

**KEEFEKTIFAN BEBERAPA EKSTRAK TANAMAN FAMILI  
PIPERACEAE DALAM MENEKAN PERTUMBUHAN DAN  
PERKEMBANGAN PATOGEN ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI  
SECARA *IN VITRO***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Anju Khairunnisa  
1814191014**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### KEEFEKTIFAN BEBERAPA EKSTRAK TANAMAN FAMILI PIPERACEAE DALAM MENEKAN PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN PATOGEN ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI SECARA *IN VITRO*

Oleh

Anju Khairunnisa

Penyakit antraknosa merupakan penyakit penting pada buah cabai yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides* yang perlu dikendalikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan beberapa ekstrak tanaman famili Piperaceae yaitu sirih hijau, cabai jawa, sirih hutan, sirih merah, dan lada dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan *Colletotrichum gloeosporioides*. Penelitian dilaksanakan pada November 2021 sampai April 2022 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Percobaan dilakukan dengan metode makanan beracun (*Poisoned Food Technique*) secara *in vitro* yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun sirih hijau, cabai jawa, dan lada efektif untuk menekan pertumbuhan dan perkembangan *Colletotrichum gloeosporioides*. Ekstrak daun sirih hijau dan cabai jawa memiliki keefektifan yang sama dengan fungisida sintetik berbahan aktif propineb.

**Kata kunci** : antraknosa, cabai, *Colletotrichum gloeosporioides*, famili Piperaceae.

**KEEFEKTIFAN BEBERAPA EKSTRAK TANAMAN FAMILI  
PIPERACEAE DALAM MENEKAN PERTUMBUHAN DAN  
PERKEMBANGAN PATOGEN ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI  
SECARA *IN VITRO***

**Oleh**

**Anju Khairunnisa**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Proteksi Tanaman  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Skripsi

: **KEEFEKTIFAN BEBERAPA EKSTRAK  
TANAMAN FAMILI PIPERACEAE DALAM  
MENEKAN PERTUMBUHAN DAN  
PERKEMBANGAN PATOGEN ANTRAKNOSA  
PADA BUAH CABAI SECARA *IN VITRO***

Nama Mahasiswa

: **Anju Khairunnisa**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1814191014

Jurusan

: **Proteksi Tanaman**

Fakultas

: **Pertanian**



  
Ir. Efri, M.S.

NIP 196009291987031002

  
Ir. Nur Yasin, M.Si.

NIP 195910091986031002

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman



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

NIP 198108152008122001



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Ir. Efri, M.S.**



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



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc. ....**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Agustus 2022**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“KEEFEKTIFAN BEBERAPA EKSTRAK TANAMAN FAMILI PIPERACEAE DALAM MENEKAN PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN PATOGEN ANTRAKNOSA PADA BUAH CABAI SECARA *IN VITRO*”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 September 2022

Penulis



Anju Khairunnisa  
NPM 1814191014

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 21 Juni 2000. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Antoni Saputra dan Ibu Yuliana Mr. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) di TK Abadi Perkasa tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) di SD Abadi Perkasa tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Abadi Perkasa tahun 2015, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Natar tahun 2018, dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung pada Program studi Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjungsari, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada periode I tahun 2021 dan Praktik Umum (PU) di PT Perkebunan Nusantara VII (PTPN VII) Unit Rejosari-Pematang Kiwah, di Natar pada tahun 2021. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Dasar-dasar Perlindungan Tanaman dan Mikologi Tumbuhan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang pengembangan minat dan bakat tahun 2019/2020 dan anggota bidang seminar dan diskusi tahun 2021/2022. Selain itu penulis pun aktif dalam kegiatan Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian (LS-MATA) sebagai anggota bidang kewirausahaan tahun 2019/2020 dan sekretaris bidang kewirausahaan 2021/2022.

## PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Keefektifan Beberapa Ekstrak Tanaman Famili Piperaceae dalam Menekan Pertumbuhan dan Perkembangan Patogen Antraknosa pada Buah Cabai secara *In Vitro*”**

Dengan penuh rasa syukur karya ini penulis persembahkan sebagai ungkapan terimakasih untuk:

1. Kedua orang tua yang penulis cintai dan sayangi yaitu Bapak Antoni Saputra dan Ibu Yuliana Mr, yang senantiasa memberikan dukungan, kasih sayang, doa, dan motivasi tidak terhingga untuk penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan.
2. Kedua adik penulis yaitu Alvina Anju Khairunnisa dan M. Andal Fauzan Marga, yang senantiasa memberikan warna di hari-hari penulis dengan banyaknya emosi, semangat, dan dukungan yang diberikan setiap hari.
3. Teman-teman seperjuangan Proteksi Tanaman 2018, adik-adik angkatan 2019, 2020, 2021, dan 2022, serta Almamater tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.



## SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Keefektifan Beberapa Ekstrak Tanaman Famili Piperaceae dalam Menekan Pertumbuhan dan Perkembangan Patogen Antraknosa pada Buah Cabai secara *In Vitro*”**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penulisan ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang membimbing dan mendoakan penulis. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam penulisan skripsi, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ir. Efri, M.S., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, arahan, serta masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Ir. Nur Yasin, M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, masukan serta saran selama penulis menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan ilmu, motivasi, semangat, nasihat, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, memberikan motivasi, saran serta masukan kepada penulis selama perkuliahan.

