhibitor of CMV infection and inducer systemic resistance in chili plants also how many concentration and how many application frequencies are effective in the treatment.

The research was conducted at Pesticide Toxicology Laboratory and Plant Disease Laboratory, Department of Plant Pest and Disease, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang on August 2017 until to January 2018. The method used in this research using two experiments. The first experiment tested the role of basil plant extract as a systemic resistance inducers on chili plant using Completely Randomized Design (CRD) consisting of 5 treatments and 4 replications resulting in a total of 20 experimental units. Treatment consisted of F₀: Without application of basil plant extract; F₁: Application 1 time at 18 Day After Planting (DAP); F₂: Application 2 times at the age of 18 and 22 DAP; F₃: Application 3 times at the age of 18, 22, and 26 DAP; F₄: Application 4 times at the age of 18, 22, 26, and 30 DAP. The second experiment tested the role of basil extract as an inhibitor of CMV infection using CRD consisting of 5 treatments and 4 replications. Each treatment that is K₀: Inoculum without mixed of basil plant extract; K₁: Inoculum mixed with 1500 ppm basil plant extract; K₂: Inoculum mixed with 3000 ppm basil plant extract; K₃: Inoculum mixed with 4500 ppm basil plant extract; K₄: Inoculum mixed with 6000 ppm basil plant extract. Observational data were analyzed using F test of 5% level, if the difference was significant it was continued by Least Significant Difference Test (LSD) at 5% error level.

The results showed that the CMV inhibitor incubation period was between 5 and 7 days. The highest attack intensity is F₀ at 47.18% and the lowest is F₄ at 27.38%. In the experiment systemic resistance inducer, incubation period between 5 to 10 days. The highest disease intensity is at K₀ at 43.83% and the lowest K₄ is at 23.12%. The highest plant height is K₂ 37.63 cm and the lowest K₁ is 31.97 cm. The highest amount of chlorophyll is K₄ as much as 18.82 mg/l and the lowest K₀ is 16.04 mg/l. Based on these results it can be concluded that the experiment was not successful in inducing the resistance of chili plants but gave a significant difference in the frequency application of 2 and 4 times. Application 4 times repeatedly (the highest number of application frequencies) is not the most effective

application frequency in the experiment. In CMV inhibitor experiments showed no success in inhibiting CMV infection due to no significant different effect on CMV incubation period although significantly different in intensity of disease. Application of concentration of 6000 ppm (highest concentration) is not the most effective concentration in the CMV inhibitor experiment.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi Penelitian dengan judul “Aplikasi Ekstrak Tanaman Asal Kemangi (*Ocimum Sanctum* L.) Sebagai Penginduksi Ketahanan Sistemik dan Inhibitor Terhadap Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) Pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.)”.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS selaku dosen pembimbing utama atas pengarahan, saran, dan bimbingannya.
2. Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc. selaku dosen pembimbing pendamping atas pengarahan, saran dan bimbingannya.
3. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan.
4. Seluruh staf jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Orang tua, keluarga, dan orang terdekat saya atas nasihat, dorongan dan doanya.
6. Dan semua pihak yang telah membantu kelancaran pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, sumbangan pemikiran, kritik serta saran sangat diharapkan.

Malang, Agustus 2018

Renhard Christoper Manalu

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 8 April 1994 di Medan, Sumatera Utara dari pasangan Alm. Bapak Drs. Saidin Manalu dan Ibu Asmida Uly Panjaitan. Penulis merupakan anak ketiga dari 5 bersaudara. Riwayat pendidikan penulis yang pernah ditempuh yaitu pendidikan dasar di SD Swasta Santo Thomas 2 Medan (2000-2006), kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Swasta Methodist-6 Medan (2006-2009), selanjutnya di SMA Negeri 4 Medan (2009-2012). Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan pada semester V penulis masuk Jurusan HPT (Hama dan Penyakit Tumbuhan).

Selama menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi, penulis aktif mengikuti keorganisasian yaitu Christian Community (CC) FP UB sebagai Wakil Ketua Umum periode 2014-2015. Selain itu, penulis pernah aktif mengikuti beberapa kepanitiaan seperti Ketua Panitia Acara Paskah CC FP UB 2013, Ketua Divisi Keamanan Natal CC FP UB 2013, anggota panitia Retreat penyambutan mahasiswa baru (2013-2016).

Penulis pernah melakukan kegiatan magang kerja selama tiga bulan dari bulan Juli sampai Oktober 2015 di Kebun Sei Putih PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) III Galang, Sumatera Utara.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	v
RIWAYAT HIDUP	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
1.5 Manfaat.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Cabai Besar (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	5
2.2 <i>Cucumber Mosaic Virus</i> (CMV).....	7
2.3 Kandungan Nabati Tanaman Kemangi (<i>Ocimum sanctum</i> L.)....	10
2.4 Cara Pembuatan Ekstrak Tanaman.....	11
2.5 Karakteristik Inaktivasi Partikel Virus.....	13
2.6 Ketahanan Tanaman Terinduksi.....	15
III. METODOLOGI	18
3.1 Tempat dan Waktu.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Persiapan Penelitian.....	18
3.4 Percobaan Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Ketahanan Induksi Tanaman Cabai Besar.....	21
3.5 Percobaan Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Sebagai Penghambat Infeksi Virus (Inhibitor).....	23
3.6 Variabel Pengamatan Pada Percobaan Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Ketahanan Induksi Tanaman dan Inhibitor.....	24
3.7 Analisis Data.....	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Uji Deteksi CMV Pada Tanaman Indikator.....	26
4.2 Pengaruh Ekstrak Tanaman Terhadap Kemampuan Menghambat Infeksi (Inhibitor) CMV Pada Tanaman Cabai.....	27
4.3 Pengaruh Ekstrak Tanaman Terhadap Ketahanan Induksi Tanaman Cabai Besar.....	30
IV. KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	43



DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Genom CMV dan Fungsinya dalam Biologi Virus.....	8
2.	Perlakuan Perbedaan Frekuensi.....	21
3.	Perlakuan Perbedaan Konsentrasi.....	23
4.	Skor Intensitas Serangan.....	24
5.	Masa Inkubasi CMV Percobaan Inhibitor Menggunakan Ekstrak Tanaman Kemangi.....	27
6.	Rerata Intensitas Serangan Pada Percobaan Inhibitor CMV.....	28
7.	Masa Inkubasi CMV pada Tanaman Cabai Besar Akibat Perlakuan Induksi Ketahanan Menggunakan Ekstrak Tanaman Kemangi.....	31
8.	Rerata Intensitas Serangan Pada Percobaan Ketahanan Induksi.....	33
9.	Tinggi Tanaman pada Tanaman Cabai Besar Akibat Perlakuan Induksi Ketahanan Menggunakan Ekstrak Tanaman Kemangi.....	34
10.	Tabel ANOVA Masa Inkubasi Percobaan Ketahanan Induksi.....	44
11.	Tabel ANOVA Tinggi Tanaman Percobaan Ketahanan Induksi.....	44
12.	Tabel ANOVA Intensitas Serangan Percobaan Ketahanan Induksi..	44
13.	Tabel ANOVA Jumlah Klorofil Percobaan Ketahanan Induksi.....	44
14.	Tabel ANOVA Masa Inkubasi Pada Percobaan Inhibitor CMV.....	44
15.	Tabel ANOVA Tinggi Tanaman Pada Percobaan Inhibitor CMV...	44
16.	Tabel ANOVA Intensitas Serangan Percobaan Inhibitor CMV.....	45
17.	Tabel ANOVA Jumlah Klorofil Pada Percobaan Inhibitor CMV.....	45



DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1	Tampilan Mikroskopis Cucumber Mosaic Virus (CMV).....	7
2	Cara Pembuatan SAP.....	22
3	Nekrotik Lesio Lokal Pada <i>Vigna Unguiculata</i> L.....	26
4	Gejala Perlakuan F0, F2, dan F4 Pada Percobaan Inhibitor CMV...	29
5	Gejala Mosaik dan Mengerut Pada Daun Tanaman Cabai Besar (<i>Capsicum annuum</i> L.)	31
6	Grafik Jumlah Klorofil Total Percobaan Ketahanan Induksi.....	35
7	Denah Percobaan Penginduksi Ketahanan Tanaman.....	43
8	Denah Percobaan Inhibitor Infeksi CMV	43

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1	Denah Percobaan.....	43
2	Tabel ANOVA.....	44



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cabai besar (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting yang banyak digunakan sebagai rempah di Indonesia. Cabai besar mengandung kapsaisin, dihidrokapsaisin, vitamin (A dan C), zat warna kapsantin, karoten, kapsarubin, zeasantin, kriptosantin, dan lutein. Selain itu, juga mengandung mineral, seperti zat besi, kalium, kalsium, fosfor, dan niasin. Kandungan vitamin A dan C yang cukup tinggi menjadikan cabai besar sebagai salah satu sumber vitamin A dan C yang penting bagi tubuh (Kementan, 2016).

Kebutuhan penggunaan cabai besar sebagai rempah maupun sebagai bahan dalam industri pengolahan pangan semakin meningkat, maka kebutuhan cabai besar terus meningkat setiap tahunnya. Produktivitas cabai, walaupun meningkat cukup cepat, pada saat ini dapat dikatakan masih relatif rendah berkisar 8,06 ton/ha cabai basah dari target Direktorat Pangan dan Pertanian sebesar 20 ton/ha (Direktorat Pangan dan Pertanian, 2013). Salah satu hal yang menyebabkan masih rendahnya produktivitas cabai besar tersebut adalah karena infeksi penyakit pada tanaman, terkhususnya yang diakibatkan oleh infeksi virus.

Salah satu penyakit penting pada tanaman cabai besar yang disebabkan oleh virus adalah *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Gejala pada daun tanaman cabai besar yang terserang CMV terlihat dari adanya gejala mosaik yang umumnya muncul pada daun bagian pucuk, yaitu daun muda yang memperlihatkan perubahan warna belang hijau muda kekuningan diantara warna hijau normal atau hijau tua (Ong, 1995). Selain daun, buahnya juga lebih kecil dari biasanya dan sering pembentukan buah pada bagian puncak batang terhambat (Semangun, 2000). Penyakit ini tersebar cukup luas di Indonesia dan hampir selalu ditemukan pada pertanaman cabai besar dengan proporsi kejadian penyakit yang berbeda-beda (Taufik *et al.* 2005).

Kehilangan hasil yang disebabkan oleh CMV pada cabai besar dapat mencapai lebih dari 60% (Herison *et al.* 2007). Kisaran inang CMV sangat luas diantaranya dapat menyerang pada tanaman sayuran, ornamental, dan buah-buahan dan mempunyai lebih dari 800 spesies tanaman inang seperti tanaman ketimun, melon, labu, cabai, bayam, tomat, seledri, bit, polong-polongan, pisang, tanaman

family *Crucifereae*, delphinium, gladiol, lili, petunia, tulip, zinnia, termasuk beberapa gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman inang utama (Ong, 1995). Jenis tanaman inang yang banyak akan memudahkan virus ini untuk bertahan pada saat tanaman inang utama tidak ada di lapangan.

Pengendalian virus masih bersifat preventif, seperti penggunaan varietas tahan, pengendalian gulma, pergiliran tanaman dan pengendalian biologis yaitu melalui perlindungan silang (Hadiastono, 1998). Metode lain dalam pengendalian yang efektif dan efisien salah satunya adalah dengan menginduksi ketahanan tanaman menggunakan agen biologis dari tanaman lainnya, salah satunya adalah tanaman kemangi (*Ocimum sanctum* L.).

Kemangi merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat yaitu sebagai obat, pestisida nabati, penghasil minyak atsiri, sayuran dan minuman penyegar (Hadipoentyanti dan Wahyuni, 2008). Kemangi dapat diproses ke dalam bentuk minyak atsiri untuk pengaplikasiannya di lapang. Manfaat minyak atsiri tanaman kemangi dalam pengobatan digunakan sebagai antivirus, antimikroba, antioksidan, dan antikanker (Sullivan, 2009). Kemangi mengandung minyak atsiri, Saponin, flavonoid, tanin dan senyawa geranoil, eugenol, linalol serta senyawa lain yang mudah menguap. Minyak kemangi dilaporkan mengandung eugenol > 65% (Wiwin *et al*, 2008).

Menurut Jassim & Naji (2003), senyawa flavonoid dan caumarin bekerja menghalangi sintesis RNA, senyawa terpenoid dan saponin menghambat sintesis DNA, senyawa tannin dan fenol menghambat replikasi RNA dan DNA virus, sedangkan quercetin mampu menghambat enzim transkriptase dan polimerase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri efektif terhadap virus patogen pada tanaman seperti CMV, TMV, CPMV, BCMV, MBMV, SBMV, CaVMV, dan pada konsentrasi 3000 ppm ekstrak tanaman kemangi dapat menginduksi ketahanan terhadap serangan CMV (Bishop, 1995).

Penelitian sebelumnya menekankan konsentrasi yang lebih tepat untuk menekan gejala CMV, namun penting untuk mengetahui bagaimana pengaruh frekuensi aplikasi ekstrak tanaman kemangi secara berulang sebagai penginduksi ketahanan dan penghambat (inhibitor) untuk menekan masa inkubasi dan intensitas

gejala penyakit yang diakibatkan oleh CMV pada tanaman yang spesifik yaitu cabai.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah ekstrak tanaman kemangi dengan konsentrasi tertentu dapat menghambat infeksi CMV pada tanaman cabai besar (inhibitor)?
2. Berapa konsentrasi ekstrak tanaman kemangi yang efektif menghambat infeksi CMV pada tanaman cabai besar (inhibitor)?
3. Apakah pemberian ekstrak tanaman kemangi dengan aplikasi berulang meningkatkan ketahanan tanaman cabai besar terhadap infeksi CMV?
4. Berapa frekuensi aplikasi ekstrak tanaman kemangi yang efektif terhadap induksi ketahanan tanaman cabai?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh ekstrak tanaman kemangi dengan konsentrasi tertentu dalam menghambat infeksi CMV pada tanaman cabai besar (inhibitor).
2. Untuk mengetahui konsentrasi ekstrak tanaman kemangi yang efektif menghambat infeksi CMV pada tanaman cabai besar (inhibitor).
3. Untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak tanaman kemangi dengan aplikasi berulang dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai besar terhadap infeksi CMV.
4. Untuk mengetahui jumlah frekuensi aplikasi ekstrak tanaman kemangi yang efektif terhadap induksi ketahanan tanaman cabai.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Percobaan ekstrak tanaman kemangi dengan konsentrasi tertentu dapat menghambat infeksi CMV pada tanaman cabai besar (inhibitor).
2. Aplikasi dengan konsentrasi 6000 ppm efektif dalam menghambat infeksi CMV pada tanaman cabai besar (inhibitor).

3. Percobaan ekstrak tanaman kemangi dengan aplikasi tertentu secara berulang dapat memicu ketahanan sistemik terinduksi pada tanaman cabai besar yang terinfeksi CMV.
4. Aplikasi sebanyak 4 kali secara berulang efektif dalam meningkatkan ketahanan cabai besar terinfeksi CMV.

1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh perbedaan frekuensi aplikasi ekstrak tanaman kemangi terhadap infeksi CMV dalam menginduksi ketahanan pada tanaman cabai besar dan mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi perlakuan dalam menghambat infeksi CMV terhadap tanaman cabai besar.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.)

Tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.) termasuk tanaman semusim yang berbentuk perdu, tumbuh tegak dan mudah dijumpai di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman cabai besar banyak mengandung vitamin A dan C serta mengandung *capsaicin*, yang menyebabkan rasa pedas dan memberikan kehangatan dan panas bila digunakan untuk rempah-rempah (bumbu dapur). Tanaman cabai besar berasal dari benua Amerika tepatnya daerah Peru dan menyebar ke negara-negara benua Amerika, Eropa dan Asia termasuk Indonesia. Di Indonesia tanaman cabai besar tersebar luas di berbagai daerah seperti Purworejo, Kebumen, Tegal, Pekalongan, Pati, Padang, Bengkulu dan lain sebagainya (Sunaryono, 2003).

Dalam dunia tumbuh-tumbuhan, tanaman cabai besar tergolong dalam keluarga terung-terungan (*Solanaceae*). Secara umum, klasifikasi tanaman cabai besar adalah sebagai berikut; Kingdom: Plantae; Divisi: Magnoliophyta; Kelas: Magnoliopsida; Ordo: Solanales; Famili: Solanaceae; Genus: *Capsicum*; Spesies: *Capsicum annuum* L. Daun tanaman cabai besar bervariasi menurut spesies dan varietasnya. Ada daun yang berbentuk oval, lonjong, bahkan ada yang lanset. Warna permukaan daun bagian atas biasanya hijau muda, hijau, hijau tua, bahkan hijau kebiruan. Sedangkan permukaan daun pada bagian bawah umumnya berwarna hijau muda, hijau pucat, atau hijau. Permukaan daun ada yang halus ada pula yang berkerut-kerut. Ukuran panjang daun cabai besar antara 3-11 cm, dengan lebar antara 1-5 cm. Batang pada tanaman cabai besar tidak berkayu, bentuknya bulat sampai agak persegi dengan posisi yang agak cenderung tegak. Warna batang kehijauan sampai keunguan dengan ruas berwarna hijau atau ungu. Pada batang-batang yang telah tua (batang paling bawah), akan muncul warna coklat seperti kayu. Ini merupakan kayu semu yang diperoleh dari pengerasan jaringan parenkim. Biasanya batang akan tumbuh sampai ketinggian tertentu, kemudian membentuk banyak percabangan (Sunaryono, 2003).

Perakaran tanaman cabai besar cukup rumit. Akar tunggangnya dalam dengan susunan akar sampingnya (serabut) yang baik. Biasanya di akar terdapat bintil-bintil yang merupakan hasil simbiosis dengan beberapa mikroorganisme.

Bunga tanaman cabai besar merupakan bunga sempurna. Artinya dalam satu tanaman terdapat bunga jantan dan bunga betina. Pemasakan bunga jantan dan betina dalam waktu yang sama ataupun hampir sama, sehingga tanaman dapat melakukan penyerbukan sendiri. Bunga berbentuk bintang, biasanya tumbuh pada ketiak daun, dalam keadaan tunggal atau bergerombol dalam tandan. Dalam satu tandan biasanya terdapat 2-3 bunga saja. Mahkota bunga tanaman cabai besar warnanya putih, putih kehijauan dan ungu. Diameter bunga antara 5-20 mm. Tiap bunga memiliki 5 daun buah dan 5-6 daun mahkota (Purwanto, 2007). Buah cabai besar berbentuk kerucut memanjang, lurus atau bengkok, meruncing pada bagian ujungnya, menggantung, permukaan licin mengkilap, diameter 1-2 cm, panjang 4-17 cm dan bertangkai pendek. Buah muda berwarna hijau tua, setelah masak berubah menjadi merah cerah. Biji yang masih muda berwarna kuning, setelah tua menjadi coklat, berbentuk pipih dan berdiameter sekitar 4 mm (Sunaryono, 2003).

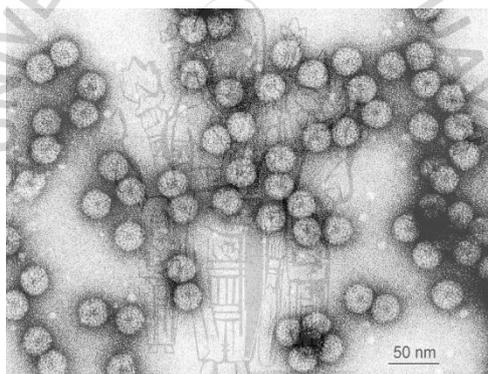
Tanaman cabai besar hidup optimal pada daerah yang memiliki tipe iklim lembab sampai agak lembab dengan curah hujan berkisar antara 600-1200 mm/tahun dan jumlah bulan basah 3-9 bulan. Pada umumnya tanaman cabai besar lebih menghendaki ditanam di daerah yang terbuka (Martodireso dan Widada, 2011). Suhu udara yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai besar berkisar antara 21-28⁰C. Suhu harian yang terlalu terik, yakni di atas 32⁰C menyebabkan tepung sari tanaman cabai besar tidak berfungsi untuk melakukan pembuahan. Selain itu, suhu harian yang terik dapat menyebabkan bunga dan buahnya terbakar. Suhu tanah juga berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara terutama N dan P. Apabila pada waktu berbunga suhu turun di bawah 15⁰C, maka pembuahan dan pembijiannya terganggu. Pada suhu ini, unsur mikro yang penting untuk pertumbuhan buah sukar diserap oleh tanaman cabai besar sehingga terjadi buah tanpa biji ataupun *pertenokarpi*. Suhu udara yang rendah, menyebabkan banyak cendawan penyakit daun menyerang tanaman cabai besar, terutama apabila disertai dengan kelembaban tinggi (Sunaryono, 2003).

Tanah yang subur dan banyak mengandung humus (bahan organik), gembur dan memiliki drainase baik sangat cocok untuk budidaya tanaman cabai besar. Tanaman cabai besar sebenarnya dapat tumbuh di segala macam tipe tanah dan ketinggian tempat. Tanaman cabai besar akan tumbuh baik pada ketinggian 0-1300

mdpl. Bahkan pada ketinggian 1500 mdpl pun tanaman ini masih mapu untuk tumbuh dan berbuah baik. Tanah yang air tanahnya dangkal dan porositasnya rendah menyebabkan tanaman cabai besar mudah terserang hama dan penyakit akar, penyakit layu, serta keguguran pada daun dan buahnya. pH tanah yang baik untuk tanaman ini berkisar 5-6. Namun begitu tanaman ini sangat toleran terhadap tanah masam yang pHnya kurang dari 5, hanya saja buahnya kurang lebat dan pertumbuhannya kerdil (Martodireso dan Widada,2011).

2.2. *Cucumber Mosaic Virus (CMV)*

CMV termasuk dalam kelompok *Cucumovirus*, yang memiliki suhu inaktivasi anatar 60-75⁰C, dengan titik pengenceran akhir 10⁻⁴ (Palukaitis *et al.*, 1997 dalam Budiarti, 2010). Menurut Gibbs dan Harrison (1976), CMV memiliki bentuk mikroskopis bulat atau isometrik dengan diameter 30 nm seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Mikroskopis Cucumber Mosaic Virus (CMV)

CMV mempunyai tiga RNA genom beruntai tunggal (RNA 1, 2, 3) dan satu RNA subgenom (RNA 4). Masing-masing RNA ini mempunyai fungsi genomik yang berbeda (Kaper dan Waterwoth, 2001 dalam Budiarti,2010). Berdasarkan beberapa kriteria, isolat CMV dibagi menjadi subgrup I dan II. Edward dan Gonsalves (1999) dalam Budiarti (2010) membaginya berdasarkan *peptide mapping* dari protein mantel (*coat protein*), dan Piazolla *et al.*, (2000) dalam Budiarti (2010) dengan menggunakan hibridisasi RNA. cDNA probe yang dikembangkan oleh Owen dan Palukaitis (1998) dalam Budiarti (2010), Wahyuni dan Francki (1996) juga berhasil membedakan isolat CMV subgrup I dari isolat subgrup II.

CMV membutuhkan 3 buah RNA untai tunggal fungsional (RNA 1, 2, 3) untuk dapat menginfeksi. Subgenom RNA ke 4 adalah kurir lapisan protein subgenomik, komponen RNA ke 5 merupakan molekul RNA berukuran kecil yang sepenuhnya bergantung pada virus penolong untuk replikasinya tetapi tidak mendukung virus penolong dengan fungsi esensial apapun (Gallitelli, 1998 dalam Budiarti, 2010). Genom CMV dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Genom CMV dan Fungsinya dalam Biologi Virus

Fragmen RNA	Panjang nukleotida (bp)	Fungsi dalam inang
RNA 1	3357-3389	Proses infeksi
RNA 2	3035-3050	Infeksi dan ekspresi gejala, sintesis protein
RNA 3	2197-2216	<i>Coat protein</i> dan penularan melalui kutu daun
RNA 4	1031-1034	Subgenom untuk <i>coat protein</i>
RNA 5	332-386	satRNA untuk mempengaruhi ekspresi gejala

Serangan CMV pada cabai besar dapat menyebabkan berbagai perubahan pada daun seperti perubahan warna (mosaik atau belang); perubahan bentuk (menggulung, deformasi, menyempit, mengkerut atau berubah seperti tali sepatu/*shoestring*, berukuran lebih kecil); dan mengalami nekrosis (membentuk cincin-cincin nekrotik). Gejala pada batang adalah batang mengalami *stunt* (kerdil). Sedangkan pada buah adalah buah akan mengalami distorsi, diskolorasi, deformasi, *sunken areas*, *black spot*, bercak dan cincin-cincin nekrotik, serta buah bengkok. Pada tanaman cabai besar, CMV dapat menyebabkan gejala mosaik yang parah pada daun. Pada daun yang lebih tua akan tampak gejala nekrotik cincin, buah akan mengalami malformasi bentuk, serta terdapat bercak atau cincin berwarna kuning di tengah pada buah dari tanaman yang terserang CMV (Clark dan Adams, 1977).

CMV melakukan infeksi secara sistemik pada banyak tanaman. Organ atau jaringan tanaman lebih tua yang berkembang sebelum terinfeksi virus biasanya tidak dipengaruhi oleh keberadaan virus, namun jaringan atau sel-sel muda yang berkembang setelah terinfeksi virus sangat dipengaruhi dan umumnya memperlihatkan gejala akut. Gejala virus akan meningkat beberapa hari setelah terjadinya infeksi, kemudian menurun sampai pada taraf tertentu atau sampai tanaman mati. CMV relatif kurang stabil dalam ekstrak tanaman (sap). Pada suhu

ruang infektifitasnya cepat menurun dan akan hilang setelah beberapa jam (Agrios, 2005).

CMV terdapat hampir di semua negara dengan strain dan sifat biologinya yang berbeda-beda. Dengan kisaran inang yang luas maka gejala yang ditimbulkannya pun beragam (Siregar, 1993). CMV mempunyai kisaran inang yang sangat luas, terdapat pada tanaman sayuran, hias dan buah-buahan. Selain menyerang ketimun, CMV juga menyerang tanaman melon, labu, cabai besar, bayam, tomat, seledri, bit, polong-polongan, pisang, tanaman famili *Crucifereae*, delphinium, gladiol, lili, petunia, tulip, zinia dan beberapa jenis gulma (Agrios, 2005). Virus ini dilaporkan dapat menginfeksi lebih dari 800 spesies tanaman, dapat menyebabkan kerugian besar pada berbagai jenis tanaman (Palukaitis *et al.*, 1997 dalam Budiarti, 2010). Lebih dari 60 isolat CMV sudah diketahui sifat-sifatnya (Kaper dan Waterwoth, 2001 dalam Budiarti, 2010).

Penyebaran CMV dapat dilakukan oleh lebih dari 60 spesies aphid, khususnya oleh *Aphis gossypii* dan *Myzus persicae* secara non-persisten. Virus ini bisa ditularkan hanya dalam waktu 5-10 detik dan ditranslokasikan dalam waktu kurang dari satu menit. Kemampuan CMV untuk ditranslokasikan menurun kira-kira setelah 2 menit dan biasanya hilang dalam 2 jam. Selain itu, beberapa isolat dapat kehilangan kemampuannya untuk ditularkan oleh spesies kutu daun tertentu tapi tetap dapat ditularkan oleh spesies kutu daun yang lain. Berbagai spesies gulma dapat menjadi inang CMV, oleh karenanya dapat menjadi sumber virus bagi tanaman budidaya lain (Khetarpal *et al.*, 1998 dalam Budiarti, 2010). Pada daerah subtropis CMV dapat melewati musim dingin dan bertahan pada gulma-gulma tahunan (Agrios, 2005).

2.3. Kandungan Nabati Tanaman Kemangi (*Ocimum sanctum* L.)

Kemangi merupakan tanaman semak semusim yang mengandung minyak atsiri. Berdasarkan penelitian pada genus *Ocimum*, kemangi mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, triterpenoid dan minyak atsiri (Ketaren, 1985).

Beberapa bahan kimia yang terkandung pada seluruh bagian tanaman kemangi diantaranya adalah 1,8 sineol, anthol, apigenin, stigmaasterol, tritofan, tannin, sterol dan boron, sedangkan pada daunnya penelitian fitokimia telah membuktikan adanya flavonoid, glikosid, asam gallic dan esternya, asam caffeic

dan minyak atsiri yang mengandung eugenol sekitar 70,5% sebagai komponen utama, osimen, pinen, linalool, sineol, geraniol, metil kavikol, metil sitramat, sitral, kamfor, timol, benzoil, sitronela, lionen (Kusuma, 2010). Menurut Hariana (2008), daun kemangi mengandung tannin (4,6%), flavonoid, steroid/triterpenoid, minyak atsiri (2%), asam heksauronat, pentosa, xilosa, asam metil homoanisat, molludistin dan asam ursolat. Rendemen minyak atsiri yang terkandung dalam daun kemangi sebesar 0,2-0,55% (Dewi, 2008).

Dalam penelitian Safitri (2015) menjelaskan bahwa ekstrak daun kemangi dapat menghambat perkecambahan jamur *Phakopsora pachyrizi* penyebab penyakit karat pada tanaman kedelai. Pemanfaatan eugenol sebagai fungisida juga mampu menekan serangan jamur patogen tanaman diantaranya *Phytophthora palmivora* pada tanaman lada, *Fusarium oxysporum* pada vanili, *Drechslera maydis* pada tanaman jagung (Towaha, 2012). Adapun sebagai bakterisida mampu mengendalikan beberapa bakteri patogen seperti *Bacillus subtilis* pada tanaman jahe, *Staphylococcus aureus* pada tanaman nilam dan *Escheria coli* pada tanaman kentang (Wiratno, 2009).

Menurut Jassim & Naji (2003), senyawa flavonoid dan caumarin bekerja menghalangi sintesis RNA, senyawa terpenoid dan Saponin menghambat sintesis DNA, senyawa tannin dan fenol menghambat replikasi RNA dan DNA virus, sedangkan quercetin mampu menghambat enzim transkriptase dan polimerase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri efektif terhadap virus pathogen pada tanaman seperti *Tobacco Mosaic Virus* (TMV), *Cowpea Mosaic Virus* (CPMV), *Bean Common Mosaic Virus* (BCMV), *Mung Bean Mosaic Virus* (MBMV), *Southern Bean Mosaic Virus* (SBMV), dan *Carnation Ring Spot Mosaic Virus* (CaVMV) (Bishop, 1995; Reitz et al., 2008).

2.4. Cara Pembuatan Ekstrak Tanaman Kemangi

2.4.1. Penyulingan (Destilasi)

Proses pemisahan komponen yang berupa cairan atau padatan dari dua macam campuran atau lebih berdasarkan perbedaan titik uapnya, dan proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air. Dalam perkembangan pengolahan minyak atsiri telah dikenal tiga macam sistem penyulingan,

diantaranya:

1. Penyulingan dengan Air (Water Distillation)

Penyulingan dengan air merupakan metode paling sederhana jika dibandingkan dua metode penyulingan yang lain. Bahan yang akan disuling dimasukkan dalam ketel yang telah diisi air sehingga bahan bercampur langsung dengan air. Perbandingan jumlah air perebus dan bahan baku dibuat berimbang, sesuai dengan kapasitas ketel. Bahan yang telah mengalami proses pendahuluan seperti perajangan dan pelayuan dimasukkan dan dipadatkan. Selanjutnya, ketel ditutup rapat agar tidak terdapat celah yang mengakibatkan uap keluar.

Uap yang dihasilkan dari perebusan air dan bahan dialirkan melalui pipa pendingin sehingga terjadi pengembunan (kondensasi). Selanjutnya air dan minyak ditampung dalam tangki pemisah. Pemisahan air dan minyak dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenis (Wonorahardjo, 2013).

2. Penyulingan dengan Air dan Uap (Water and Steam Distillation)

Metode ini disebut juga dengan sistem kukus. Pada metode pengukusan, bahan diletakkan di atas piringan atau plat besi berlubang seperti ayakan yang terletak beberapa sentimeter di atas permukaan air. Saat air direbus dan mendidih, uap yang terbentuk akan melalui saringan lewat lubang-lubang kecil dan melewati celah-celah bahan. Minyak atsiri dalam bahan pun akan ikut bersama uap panas tersebut melalui pipa menuju ketel kondensator (pendingin). Selanjutnya, uap air dan minyak akan mengembun dan ditampung dalam tangki pemisah. Pemisahan air dan minyak atsiri dilakukan berdasarkan berat jenis (Rusli, 2010).

3. Penyulingan dengan Uap

Pada sistem ini, air sebagai sumber uap panas terdapat dalam “boiler” yang letaknya terpisah dari ketel penyulingan. Uap yang dihasilkan mempunyai tekanan lebih tinggi dari tekanan udara luar. Proses penyulingan dengan uap ini baik jika digunakan untuk menyuling bahan baku minyak atsiri berupa kayu, kulit batang, maupun biji-bijian yang relatif keras (Wonorahardjo, 2013).

2.4.2. Ekstraksi dengan Pelarut Mudah Menguap

Prinsip dari ekstraksi ini adalah melarutkan minyak atsiri dalam bahan dengan pelarut organik yang mudah menguap. Pelarut organik akan berpenetrasi ke dalam jaringan dan akan melarutkan minyak serta bahan “non volatil” yang berupa

resin, lilin dan beberapa macam zat warna. Proses ekstraksi biasanya dilakukan dalam suatu wadah disebut “ekstraktor”. Berbagai pelarut yang biasa digunakan adalah petroleum ether, carbon tetra chlorida, chloroform dan pelarut lainnya yang bertitik didih rendah (Kardinan, 2005).

Pembuatan minyak atsiri dengan pelarut menguap dilakukan dengan menggunakan ekstraktor. Ekstraktor yang digunakan untuk mengekstrak minyak atsiri dari bunga terdiri dari tabung ekstraktor berputar dan tabung evaporator (penguap) (Rusli, 2010).

2.4.3 Ekstraksi dengan Lemak Dingin (Enfleurasi)

Proses ekstraksi ini digunakan khusus untuk mengekstraksi minyak bunga-bunga, dalam rangka mendapatkan mutu dan rendemen minyak yang tinggi. Pada umumnya bunga setelah dipetik akan tetap hidup secara fisiologis. Daun bunga terus menjalankan proses hidupnya dan tetap memproduksi minyak atsiri dan minyak yang terbentuk dalam bunga akan menguap dalam waktu singkat. Untuk itu ekstraksi dengan pelarut mudah menguap menghasilkan rendemen minyak yang rendah. Untuk mendapatkan rendemen minyak yang lebih tinggi dan bermutu baik, proses fisiologi dalam bunga selama proses ekstraksi berlangsung perlu dijaga agar tetap berlangsung dalam waktu selama mungkin sehingga bunga tetap dapat memproduksi minyak atsiri. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menggunakan lemak hewani atau nabati (Kusuma, 2010).

Sama halnya dengan ekstraksi menggunakan pelarut menguap, ekstraksi minyak atsiri dengan metode lemak dingin memerlukan evaporator untuk memisahkan minyak atsiri dari lilin dan alkohol pelarutnya. Selain itu, dibutuhkan lempeng kaca dan rak tertutup pada proses adsorpsi minyak atsiri dari bunga. Sedang bahan penunjang yang digunakan yaitu lemak dan alkohol. Lemak berfungsi sebagai absorben atau penyerap minyak atsiri dari bunga. Sementara alkohol digunakan untuk memisahkan minyak atsiri dari lemak (Kardinan, 2005).

2.4.4 Ekstraksi dengan Lemak Panas (Maserasi)

Metode pembuatan minyak dengan lemak panas tidak berbeda jauh dengan lemak dingin. Bahan dan peralatan yang digunakan pun tidak jauh berbeda. Perbedaannya hanya terletak pada bagian awal proses, yaitu menggunakan lemak

panas. Sedangkan alat yang digunakan yaitu evaporator vakum. Selain itu, dibutuhkan wadah berupa bak atau baskom untuk merendam bunga dalam lemak panas. Bahan yang diperlukan dalam metode maserasi yaitu lemak dan alkohol. Lemak digunakan sebagai adsorben, sedangkan alkohol digunakan untuk melarutkan lemak (Wonorahardjo, 2013).

2.5. Karakteristik Inaktivasi Partikel Virus

Ada beberapa cara untuk menginaktivasi infektivitas partikel virus, namun sebelumnya perlu diketahui macam-macam karakteristik virus (Nurhayati, 2012). Tiga karakteristik virus tersebut antara lain: titik panas inaktivasi (*Thermal Inactivation Point/TIP*), titik batas pengenceran (*Dilution End Point/DEP*) dan ketahanan in vitro (*Longevity In Vitro/LIV*).

2.5.1. Thermal Inactivation Point/TIP

TIP adalah suhu yang diperlukan untuk sepenuhnya menonaktifkan virus dalam cairan sap selama 10 menit. Kestabilan virus diperiksa dengan menghomogenkan jaringan yang terinfeksi dengan sejumlah kecil buffer atau larutan penyangga. Sap yang telah dimasukkan ke dalam tabung reaksi dipanaskan dalam air selama 10 menit. Pengujian pendahuluan harus dengan interval 10⁰C (30⁰C ke 100⁰C). Setelah dipanaskan, tabung reaksi didinginkan dalam air es dingin untuk selanjutnya diinokulasikan ke tanaman uji (tanaman uji yang digunakan sebaiknya adalah tanaman indikator yang menunjukkan reaksi gejala lokal).

Tanaman uji diamati selama 3-4 minggu untuk melihat perkembangan gejala dan mencatat kisaran temperatur dimana aktivitas virus berhenti (misal:60,70⁰C). Selanjutnya untuk penentuan titik inaktivasi, kisaran temperatur dibagi menjadi lima interval kecil (59, 62, 65, 68 dan 71⁰C). Lima tabung reaksi yang berisi sap dipanaskan kembali seperti pada pengujian terdahulu dan diinokulasikan pada tanaman indikator. TIP merupakan temperatur terendah dimana tidak ada gejala muncul pada tanaman uji yang diinokulasi.

2.5.2. Dilution End Point/DEP

DEP ialah tingkat pengenceran sap tertinggi, dimana pada tingkat pengenceran tertentu virus menjadi tidak aktif lagi atau tidak menyebabkan sakit pada inangnya. Pengujian dapat dilakukan dengan pengenceran sap tanaman 10⁻¹,

10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , dan 10^{-8} . 10^{-1} berarti 1 ml sap ditambah dengan 9 ml buffer yang kemudian dihomogenkan. Setiap pengenceran selanjutnya diinokulasikan pada tanaman uji yang peka.

2.5.3. Longevity In Vitro/LIV

LIV ialah keadaan dimana suatu virus dalam sap jika disimpan pada waktu yang meningkat (suhu kamar 20-22⁰C), maka pada perlakuan lama waktu tertentu akan mengalami inaktivasi. Sebagai contoh, jika gejala muncul pada tanaman yang diinokulasi dengan sap yang disimpan pada suhu ruang 60 hari, tetapi tidak ada gejala lagi setelah 90 hari, berarti LIV-nya adalah antara 60-90 hari. Untuk penentuan LIV yang lebih tepat dapat dilakukan pengujian sap pada kisaran interval dua hari dalam rentang 60-90 hari.

Menurut Gibbs dan Harrison (1976) untuk menginaktifkan partikel virus dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- a. Agen fisika, dengan perlakuan mekanik memanfaatkan getaran ultrasonik, radiasi ion (X-, γ -, dan β -rays bersamaan dengan partikel bermuatan berat seperti partikel α , proton dan deuteron), serta radiasi non ion dengan pemanfaatan radiasi ultraviolet.
- b. Agen fisika-kimia, yang terdiri dari pemanasan, pembekuan dan pencairan, pengeringan, serta nilai pH.
- c. Agen kimia dan biokimia seperti dengan penggunaan deterjen, fenol, urea, asam asetat dan alkalis. Selain itu dapat juga memanfaatkan pelarut organik, asam nitrat, formaldehid, sistem pengoksidasi (dengan tidak memasukkan oksigen atau menambahkan agen reduktor lain seperti asam thioglikolik atau zat-zat seperti sodium dietil dithiokarbamat yang menonaktifkan enzim dan bereaksi dengan *o*-quinon) tannin, enzim (tripsin, chymotripsin, pepsin atau papain) dan antibodi.

2.6. Ketahanan Tanaman Terinduksi

Ketahanan tanaman terinduksi adalah fenomena terjadinya peningkatan ketahanan tanaman terhadap infeksi oleh patogen setelah terjadi rangsangan. Ketahanan ini merupakan perlindungan tanaman bukan untuk mengeliminasi patogen tetapi lebih kepada aktivitas dari mekanisme pertahanan tanaman.

Ketahanan terinduksi dikategorikan sebagai perlindungan secara biologi pada tanaman dimana tanaman adalah target metode ini bukan patogennya. Induksi resistensi atau imunisasi atau resistensi buatan adalah suatu proses stimulasi tanaman inang tanpa introduksi gen-gen baru. Induksi resistensi menyebabkan kondisi fisiologis yang mengatur sistem ketahanan menjadi aktif dan menstimulasi mekanisme resistensi alami yang dimiliki oleh inang (Rahmawati *et al.*, 2014).

Ada dua bentuk ketahanan terinduksi yang umum yaitu *Systemic Acquired Resistance* (SAR) dan *Induced Systemic Resistance* (ISR). Ketahanan tanaman terinduksi dapat dipicu dengan penambahan bahan-bahan kimia tertentu, mikroorganisme non-patogen, patogen avirulen, ras patogen inkompatibel dan patogen virulen yang infeksinya gagal karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Ketahanan tanaman terinduksi karena penambahan senyawa kimia atau menginokulasikan patogen nekrotik sering diistilahkan dengan induksi SAR. Induksi SAR dicirikan dengan terbentuknya akumulasi asam salisilat (*salicylic acid*, SA) dan protein PR (*Pathogenesis-Related protein*, PR). Sedangkan ketahanan terinduksi karena agen biotik non-patogenik sering dikenal dengan ISR, seperti oleh rizobakteria (Rahmawati *et al.*, 2014).

2.6.1. Systemic Acquired Resistance (SAR)

Pada umumnya, ketahanan terimbas ialah ketahanan sistemik. Hal ini terjadi karena daya pertahanan ditingkatkan tidak hanya pada bagian tanaman yang terinfeksi, tetapi juga pada jaringan terpisah tempat yang tidak terinfeksi. Oleh karena bersifat sistemik, ketahanan terimbas umumnya dirujuk sebagai SAR. Akan tetapi, ketahanan terimbas tidak selalu ditampakkan secara sistemik, dapat juga ditampakkan secara setempat (*Locally Acquired Resistance/LAR*), meskipun keaktifannya sama terhadap beragam tipe patogen tanaman. Ketahanan sistemik terinduksi dapat dipicu oleh agen biologis seperti mikroorganisme nonpatogenik (Oka, 2002), bahan organik tertentu, atau dengan bahan kimia (Keesman *et al.*, 1994 dalam Duriat, 2008). Untuk menghadapi serangan patogen dibutuhkan asam salisilat sebagai molekul sinyal pada tanaman dan disertai dengan induksi *Pathogenesis Related-protein*.

SAR mengacu pada jalur sinyal transduksi yang diaktivasi oleh pembentukan lesio nekrotik lokal, juga sebagai reaksi hipersensitivitas dalam reaksi

inkompatibel atau sebagai gejala penyakit dalam reaksi kompatibel. SAR tergantung pada tanaman dan *elisor* patogen, ketahanan akan muncul pada periode tertentu dengan mengkorespondensikan waktu yang dibutuhkan untuk akumulasi dan transkripsi *PR-protein* serta produksi asam salisilat pada tanaman inang. SAR membutuhkan akumulasi asam salisilat atau *PR-protein* dalam sistem regulasi. Gen yang mengekspresikan SAR dihubungkan secara kolektif dengan gen SAR, termasuk β 1,3 glukukanase, PR-1 protein dan kitinase (Rahmawati *et al.*, 2014).

SAR juga dikarakterisasi oleh hubungan akumulasi koordinasi mRNA yang mengkode satu set gen SAR. Ekspresi dari gen ini terdiri dari 14 famili gen yang berhubungan dengan banyak gen yang mengkode *PR-protein* yang juga termasuk kriteria yang dapat dihubungkan SAR dengan berbagai respon ketahanan. Akumulasi peroksidase dapat memicu lignifikasi pada dinding sel tanaman, sehingga dapat membatasi translokasi virus pada tanaman (Goodman *te al.*, 1986 dalam Taufik, 2010).

2.6.2. Induced Systemic Resistance (ISR)

Ketahanan sistemik terinduksi (KST/ISR) pada dasarnya memiliki kesamaan dengan SAR. Mekanisme ini terjadi sebagai akibat adanya infeksi oleh patogen sehingga tanaman memberikan respon berupa reaksi-reaksi pertahanan seperti reaksi hipersensitivitas yang menyebabkan terjadinya lesio nekrotik pada daerah terserang. Beberapa peneliti telah melaporkan beberapa faktor yang dapat memicu ISR seperti senyawa kimia (siderofor, antibiotik dan ion Fe) yang dihasilkan rizobakteria dan komponen sel bakteri (dinding sel mikroba, flagella, filli, membran lipopolisakarida) dapat sebagai *elisor* dalam menginduksi ketahanan secara sistemik. Ketahanan sistemik terinduksi dapat juga dipicu atau dirangsang oleh ekstrak tumbuhan seperti *Clerodendrum aculeatum* (Verma *et al.*, 1996 dalam Duriat, 2008), *Mirabilis jalapa* (Somowiyarjo *et al.*, 2001 dalam Duriat, 2008) serta *Clerodendrum japonicum*, *Euphorbia hirta* dan *M. Jalapa* (Hersanti, 2004 dalam Duriat, 2008).

Mekanisme ISR terjadi sebagai akibat perubahan fisiologi tanaman yang kemudian menstimulasi terbentuknya senyawa kimia yang berguna dalam pertahanan terhadap serangan patogen. Perubahan fisiologi tersebut dapat berupa

modifikasi struktural dinding sel atau perubahan reaksi biokimia pada tanaman inang.

Induksi resistensi tanaman merupakan aktivitas pertahanan tanaman untuk melindungi diri dari patogen. Gen pertahanan pada tanaman tidak akan diekspresikan sebelum induksi resistensi diberikan, ekspresi ketahanan baru akan muncul setelah adanya inokulasi *challenge* (infeksi susulan) pada waktu dan lokasi yang berbeda. Aktivasi gen untuk melindungi tanaman dapat diinduksi secara sistemik dengan *signalling molecules* yang dihasilkan pada tempat agens *Inducer Systemic Resistance* dan ditransportasi dengan difusi atau melalui sistem pembuluh tanaman inang (Rahmawati *et al.*, 2014).



III. METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kawat jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Toksikologi Pestisida jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan dari bulan Agustus 2017 sampai Januari 2018.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah polybag berukuran 5 kg, label, gunting, plastik, cetok, timbangan analitik, cuvet, spektrofotometer, orbital shaker, gelas ukur (vol. 100ml), erlenmeyer, botol semprot, mortar dan penumbuk, cawan petri, gunting, ajir bambu, alat tulis dan kamera.

Bahan yang digunakan adalah inokulum CMV yang berasal dari tanaman cabai besar yang diperoleh dari lapang. Benih cabai besar yang digunakan adalah varietas Gada. Media tanah, karborundum 600 mesh, aquadest steril, kain kasa, alkohol 70%, kapas, buffer fosfat 0,01 M pH 7, aseton 80%, pupuk organik, dan tanaman cabai besar untuk memperbanyak inokulum CMV dari tanaman cabai besar yang sakit.

3.3. Persiapan Penelitian

3.3.1. Persiapan Media Tanam dan Benih

Tanah yang digunakan sebagai media tanam berasal dari tanah yang diambil dari sekitar rumah kawat. Media tanam berupa tanah kemudian dicampur menggunakan pupuk organik dengan perbandingan 1:1. Tanah yang sudah dicampur dengan pupuk organik tersebut diayak menggunakan ayakan tanah. Setelah itu ditutup menggunakan plastik selama ± 7 hari. Setelah itu plastik dibuka untuk dikeringanginkan selama 7 hari. Tanah siap dimasukkan pada polybag berukuran 5 kg.

Sebelum ditanam benih cabai besar direndam pada air hangat 25° - 30° C selama ± 15 menit. Perendaman benih bertujuan untuk mempercepat waktu dorman sehingga proses perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat. Kemudian benih direndam dalam fungisida Dithane M-45 selama ± 5 menit. Benih disemaikan pada

media semai berupa nampan plastik yang telah diisi dengan media tanam. Benih dipindahkan dari media semai ke polybag berukuran 5 kg setelah berumur \pm 21 hari.

3.3.2. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi berbagai upaya menjaga tanaman agar tetap tumbuh dan berkembang dengan baik, meliputi: penyiraman, pemupukan (sebagai pupuk dasar) dan pengendalian hama dan penyakit selain virus.

1. Penyiraman

Penyiraman pada tanaman cabai besar dilakukan setiap hari yaitu pada waktu pagi dan sore hari atau bila kondisi tanah pada polybag telah kering dan jumlah air disesuaikan dengan kebutuhan tanaman sehingga tidak mengalami kekeringan.

2. Pemupukan

Pemupukan dilakukan menggunakan pupuk kandang yang diberikan pada saat persiapan media tanam dan empat minggu setelah tanam. Dosis yang diberikan pada saat persiapan media tanam adalah 1:1 antara pupuk dengan media tanah. Kemudian pemberian pupuk kandang empat minggu setelah tanaman diberikan dengan dosis secukupnya disesuaikan dengan kondisi tanah dan kecukupan media tanam pada polybag tanaman.

3. Pengendalian Hama, Penyakit dan Gulma

Pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) selain CMV dilakukan secara mekanis dan sanitasi gulma yang tumbuh di sekitar tanaman inang. Untuk pengendalian hama dilakukan juga dengan mengambil hama tersebut dan memamatkannya.

3.3.3. Persiapan Inokulum dan Uji Tanaman Indikator

Inokulum yang digunakan berasal dari tanaman cabai besar yang terserang virus CMV. Inokulum tersebut didapatkan dari lapang. Sebelum inokulum CMV digunakan dalam penelitian, terlebih dahulu diidentifikasi dengan menggunakan tanaman indikator yaitu *Vigna unguiculata* L. Plant Viruses Online (2017) menyatakan bahwa gejala serangan CMV pada tanaman indikator *Vigna unguiculata* L. adalah klorotik lesio lokal. Setelah itu virus diperbanyak menggunakan tanaman cabai besar. Penularan virus dilakukan secara mekanis.

3.3.4. Pembuatan Ekstrak Tanaman Kemangi

Tanaman kemangi yang telah berbunga ditimbang berat basahnya dan sebelum dilakukan ekstraksi terlebih dahulu dilakukan pengeringan untuk mengurangi kelembaban pada tanaman yang akan diekstraksi. Proses pengeringan dihindarkan dari paparan sinar matahari untuk menghindari berkurangnya kadar atsiri melalui penguapan. Tanaman kemangi yang sudah dikeringanginkan selanjutnya dilakukan penyacahan menjadi bagian-bagian berukuran kecil dan dimasukkan ke dalam plastik bersegel rapat yang selanjutnya bahan segera diekstraksi untuk mencegah terjadinya penurunan kadar atsiri. Penyacahan bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan tanaman untuk mendapatkan jumlah minyak atsiri yang optimal, sedangkan penggunaan plastik bersegel bertujuan agar tidak terjadi penguapan pada tanaman saat penyimpanan sebelum diekstraksi.

Pembuatan ekstrak tanaman kemangi dilakukan menggunakan metode ekstraksi menggunakan pelarut mudah menguap di Laboratorium Toksikologi Jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Pembuatan ekstrak tanaman dengan pelarut mudah menguap dilakukan dengan menggunakan ekstraktor. Ekstraktor yang digunakan untuk mengekstrak tanaman terdiri dari tabung ekstraktor berputar dan tabung evaporator (penguap). Pertama tanaman yang telah dicacah dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dicampurkan dengan methanol 80% dengan perbandingan 1:1. Kemudian erlenmeyer diletakkan pada orbital shaker dengan kecepatan rotasi 150- 200 rpm selama 4-5 jam. Kemudian larutan tadi disaring menggunakan kertas saring untuk menyaring sisa tanaman sehingga didapatkan larutan cair alkohol tanpa ampas. Larutan ini kemudian dimasukkan pada tabung atau labu evaporator. Tabung ekstraktor berputar dipasang pada tempatnya, kemudian alirkan air menuju tabung pendingin dan mesin dihidupkan. Tunggu proses selama 4-5 jam hingga didapatkan ekstrak berupa minyak berwarna kuning jernih pada labu ekstraktor berputar (Rusli, 2010). Hasil sulingan ditampung dalam botol kaca berwarna gelap untuk mencegah ekstrak mengalami perubahan warna dan menjadi rusak akibat terdegradasi oleh paparan cahaya baik cahaya matahari maupun cahaya lampu dalam ruangan (Koensoemardiyah, 2010)

3.3.5. Pembuatan Sap

Langkah awal pembuatan sap dimulai dengan mempersiapkan daun cabai besar yang terserang CMV. Kemudian daun tersebut diambil sebanyak 5 g dan ditumbuk dengan mortar. Setelah daun hancur, ditambahkan larutan buffer fosfat 0,01 M pH 7 sebanyak 10 ml. Lalu dilakukan penyaringan dengan kain kasa. Penyaringan menggunakan kain kasa bertujuan untuk memperoleh sap kasar. Setelah didapatkan sap kasarnya kemudian diinokulasikan ke tanaman indikator dan tanaman uji (Agrios, 2005).

3.4. Percobaan Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Ketahanan Induksi Tanaman Cabai besar

3.4.1. Metode Penelitian

Penelitian metode pertama dilaksanakan melalui percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan lima perlakuan perbedaan frekuensi aplikasi. Setiap perlakuan varietas diulang empat kali. Untuk setiap perlakuan masing-masing ulangan menggunakan 2 tanaman uji. Perlakuan perbedaan frekuensi aplikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan Perbedaan Frekuensi

Perlakuan	Frekuensi Aplikasi	HST Aplikasi
F ₀	Tanpa aplikasi	-
F ₁	1 kali	14 HST
F ₂	2 kali	14 dan 18 HST
F ₃	3 kali	14, 18, dan 22 HST
F ₄	4 kali	14, 18, 22, dan 26 HST

Denah percobaan dapat dilihat di lampiran no.1.

3.4.2. Pelaksanaan Percobaan

1. Aplikasi Ekstrak Tanaman Kemangi

Konsentrasi ekstrak tanaman kemangi yang digunakan adalah sebanyak 3000 ppm atau sebanyak 3 ml/L. Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan konsentrasi yang sesuai untuk memicu ketahanan sistemik tanaman terhadap CMV (Bishop, 1995). Penginduksian dilakukan dengan menyemprotkan ekstrak tanaman kemangi menggunakan *hand sprayer* pada dua helai daun cabai besar termuda (bukan kotiledon) yang telah membuka penuh (Hersanti, 2003). Tiga puluh menit kemudian dilakukan pembilasan menggunakan air pada permukaan

daun yang telah disemprot ekstrak tanaman kemangi. Pengulangan aplikasi ekstrak kemangi pada sebagian perlakuan dilakukan sesuai dengan metode yang telah direncanakan

2. Inokulasi Virus (CMV)

Inokulasi atau penularan virus dilakukan 24 jam setelah aplikasi ekstrak tanaman kemangi pada umur tanaman 14 HST. Inokulasi virus dilakukan secara mekanis menggunakan karborundum 600 mesh. Karborundum ditaburkan pada dua helai daun cabai besar termuda kemudian permukaan daun diusap dengan jari secara perlahan untuk melukai epidermis daun. Inokulasi virus dilakukan dengan mengoleskan sap pada daun yang telah dilukai menggunakan kapas secara perlahan. Setelah sepuluh menit, tanaman yang diinokulasi dibilas dengan aquades steril untuk menghilangkan sisa-sisa karborundum yang masih melekat pada permukaan daun tanaman uji. Alur proses inokulasi virus secara mekanis dapat dilihat pada Gambar 2.

Karborundum 600 mesh dioleskan pada permukaan daun dengan perlahan

Sap dioleskan pada permukaan daun tanaman uji

Setelah \pm 10 menit, permukaan daun dibilas dengan aquades

Diamati hingga muncul gejala pada tanaman uji

Gambar 2. Inokulasi virus secara mekanis dengan sap (Agrios, 2005)

3.4.3. Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan selama 4 minggu dimulai sejak 1 HSI hingga 28 HSI sesuai disesuaikan dengan interval waktu masing-masing variabel pengamatan. Variabel pengamatan percobaan induksi ketahanan tanaman meliputi masa inkubasi, intensitas serangan CMV, kandungan klorofil pada daun dan tinggi tanaman.

3.5. Percobaan Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Penghambatan Infeksi Virus (Inhibitor)

3.5.1. Metode Penelitian

Peran ekstrak tanaman kemangi sebagai penghambat infeksi virus diuji melalui percobaan pencampuran sap dengan ekstrak tanaman pada konsentrasi bertingkat. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan perbedaan konsentrasi aplikasi. Setiap perlakuan diulang empat kali. Untuk setiap perlakuan masing-masing menggunakan 2 tanaman uji dan data dirata-rata. Perlakuan perbedaan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perlakuan Perbedaan Konsentrasi

No	Perlakuan	Konsentrasi Aplikasi (ppm)
1.	K ₀	0
2.	K ₁	1500
3.	K ₂	3000
4.	K ₃	4500
5.	K ₄	6000

Denah percobaan dapat dilihat pada lampiran no.1.

3.5.2. Pelaksanaan Percobaan

Ekstrak tanaman kemangi dicampurkan dengan sap yang mengandung CMV sesuai konsentrasinya masing-masing. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali dan setiap ulangan terdiri dari 2 tanaman uji. Inokulasi diawali dengan pembubuhan karborundum 600 mesh pada permukaan daun, kemudian mengoleskan campuran ekstrak tanaman kemangi dan sap CMV secara searah. Selanjutnya dilakukan pembilasan menggunakan air untuk menghilangkan sisa-sisa karborundum.

3.5.3. Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan selama 4 minggu dimulai sejak 1 HSI hingga 28 HSI sesuai disesuaikan dengan interval waktu masing-masing variabel pengamatan. Variabel pengamatan yang digunakan untuk pelaksanaan percobaan inhibitor infeksi CMV meliputi masa inkubasi dan intensitas serangan CMV.

3.6. Variabel Pengamatan

3.6.1. Masa Inkubasi dan Kenampakan Gejala

Masa inkubasi merupakan waktu dimana awal tanaman terinfeksi virus sampai tanda-tanda dan gejala pada daun muncul. Pengamatan masa inkubasi dilakukan tiap hari, sejak hari pertama setelah inokulasi CMV sampai timbulnya gejala pertama pada masing-masing perlakuan.

3.6.2. Intensitas Serangan CMV

Pengamatan dilakukan terhadap tingkat serangan CMV setiap satu minggu sekali sampai minggu ke empat setelah inokulasi yang didasarkan dari kenampakan gejala pada daun. Pengukuran intensitas serangan dilakukan pada setiap tanaman untuk masing-masing perlakuan yang menandakan adanya gejala dari infeksi CMV. Intensitas serangan CMV dihitung menggunakan rumus:

$$I = \sum \frac{n \times v}{Z \times N} \times 100\%$$

Ket:

I = intensitas serangan

n = jumlah daun yang terserang pada setiap kategori untuk setiap tanaman

v = nilai skor pada setiap daun yang terserang

Z = nilai skor yang tertinggi

N = jumlah daun yang diamati pada setiap serangan

Penilaian skor intensitas serangan dimulai dari skor 0-4. Skor 0 menunjukkan tanaman sehat dan penambahan sebanyak 25% gejala mosaik diindikasikan penambahan poin 1 skor. Penilaian intensitas serangan per tanaman dapat dilihat berdasarkan penilaian yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Skor Intensitas Serangan.

Skor	Gejala Serangan
0	Tanaman tidak menunjukkan gejala virus (sehat).
1	Luas mosaik pada daun < 25%
2	Luas mosaik pada daun 25-<50% disertai melepuh
3	Luas mosaik pada daun ≥ 50% disertai melepuh
4	Tanaman menunjukkan gejala malformasi, daun melepuh dan kerdil

3.6.3. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan setiap satu minggu sekali sampai minggu ke empat setelah inokulasi CMV dilakukan dengan menggunakan penggaris satuan cm.

3.6.4. Analisis Klorofil

Analisis kadar klorofil dilakukan menggunakan spektrofotometer berdasarkan prosedur yang dilakukan oleh Hendry dan Grime (1993) sebagai berikut: Daun yang telah membentang sempurna diambil 1 gram, kemudian potongan daun tersebut dihancurkan dalam mortar dan kemudian ditambahkan 10 ml aseton 80%. Penggerusan dilakukan sampai seluruh klorofil larut dalam aseton 80% dengan ampas telah menjadi putih. Larutan disentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Setelah itu 3 ml filtrat dimasukkan ke dalam kuvet kemudian dimasukkan ke dalam spektrofotometer. Absorbansi (A) diukur pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Konsentrasi klorofil dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- a. Klorofil a = $12,7 (A.663) - 2,69 (A.645)$ mg/l
- b. Klorofil b = $22,9 (A.645) - 4,68 (A.663)$ mg/l
- c. Klorofil total = $8,02 (A.663) + 20,2 (A.645)$ mg/l

3.7. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam pada taraf kesalahan 5% untuk mengetahui adanya pengaruh dari perlakuan. Apabila terdapat pengaruh perlakuan terhadap data yang dikumpulkan, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5% menggunakan aplikasi software DSAASTAT.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Deteksi CMV Pada Tanaman Indikator

4.1.1. Masa Inkubasi dan Gejala Serangan

Tanaman Indikator yang digunakan untuk mendeteksi CMV adalah *Vigna unguiculata* L. Percobaan pada tanaman indikator berhasil menunjukkan gejala yang sesuai dengan deskripsi gejala CMV pada *Vigna unguiculata* L., yaitu lesio lokal nekrotik. Hal ini sesuai dengan *Plant Viruses Online* (2018) yang mengatakan bahwa infeksi CMV pada tanaman tersebut menunjukkan gejala berupa *necrotic local lesions*. Masa inkubasi gejala nekrotik lesio lokal akibat infeksi CMV pada *Vigna unguiculata* L. yang diamati muncul setelah 7 hari. Gejala pada tanaman indikator dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nekrotik lesio lokal pada *Vigna Unguiculata* L. (a. 7 HSI tanaman ke-1 *V. Unguiculata* L., b. 7 HSI tanaman ke-2 *V. Unguiculata* L.)

Masa inkubasi pada beberapa tanaman berkisar 5 hingga 14 hari setelah inokulasi dilakukan. Perbedaan masa inkubasi bisa terjadi karena perbedaan dari jenis tanaman yang diinokulasi dan kecepatan virus bermultiplikasi di dalam jaringan tanaman terinfeksi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hadiastono (2010) yang mengatakan bahwa penyebaran virus di dalam jaringan tanaman dapat terjadi apabila ada kompatibilitas antara inang dengan virus yang menginfeksi.

4.2. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Kemampuan Menghambat Infeksi (Inhibitor) CMV Pada Tanaman Cabai

4.2.1. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Masa Inkubasi CMV pada Percobaan Inhibitor CMV

Percobaan ekstrak kemangi sebagai inhibitor tidak menunjukkan perbedaan nyata pada seluruh perlakuan. Perlakuan tanpa ekstrak kemangi dan perlakuan 3000 ppm menunjukkan masa inkubasi yang sama, yaitu 5 hari. Perlakuan sebanyak 1500 dan 4500 ppm juga menunjukkan masa inkubasi yang sama, yaitu 5,5 hari. Perlakuan sebanyak 6000 ppm menunjukkan masa inkubasi yang berbeda dari yang lainnya, yaitu 6,5 hari. Rerata masa inkubasi CMV pada tanaman cabai besar pada percobaan inhibitor dijabarkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Masa Inkubasi CMV pada Tanaman Cabai Besar Percobaan Inhibitor Menggunakan Ekstrak Tanaman Kemangi

Konsentrasi Aplikasi (ppm)	Rerata Masa Inkubasi (HSI)
0	5 SB: $\pm 1,1$
1500	5,5
3000	5
4500	5,5
6000	6,5

Keterangan : Analisis menggunakan ANOVA dan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5%.

Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi ekstrak kemangi pada tanaman cabai terhadap masa inkubasi CMV di dalam tanaman menunjukkan efek yang berbeda- beda pada beberapa variasi perlakuan, namun tidak berbeda nyata antara yang satu dengan yang lain. Ekstrak kemangi yang dicampurkan dengan sap berfungsi sebagai inhibitor ataupun penghambat aktivitas virus menginfeksi di dalam tanaman. Mekanisme kerja antivirus secara umum yaitu menghambat reproduksi dengan cara menghambat formasi salah satu protein inti sehingga DNA menjadi hancur, bereaksi dengan polymerase RNA dan mengakibatkan penghambatan proses transkripsi, menghambat sintesis RNA yang bergantung pada DNA, menghambat sintesis DNA dengan cara bergabung dengan DNA dan menghambat DNA polymerase (Syahrurachman, 1994).

Perbedaan masa inkubasi pada setiap perlakuan diduga karena faktor keberhasilan virus bermultiplikasi dalam jaringan inang serta faktor genetik atau jenis dari tanaman yang mengalami infeksi virus. Dugaan ini diperkuat oleh

pernyataan Bos (1983) yang menyatakan bahwa gejala tanaman yang terinfeksi virus ditentukan oleh keberhasilan virus bermultiplikasi dalam jaringan, sedangkan tanggapan inang bergantung pada kerentanannya yaitu kesiapan tanaman untuk menerima virus dan membantu perbanyakannya.

4.2.2. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Intensitas Serangan CMV pada Percobaan Inhibitor CMV

Uji analisis ragam pada percobaan inhibitor berdasarkan intensitas serangan menunjukkan terdapat perbedaan nyata pada beberapa perlakuan. Perlakuan konsentrasi 0 ppm merupakan perlakuan dengan intensitas serangan tertinggi yaitu sebanyak 47,18%, sedangkan perlakuan dengan konsentrasi sebanyak 6000 ppm memiliki intensitas serangan paling rendah, yaitu sebanyak 27,38%. Rerata intensitas serangan pada percobaan inhibitor CMV dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rerata Intensitas Serangan pada Percobaan Inhibitor CMV

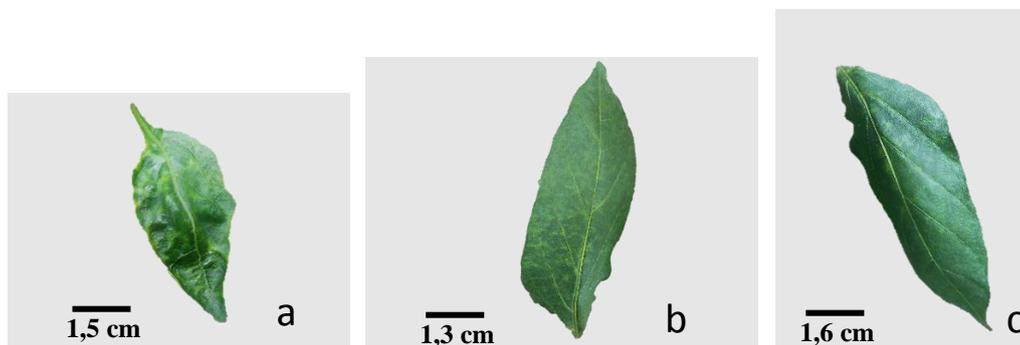
Konsentrasi Aplikasi (ppm)	Intensitas Serangan (%)
0	47,18 a SB: ±8,08
1500	41,72 ab
3000	46,06 a
4500	36,7 b
6000	27,38 c

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Perlakuan 0 ppm dengan 3000 ppm tidak memiliki perbedaan nyata di antara keduanya dengan intensitas serangan berada pada kisaran 46-48%, sedangkan perlakuan konsentrasi 1500 ppm berbeda nyata dengan konsentrasi 0 dan 3000 ppm. Perlakuan dengan konsentrasi sebanyak 4500 ppm berbeda nyata dengan perlakuan 1500 ppm, sedangkan untuk perlakuan dengan konsentrasi tertinggi yaitu 6000 ppm berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya dengan tingkat intensitas serangan sebanyak 27,38%.

Gejala penyakit yang ditampilkan pada perlakuan F₀, F₂, dan F₄ menunjukkan pada perlakuan F₀ menunjukkan gejala berat berupa mosaik pada daun dan bentuknya mengecil hingga mengerut, pada perlakuan F₂ gejala yang ditunjukkan mengalami penurunan berupa mosaik dan bentuk daun mengerut pada pangkal daun, dan pada perlakuan F₄ gejala yang ditampilkan berupa mosaik dan sedikit

pengerutan pada pangkal daun. Gejala pada perlakuan F₀, F₂, dan F₄ dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Gejala perlakuan F₀, F₂, dan F₄ pada percobaan inhibitor CMV (a) Perlakuan F₀ daun tampak mosaik, mengecil dan mengkerut; (b) Perlakuan F₂ daun tampak mosaik dan mengkerut; (c) Perlakuan F₄ daun sedikit mosaik dan sedikit mengkerut.

Rasio antara intensitas penyakit pada perlakuan konsentrasi 6000 ppm dengan 0 ppm mendekati 2:1 atau terjadi penurunan hampir 50%. Sehingga dapat dikatakan bahwa senyawa atau kandungan di dalam tanaman kemangi mampu untuk melawan patogen CMV menghambat proses infeksi dari patogen CMV. Ekstrak kemangi mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, triterpenoid dan minyak atsiri. Menurut penelitian Orazov et.al., (2005), menunjukkan bahwa flavonoid dari golongan flavonol dan flavon mampu menghambat partikel virus dengan berikatan pada selubung yang dimiliki oleh virus sehingga menghalangi ikatan antara virus dengan reseptor pada sel target. Selain itu flavonoid tersebut dapat menyebabkan denaturasi atau koagulasi protein sehingga sel yang ditumpangi (hospes) parasit atau virus akan mati dan proses replikasi dari CMV akan terhambat secara otomatis jumlah virus akan berkurang. Senyawa lainnya yaitu saponin berfungsi untuk menstimulasi sel yang telah terinfeksi oleh virus dengan meningkatkan kekebalan pada sel inang dan menghalangi pembentukan kapsid virus di dalam sel inang sehingga virus hasil replikasi ini tidak sempurna yang dapat berakibat pada rusaknya partikel virus itu sendiri (Syahrurachman, 1994).

Pada penelitiannya, Gibbs dan Harrison (1976) mengemukakan bahwa senyawa tanin mampu menginaktifkan partikel virus dengan cara mengombinasikan dan mengendapkan keduanya. Jumlah inaktivasinya tergantung pada rasio tanin untuk partikel virus dalam campuran dan tidak bergantung pada spesies tanaman uji yang digunakan. Selain itu, reaksi antara partikel virus dan tanin

juga bergantung pada jenis virus yang digunakan. Tanin mampu mengikat asam nukleat dari virus saat melakukan penetrasi dan menghambat replikasi sehingga proses multiplikasi dan penyebaran virus menjadi terhambat. Menurut Jassim & Naji (2003), tanaman kemangi yang mengandung senyawa flavonoid dan caumarin bekerja menghalangi sintesis RNA, senyawa terpenoid dan saponin menghambat sintesis DNA, senyawa tannin dan fenol menghambat replikasi RNA dan DNA virus, sedangkan quercetin mampu menghambat enzim transkriptase dan polimerase.

Selain senyawa-senyawa tadi, eugenol juga berperan dalam aktivitas inhibitor CMV. Oyedemi *et al.*, (2008) menyatakan bahwa eugenol melakukan aktivitas mikroba antara lain mengganggu fungsi membran sel, menginaktivasi enzim, menghambat sintesis kitin, sintesis asam nukleat dan protein serta menghambat produksi energi oleh ATP (*adenosine triphosphate*).

4.3. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Ketahanan Induksi Tanaman Cabai

4.3.1. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Masa Inkubasi CMV Pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

Pengamatan masa inkubasi dilakukan sejak hari pertama inokulasi CMV ke tanaman hingga hari pertama munculnya gejala penyakit oleh inokulum tersebut. Hasil masa inkubasi dari percobaan ketahanan induksi tanaman terhadap infeksi CMV menunjukkan hasil yang beragam yaitu antara 5-9,5 hari (Tabel 7).

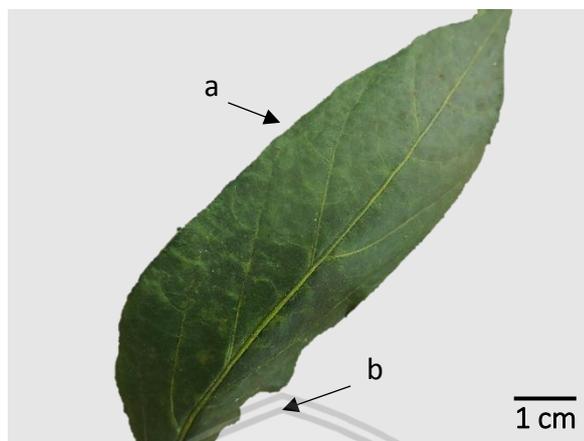
Tabel 7. Masa Inkubasi CMV pada Tanaman Cabai Besar Akibat Perlakuan Induksi Ketahanan Menggunakan Ekstrak Tanaman Kemangi

Frekuensi Aplikasi	Rerata Masa Inkubasi (HSI)		
Tanpa Aplikasi	5,75	a	SB: $\pm 2,5$
Aplikasi sebanyak 1 kali	5	a	
Aplikasi sebanyak 2 kali	6,5	ab	
Aplikasi sebanyak 3 kali	6,5	ab	
Aplikasi sebanyak 4 kali	9,5	b	

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Uji analisis ragam yang dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi sebanyak 0 (tanpa perlakuan), 1, 2, 3, dan 4 kali berbeda nyata pada beberapa perlakuan. Gejala akibat infeksi CMV muncul pada hari ke 5 hingga hari ke 10

setelah inokulasi dilakukan. Gejala yang teramati pada percobaan ketahanan induksi dan inhibitor adalah mosaik, daun mengecil dan mengerut (Gambar 5).



Gambar 5. Gejala mosaik (a) dan mengerut (b) pada daun tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.)

Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat bahwa aplikasi sebanyak 1 kali menunjukkan masa inkubasi tercepat, yaitu 5 hari. Setelah itu tanpa perlakuan menunjukkan masa inkubasi tercepat kedua yaitu selama 5,75 hari. Perlakuan aplikasi sebanyak 2 dan 3 kali menunjukkan masa inkubasi yang sama, yaitu 6,5 hari. Masa inkubasi terlama adalah perlakuan dengan aplikasi sebanyak 4 kali. Aplikasi 0 (tanpa perlakuan) dan 1 kali tidak menunjukkan berbeda nyata. Aplikasi 2 kali dan 3 kali juga tidak menunjukkan berbeda nyata satu sama lain. Berbeda nyata ditunjukkan oleh perlakuan dengan aplikasi sebanyak 4 kali. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan frekuensi perlakuan pada tanaman cabai terhadap masa inkubasi CMV di dalam tanaman menunjukkan efek yang berbeda-beda dan berbeda nyata antara beberapa variasi perlakuan.

Perbedaan masa inkubasi pada setiap perlakuan diduga karena faktor keberhasilan virus bermultiplikasi dalam jaringan inang serta faktor genetik atau jenis dari tanaman yang mengalami infeksi virus. Dugaan ini diperkuat oleh pernyataan Bos (1983) yang menyatakan bahwa gejala tanaman yang terinfeksi virus ditentukan oleh keberhasilan virus bermultiplikasi dalam jaringan, sedangkan tanggapan inang bergantung pada kerentanannya yaitu kesiapan tanaman untuk menerima virus dan membantu perbanyakannya.

Proses masuknya CMV pada tanaman hingga menunjukkan gejala harus melalui beberapa tahapan, mulai dari inokulasi, perkembangan atau multiplikasi,

penyebaran hingga munculnya gejala. Hadiastono (1998) menjelaskan bahwa setelah terjadi kontak antara virus dengan dengan sel tanaman, kemudian virus masuk ke dalam sitoplasma sel. Bagian yang aktif pada virus adalah asam nukleat, sehingga asam nukleat harus dilepaskan dari selubung proteinnya terlebih dahulu melalui reaksi esimatis sel inangnya. Menurut pernyataan Hadiastono (2010) RNA (asam nukleat) virus membawa komponen genetik pengkode spesifik untuk virus itu sendiri yang menyebabkan pembentukan RNA dan protein baru di dalam tanaman. RNA ini nantinya akan menentukan proses multiplikasi virus dalam sel inang, kemudian menyebar pada daerah tertentu pada tanaman (penyebaran lokal) atau ke seluruh bagian tanaman (penyebaran sistemik) tergantung jenis virus dan inangnya.

Gejala yang ditunjukkan pada tanaman uji terhadap infeksi CMV setelah melewati masa inkubasi yaitu berupa mosaik, daun mengecil dan mengerut, serta pertumbuhan tanaman menjadi kerdil. Hal ini sesuai dengan Subekti *et al.* (2005) yang menyebutkan dalam penelitiannya bahwa infeksi CMV pada tanaman cabai menyebabkan gejala klorosis, daun mengecil, dan ukuran tinggi tanaman menjadi lebih pendek. Hal ini didukung oleh pernyataan Sutrawati dan Sariasih (2008) yang menyatakan bahwa kemunculan gejala CMV pada tanaman cabai besar disebabkan oleh pergerakan dan multiplikasi CMV dalam tanaman menjadi terhambat akibat adanya ekstrak tumbuhan sebagai agen penginduksi ketahanan tanaman sehingga gejala lebih lambat muncul.

4.3.2. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Intensitas Serangan CMV Pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

Pengamatan intensitas serangan dilakukan setiap minggu hingga minggu ke 4 sejak munculnya gejala untuk pertama kali. Perlakuan tanpa aplikasi menunjukkan intensitas serangan tertinggi yaitu 43,83% sedangkan aplikasi sebanyak 4 kali menunjukkan intensitas serangan terendah yaitu sebanyak 23,12%. Uji analisis ragam menunjukkan perlakuan perbedaan frekuensi aplikasi memberikan perbedaan nyata terhadap intensitas serangan CMV. Rerata intensitas serangan CMV berdasarkan perbedaan frekuensi aplikasi dijabarkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rerata Intensitas Serangan pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman Cabai

Frekuensi Aplikasi	Intensitas Serangan (%)
Tanpa Aplikasi	43,83 a SB: $\pm 8,02$
Aplikasi sebanyak 1 kali	37,75 ab
Aplikasi sebanyak 2 kali	29,96 bc
Aplikasi sebanyak 3 kali	29,75 bc
Aplikasi sebanyak 4 kali	23,12 c

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Berdasarkan Tabel dapat dilihat bahwa perlakuan tanpa aplikasi memiliki tingkat intensitas serangan paling tinggi dibandingkan dengan yang lainnya yaitu sebanyak 43,83% dan perlakuan dengan aplikasi sebanyak 4 kali menunjukkan intensitas serangan paling rendah sebanyak 23,12%. Perlakuan aplikasi sebanyak 1 kali berbeda nyata dengan tanpa aplikasi, perlakuan aplikasi 2 dan 3 kali berbeda nyata dengan perlakuan aplikasi sebanyak 1 kali. Perlakuan sebanyak 4 kali berbeda nyata dengan seluruh perlakuan yang lainnya. Aplikasi sebanyak 2 dan 3 kali tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan nilai intensitas serangan yang hampir sama, yaitu 29-30%.

Pada percobaan yang dilakukan menunjukkan perlakuan tanpa aplikasi dengan aplikasi sebanyak 4 kali memiliki perbedaan intensitas serangan lebih dari 2 kali lipat. Penambahan frekuensi aplikasi memberikan dampak yang cukup signifikan, namun sifatnya hanya mengurangi bukan menghilangkan gejala serangan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Walter *et al.* (2005) yang mengemukakan bahwa keberhasilan senyawa penginduksi dalam mengendalikan serangan patogen tanaman berkisar antara 20-89%, bergantung pada jenis tanaman, kondisi fisiologis, dan faktor abiotik seperti kelembaban dan suhu.

Dari percobaan dapat diketahui bahwa penambahan bahan elisitor sebagai pemicu ketahanan induksi tidak membuat tanaman menjadi imun terhadap infeksi CMV, tetapi dapat mengurangi gejala yang ditampilkan secara signifikan. Suganda (2001) menjelaskan bahwa aplikasi bahan penginduksi ketahanan tanaman dengan perlakuan secara eksternal tidak mengakibatkan tanaman menjadi imun atau tidak terserang tetapi dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen.

4.3.3. Pengaruh Ekstrak Tanaman Kemangi Terhadap Tinggi Tanaman Cabai Besar pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan seminggu sekali dari minggu pertama sejak inokulasi hingga minggu ke empat. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan frekuensi perlakuan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap tinggi tanaman yang diamati. Hasil tinggi tanaman dari percobaan ketahanan induksi tanaman terhadap infeksi CMV dirangkum pada Tabel 9.

Tabel 9. Tinggi Tanaman Cabai Besar Akibat Perlakuan Induksi Ketahanan Menggunakan Ekstrak Tanaman Kemangi

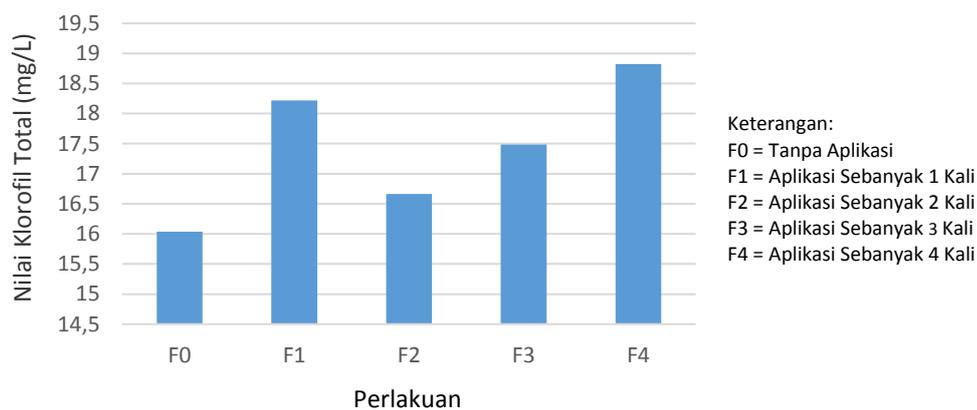
Frekuensi Aplikasi	Tinggi Tanaman (cm)
Tanpa Aplikasi	32,08 SB: ± 2,39
Aplikasi sebanyak 1 kali	31,97
Aplikasi sebanyak 2 kali	37,63
Aplikasi sebanyak 3 kali	33,01
Aplikasi sebanyak 4 kali	32,37

Keterangan : Analisis menggunakan ANOVA dan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5%.

Pada perlakuan tanpa aplikasi menunjukkan rerata tinggi tanaman 32,08 cm, sedangkan perlakuan sebanyak 1 kali reratanya 31,96 cm, perlakuan 2 kali rerata 37,63 cm, perlakuan 3 kali rerata 33,01 cm dan perlakuan 4 kali rerata 32,36 cm. Perlakuan sebanyak 2 kali merupakan tanaman uji tertinggi dan perlakuan sebanyak 1 kali merupakan tanaman uji terendah.

4.3.4. Pengaruh Ekstrak Tanaman Terhadap Jumlah Klorofil Daun Tanaman Cabai Besar pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

Pengujian jumlah klorofil menggunakan alat spektrofotometer dilakukan terakhir setelah pengamatan yang lain telah selesai dilakukan. Hasil menunjukkan pada percobaan ketahanan induksi jumlah klorofil tidak menunjukkan perbedaan nyata pada seluruh perlakuan, tetapi menunjukkan peningkatan jumlah klorofil yang stabil kecuali pada perlakuan aplikasi sebanyak 1 kali. Hal ini dapat terlihat berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Jumlah Klorofil Total Percobaan Ketahanan Induksi

Perlakuan tanpa aplikasi merupakan perlakuan dengan jumlah klorofil terendah yaitu sebanyak 16,04 mg/l. Perlakuan aplikasi 1 kali menunjukkan jumlah klorofil sebanyak 18,22 mg/l, aplikasi 2 kali sebanyak 16,66 mg/l, aplikasi 3 kali sebanyak 17,49 mg/l dan aplikasi 4 kali menjadi aplikasi dengan jumlah klorofil tertinggi yaitu sebanyak 18,82 mg/l. Nilai peningkatan yang dialami perlakuan 2 hingga 4 kali tidak berbeda jauh dengan percobaan inhibitor, yaitu sebesar 0,6-1,2 mg/l antar perlakuan yang diberikan. Namun pada perlakuan aplikasi sebanyak 1 kali jumlah klorofil cukup banyak bahkan melebihi perlakuan 2 kali dan 3 kali, hal ini bisa terjadi karena gejala yang ditampilkan pada tanaman uji perlakuan aplikasi sebanyak 1 kali dominan adalah malformasi, yaitu daun berukuran kecil dan mengerut, sedangkan untuk mosaiknya terlihat lebih sedikit dibanding dengan yang lainnya.

Pengamatan jumlah klorofil pada tanaman uji menunjukkan bahwa pada percobaan ketahanan induksi tanaman cabai besar jumlah klorofil menunjukkan peningkatan yang signifikan pada perlakuan F₂ hingga F₄. Gejala mosaik menunjukkan adanya bagian daun yang menunjukkan warna berbeda secara tidak teratur, seperti warna hijau tua yang diselingi dengan hijau muda. Pada tanaman dikotil, gejala mosaik berbentuk garis yang tidak beraturan, berwarna hijau tua dan hijau kuning. Hal ini sebagai akibat terjadinya klorosis. Gejala klorosis terjadi pada daun akibat terjadinya pengurangan klorofil, tidak normalnya bentuk kloroplas, dan kerusakan histologi sel daun seperti kerusakan sel palisade dan vakuola sel. Gejala

mosaik akibat klorosis biasanya dimulai dari sepanjang tulang daun ke seluruh bagian daun (Akin, 2006).

Salah satu senyawa yang umum terdapat di dalam tanaman adalah asam jasmonat. Konsentrasi asam jasmonat pada tanaman berkisar antara 10 ng s.d 3 μ g/g bobot segar jaringan tanaman. Asam jasmonat tersebut merupakan hormon stres tanaman yang mengaktifkan beberapa respon pertahanan. Peningkatan asam jasmonat endogen karena proses elisitasi meningkatkan sintesis metabolit sekunder tertentu. Aplikasi eksogen asam jasmonat dapat mengembalikan resistensi ke tingkat ekspresi ketahanan tanaman dalam menghambat patogen. (Retno, M., 2016)

Proses terbentuknya asam jasmonat endogen karena adanya *stress* dari lingkungan luar tanaman seperti pelukaan menimbulkan upaya pertahanan tanaman dengan membentuk fitoaleksin atau metabolit sekunder. Hal tersebut memicu sistem dan prekursornya, prosistem, untuk berikatan dengan protein kinase pada membran sel tanaman kemudian menginisiasi jalur transduksi sinyal oktadekanoid. Peristiwa pelukaan tersebut menyebabkan peningkatan Ca^{2+} dalam sitosol, depolarisasi membran, penghambatan proton ATPase pada membran plasma, dan aktivasi MAPK. Selanjutnya peristiwa tersebut diikuti pelepasan asam linolenat dari membran fosfolipid oleh fosfolipase. Asam linolenat tersebut kemudian dikonversi menjadi asam 12-oksofitodienoat yang kemudian membentuk asam jasmonat dan metil jasmonat (Kachroo & Kachroo, 2007).

Adanya akumulasi asam jasmonat dari ekstrak kemangi dan dalam tanaman inang dalam jaringan tanaman tersebut memicu pembentukan metabolit sekunder. Induksi pembentukan metabolit sekunder melalui jalur asam jasmonat meningkatkan senyawa metabolit seperti terpenoid, flavonoid, alkaloid, dan fenilpropanoid serta berbagai metabolit sekunder yang lainnya (Zhao dkk.,2005). Senyawa-senyawa inilah yang menghambat proses replikasi dan multiplikasi virus di dalam jaringan tanaman. Sumardiyono (2006) menyatakan bahwa perubahan fisiologi tanaman akibat mekanisme pertahanan dapat berupa peningkatan senyawa fenol yang menjadi racun bagi patogen atau yang dikenal sebagai fitoaleksin atau berfungsi sebagai barrier struktural dengan membentuk konjugat fenol, lignifikasi dan atau suberisasi dinding sel. Mekanisme penghambatan senyawa fenol ini terhadap virus sama seperti mekanisme inhibitor yang sudah dijelaskan sebelumnya

pada percobaan inhibitor. Adanya kandungan tanin dalam tanaman kemangi juga diduga dapat meningkatkan ketahanan alami tanaman. Ketahanan tersebut dapat berupa ketahanan mekanik yang mengubah struktur organ atau jaringan melalui akumulasi lignin atau selulosa, atau senyawa biokimia melalui sintesis senyawa ketahanan (Haerussalam *et al.*, 2013).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada percobaan ketahanan induksi tanaman cabai besar menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kemangi secara berulang belum berhasil dalam menginduksi ketahanan tanaman cabai besar namun memberikan perbedaan yang signifikan pada perlakuan frekuensi sebanyak 2 dan 4 kali.
2. Frekuensi aplikasi sebanyak 4 kali secara berulang (jumlah frekuensi aplikasi tertinggi) bukan merupakan jumlah frekuensi aplikasi paling efektif dalam percobaan yang dilakukan.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada percobaan inhibitor CMV menunjukkan tidak berhasil dalam menghambat infeksi CMV.
4. Aplikasi konsentrasi sebanyak 6000 ppm (konsentrasi tertinggi) bukan merupakan konsentrasi paling efektif dalam percobaan inhibitor yang dilakukan.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai frekuensi perlakuan dan konsentrasi yang tepat minyak atsiri murni sebagai penginduksi ketahanan tanaman dan penghambat infeksi (inhibitor) CMV karena pada penelitian kali ini masih menggunakan ekstrak kemangi, bukan minyak atsiri murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5th Ed: Elsevier Academic Press. San Diego, California USA. 952 hal.
- Akin, H. M. 2006. Virologi Tumbuhan. Kanisius. Yogyakarta.
- Bishop, C. D. 1995. Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche) cheel (Teatree) against *Tobacco Mosaic Virus*. J. Essen. Oils Research 7: 641-648.
- Bos, L. 1983. Introduction to Plant Virology. Center for Agriculture Publishing and Documentation. Wageningen. Pp 225.
- Budiarti, R. 2010. Insiden Penyakit Virus Mosaik dan Koleksi Isolat *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) Lemah yang Menginfeksi Tanaman Cabai di Bali. Pasca Sarjana Bioteknologi Pertanian. Universitas Udayana.
- Clark, M. F. dan A. N. Adams. 1977. Characteristic of the Microplate Method of Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) for The Detection of Plant Viruses. J. Gen. Virol. 34. 475-483.
- Departemen Pertanian. 2016. Road Map Peningkatan Produksi Cabai Besar Tahun 2012-2014. <https://pertanian.go.id>. Diakses tanggal 29 Desember 2016.
- Dian Puspita Dewi. 2008. Pemisahan Minyak Atsiri Daun Kemangi (*Ocimum basilicum*) Secara Kromatografi Lapis Tipis dan Aktivitasnya Terhadap *Malassezia furfur* In Vitro. Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Semarang.
- Direktorat Pangan dan Pertanian. 2013. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Bidang Pangan dan Pertanian 2015-2019. Kementrian Perencanaan Pembangunan Nasional. Jakarta.
- Duriat, A.S. 2008. Pengaruh Ekstrak Bahan Nabati dalam Menginduksi Ketahanan Tanaman Cabai terhadap Vektor dan Penyakit Kuning Keriting. J. Hort. 18(4): 446-456.
- Gibbs, A. dan B. Harrison. 1976. Plant Virology The Principles. Edward Arnold Publ. London.
- Hadiastono, T. 1998. Virologi Tumbuhan Dasar. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 83 hal.
- Hadiastono, T. 2010. Virologi Tumbuhan Dasar. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 84 hal.
- Hadipoentyanti, E. dan S. Wahyuni. Keragaman Selasih (*Ocimum spp.*) Berdasarkan Karakter Morfologi Produksi dan Mutu Herbal. Litri. 2008;14(4):141-148 hal.

- Haerussalam, A. Purwanto., dan A. Khaeruni. 2013. Induksi Ketahanan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Penyakit Bulai Melalui *Seed Treatment* Serta Pewarisannya Pada Generasi S1. *Jurnal Ilmu Pertanian* 16:42-59.
- Hariana. 2008. Tumbuhan Obat dan Khasiatnya seri 2. Penebar Swadaya. Jakarta. 204 hal.
- Herison C, Rustikawati, dan Sudarsono. 2007. Aktivitas peroksidase, skor ELISA dan respon ketahanan 29 genotipe cabai merah terhadap infeksi *Cucumber mozaic virus* (CMV). *Akta Agrosia*. 10(1):1-13.
- Jassim, S.A.A. dan M.A. Naji. 2003. Novel antiviral agents: a medicinal plant perspective. *J. Appl. Microbiol.* 95(3): 412–427.
- Kachroo, A. & Kachroo, P., 2007, Salicylic Acid, Jasmonic Acid and Ethylene Mediated Regulation of Plant Defense Signaling, *Genetic Engineering*, 28, 55-83, Springer Science, Bussines Media, LLC.
- Kardinan, A. 2005. Tanaman Penghasil Minyak Atsiri. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. 80 hal.
- Ketaren, S. 1985. Pengantar Teknologi Minyak Atsiri. Balai Pustaka. Jakarta. 427 hal.
- Koensoemardiyah. 2010. A to Z Minyak Atsiri Untuk Industri Makanan, Kosmetik, dan Aromaterapi. Penerbit Andi. Jakarta. 2 hal
- Kusuma. 2010. Efek Ekstrak Daun Kemangi Terhadap Kerusakan Hepatosit Mancit Akibat Minyak Sawit dengan Pemanasan Berulang. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Martodireso, S. dan A. S. Widada. 2011. Terobosan Teknologi Pemupukan dalam Era Pertanian Organik. Kanisius. Yogyakarta.
- Nurhayati. 2012. Virus Penyebab Penyakit Tanaman. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Palembang
- Oka, L. B. 2002. Ketahanan Sistemik Terinduksi Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.) terhadap *Cercospora capsici* Heald & Wolf, *Fusarium oxysporum* Schlecht. F.sp vasinectum Snyder & Hans., dan *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. Dengan Penginokulasian *Rhizopseudomonas* nonpatogenik. Disertasi S3. Program Pascasarjana. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Ong, C. A. 1995. Symptomatic Variants of CVMV in Malaysia. *Proceeding of the AVNET II Midterm Workshop*. Philippines 21-25 February 1995. AVRDC.
- Orazov, Oleg E., Nikita, and Valentine S. 2005. *Polyphenolic Compounds From The Some Species Of Geranium L. As An Immunostimulant Antiviral Agent At Cucurbitaceae Cultures*. Institute of Biology Russian Academy of Sciences.

- Oyedemi, S. O., A. I. Okoh, L. V. Mabinya, G. Pirochenva, dan A. J. Afolayan. 2008. The Proposed Mechanism of Bactericidal Action of Eugenol, α -Terpinol and Terpinene Against *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* and *Escherichia coli*. African Journal of Biotechnology 8(7): 1280-1286h.
- Plant Viruses Online. 2018. Descriptions and Lists from the VIDE Database *Cucumber Mosaic Cucumovirus*. Sdb.im.ac.cn. Diakses tanggal 10 Maret 2018.
- Purwanto, J. 2007. Bertanam Cabai Besar Rawit di Pekarangan. Sinar Cemerlang Abadi. Jakarta.
- Rahmawati, Y, U. Windari, dan R. Saputra. 2014. Mekanisme Ketahanan Terinduksi. Pasca Sarjana Fitopatologi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Retno, M. 2016. Modul 3 Fisiologi Tumbuhan Metabolit Sekunder Dan Pertahanan Tumbuhan. Jurusan Biologi. FMIPA. Universitas Brawijaya.
- Rusli, M. S. 2010. Sukses Memproduksi Minyak Atsiri. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. 120 hal.
- Safitri, N. 2015. Efektivitas Ekstrak Daun Sirih, Salam, dan Kemangi dalam Menghambat Perkecambahan Jamur *Phakosora pakhyrizi* penyebab penyakit karat pada kedelai. Skripsi. Universitas Brawijaya Malang.
- Semangun, H. 2000. Penyakit-penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 850 hal.
- Setiawati, W., R. Murtiningsih, N. Gunaeni, dan T. Rubiati. 2008. Tumbuhan Bahan Pestisida Nabati dan Cara Pembuatannya Untuk Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Bandung: Prima Tani Balitsa (Balai Penelitian Tanaman Sayuran).
- Siregar, E.B.M. 1993. Asosiasi Virus Mosaik Ketimun-Satelit RNA-5 dalam Memproteksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dan Cabai (*Capsicum annum* L.) Terhadap Virus Mosaik Ketimun Patogenik. Laporan Penelitian Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Subekti, D., S.H. Hidayat, E. Nurhayati, dan S. Sujiprihati. 2005. Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* dan *Chili Veinal Mottle Virus* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai. 13(2), 53-57.
- Suganda, T. 2001. Penginduksian Resistensi Tanaman Kacang Tanah Terhadap Penyakit Karat (*Puccinia arachidis* Speg.) dengan Pengaplikasian Asam Salisilat, Asam Asetat Etilendiamintetra, Kitin Asal Kulit Udang, Air Perasan Daun Melati, dan Dikaliumhidrogenfosfat. J. Agrik. 12 : 83-88.
- Sullivan, C. 2009, The Science Culture & Politics of Food, *College Seminar 235 – Food For Thought*.

- Sumardiyono. 2006. Penyakit Tanaman di Indonesia. Bandung: Intan Permata.
- Sunaryono, H. 2003. Budidaya Cabai Besar. Sinar Baru Algensindo. Bandung.
- Sutrawati, M. dan Y. Sariasih. 2008. Ekstrak Tumbuhan Sebagai Penginduksi Ketahanan Sistemik Tanaman Cabai Terhadap *Cucumber Mosaic Virus*. J. Akta Agrosia. 11(2), 96-101.
- Syahrurchman, A. 1994. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran Edisi Revisi*. Jakarta. Binapura Aksara.
- Taufik, M.; A. P. Astuti; dan S.H. Hidayat. 2005. Survei Infeksi *Cucumber Mosaic Virus* dan *Chilli Vein Mottle Virus* pada Tanaman Cabai dan Seleksi Ketahanan Beberapa Kultivar Cabai Besar. J. Agrikultura. 16(3): 146-152.
- Taufik, M., A. Rahman, A. Wahab, dan S.H. Hidayat. 2010. Mekanisme Ketahanan Terinduksi oleh *Planth Growth Promotting Rhizobacteria* (PGPR) pada Tanaman Cabai Terinfeksi *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). J. Hort. 20(3): 274-283.
- Towaha, J. 2012. Manfaat Eugenol Cengkeh dalam Berbagai Industri di Indonesia. Perspektif 11(2): 79-90.
- Wahyuni, W. S. dan R. I. B. Francki., 1996. Responses of Some Grain and Pasture Legumes to 16 Strains of *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Austr. J. Agric. Res. 43: 465-477.
- Walters, D., J. A. Walsh, A. Newton, and G. Lyon. 2005. Induced Resistance for Plant Disease Control: Maximizing the Efficacy of Resistance Elicitors. Phytopathology 95(1): 1368-1373.
- Wiratno. 2009. Cengkeh berpotensi sebagai pestisida nabati. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 31(6) : 5-7.
- Wonorahardjo, S. 2013. Metode-metode Pemisahan Kimia. Akademia Permata. Jakarta. 240 hal.
- Zhao J, Davis LC, Verpoorte R. 2005. Elicitor Signal Transduction Leading to Production of Plant Secondary Metabolites. Biotechnol Adv.

Lampiran 1. Denah Percobaan

Denah percobaan Ekstrak Kemangi Sebagai Penginduksi Ketahanan Tanaman Cabai Besar sebagai berikut:

F3U2	F3U4	F1U1	F1U4
F0U3	F0U1	F0U2	F3U3
F4U2	F2U2	F2U1	F3U1
F1U3	F4U4	F1U2	F2U4
F4U3	F0U4	F4U1	F2U3

Gambar 7. Denah Percobaan Penginduksi Ketahanan Tanaman

Keterangan:

U = Ulangan

F = Frekuensi Aplikasi

Denah percobaan Ekstrak Kemangi Sebagai Inhibitor Infeksi CMV yang dilakukan sebagai berikut:

K1U1	K1U3	K4U1	K0U1
K2U2	K3U4	K4U3	K4U2
K3U3	K1U2	K3U1	K0U2
K2U1	K3U2	K1U4	K0U3
K2U3	K2U4	K0U4	K4U4

Gambar 8. Denah Percobaan Inhibitor Infeksi CMV

Keterangan:

U = Ulangan

K = Konsentrasi Minyak Atsiri

Lampiran 2. Tabel ANOVA

Tabel 10. Tabel ANOVA Masa Inkubasi Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	46,8	4	11,7	2,445993	0,091661
Residual	71,8	15	4,783333		
Total	119	19	6,239474		

Tabel 11. Tabel ANOVA Tinggi Tanaman Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	91,605656	4	22,90141	0,311443	0,865856
Residual	1102,9992	15	73,53328		
Total	1194,6048	19	62,87394		

Tabel 12. Tabel ANOVA Intensitas Serangan pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	1029,271661	4	257,3179	3,127693	0,046657
Residual	1234,062388	15	82,27083		
Total	2263,334048	19	119,1228		

Tabel 13. Tabel ANOVA Jumlah Klorofil pada Percobaan Ketahanan Induksi Tanaman

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	20,3536671	4	5,088417	0,858999	0,510504
Residual	88,854918	15	5,923661		
Total	109,208585	19	5,74782		

Tabel 14. Tabel ANOVA Masa Inkubasi pada Percobaan Inhibitor CMV

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	6	4	1,5	1,323529	0,30633
Residual	17	15	1,133333		
Total	23	19	1,210526		

Tabel 15. Tabel ANOVA Tinggi Tanaman Cabai pada Percobaan Inhibitor CMV

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	123,9377	4	30,98443	1,351547	0,296962
Residual	343,87727	15	22,92515		
Total	467,81497	19	24,62184		

Tabel 16. Tabel ANOVA Intensitas Serangan pada Percobaan Inhibitor CMV

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	1044,568879	4	261,1422	8,009446	0,001157
Residual	489,0641777	15	32,60428		
Total	1533,633057	19	80,71753		

Tabel 17. Tabel ANOVA Jumlah Klorofil pada Percobaan Inhibitor CMV

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Perlakuan	51,1635772	4	12,79089	2,438044	0,092411
Residual	78,6956201	15	5,246375		
Total	129,859197	19	6,834695		