7. Kedua orang tua penulis, Bapak Antoni Saputra dan Ibu Yuliana Mr yang telah memberikan kasih sayang, dukungan secara moril maupun materiil, semangat, dan perhatian sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan menyelesaikan skripsi dengan baik.
8. Adik-adik tercinta, Alvina Anju Khairunnisa dan M. Andal Fauzan Marga yang telah memberikan semangat dan menjadikan hari-hari penuh warna.
9. Teman spesial, Adi Damar Sasongko yang telah menemani, membantu, dan memberikan dukungan selama penulis menyelesaikan skripsi.
10. Rekan seperjuangan, Rohmi, Aini, Latifah, Kadek, Wayan yang telah setia menemani, memberikan dukungan, dan motivasi selama penulis menyelesaikan skripsi.
11. Rekan-rekan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Mba Yeyen, Mba Tari, Bang Nando, Reza, Rahmi, Cindi, Lorina, Santi, Ari, Anggi, Umar serta seluruh anggota Laboratorium Bioteknologi atas bantuan dan kebersamaan selama penulis menyelesaikan penelitian serta skripsi.
12. Teman-teman seperjuangan Proteksi Tanaman 2018 atas kerjasama, persahabatan, dan perjuangan bersama sejak awal perkuliahan.
13. Teman-teman yang berhati baik yang ikhlas membantu penulis melengkapi kekurangan dalam proses pembuatan skripsi ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu namanya, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Bandar Lampung, 5 September 2022

**Anju Khairunnisa**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Kerangka Pemikiran .....	3
1.4 Hipotesis .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tanaman Cabai.....	5
2.2 Penyakit Antraknosa Buah Cabai.....	6
2.2.1 Gejala Penyakit Antraknosa .....	6
2.2.2 Jamur Patogen Antraknosa.....	7
2.2.3 Perkembangan Penyakit Antraknosa .....	8
2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Antraknosa.....	9
2.3 Fungisida Sintetik .....	10
2.4 Fungisida Nabati.....	11
<b>III. BAHAN DAN METODE.....</b>	<b>14</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	14
3.2 Bahan dan Alat .....	14
3.3 Rancangan Percobaan.....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.4.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat dan Bahan.....	15
3.4.2 Pembuatan Media <i>Potato Sucrose Agar</i> (PSA).....	16
3.4.3 Isolasi dan Identifikasi Patogen Penyebab Penyakit Antraknosa .....	16
3.4.5 Uji Patogenesitas .....	17
3.4.6 Persiapan Ekstrak Tanaman Famili Piperaceae.....	17
3.4.7 Uji Penghambatan Secara <i>In Vitro</i> .....	18

3.5 Pengamatan .....	19
3.6 Analisis Data .....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Hasil.....	23
4.1.1 Hasil Isolasi dan Identifikasi Jamur pada Buah Cabai Bergejala Antraknosa .....	23
4.1.2 Patogenesitas Jamur <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ke Buah Cabai.....	24
4.1.3 Pengaruh Ekstrak Famili Piperaceae terhadap Diameter Koloni <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	25
4.1.4 Daya Hambat Ekstrak Famili Piperaceae terhadap Pertumbuhan Koloni <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	27
4.1.5 Kerapatan Konidia .....	28
4.1.6 Perkecambahan Konidia.....	30
4.1.7 Pengaruh Fungisida terhadap Morfologi Jamur <i>C.</i> <i>gloeosporioides</i> .....	31
4.1.7.1 Bentuk dan Ukuran Konidia.....	31
4.1.7.2 Ukuran Tabung Kecambah.....	32
4.1.7.3 Bentuk Hifa .....	33
4.2 Pembahasan.....	34
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>38</b>
5.1 Simpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>47</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengaruh perlakuan beberapa ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap Pertumbuhan diameter koloni jamur <i>C. gloeosporioides</i> .....	26
2. Tingkatan daya hambat perlakuan beberapa ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap pertumbuhan koloni <i>C. gloeosporioides</i> secara <i>in vitro</i> .....	28
3. Pengaruh perlakuan beberapa ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik dalam menghambat kerapatan konidia <i>C. gloeosporioides</i> secara <i>in vitro</i> .....	29
4. Pengaruh perlakuan beberapa ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik dalam menghambat perkecambahan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	30
5. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 3 hsi. ....	48
6. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 3 hsi. ....	48
7. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 3 hsi. ....	49
8. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 3 hsi. ....	49
9. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 6 hsi. ....	49

10. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 6 hsi. ....	50
11. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 6 hsi. ....	50
12. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 6 hsi. ....	51
13. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 9 hsi. ....	51
14. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 9 hsi. ....	52
15. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 9 hsi. ....	52
16. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 9 hsi. ....	53
17. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 12 hsi. ....	53
18. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 12 hsi. ....	54
19. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 12 hsi. ....	54
20. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 12 hsi. ....	55
21. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 15 hsi. ....	55
22. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 15 hsi. ....	56

23. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 15 hsi. ....	56
24. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 15 hsi. ....	57
25. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 18 hsi. ....	57
26. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 18 hsi. ....	58
27. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 18 hsi. ....	58
28. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 18 hsi. ....	59
29. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 21 hsi. ....	59
30. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 21 hsi. ....	60
31. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 21 hsi. ....	60
32. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap diameter koloni <i>C. gloeosporioides</i> pada 21 hsi. ....	61
33. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap kerapatan konidia <i>C. gloeosporioides</i> . ....	61
34. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap kerapatan konidia <i>C. gloeosporioides</i> . ....	62

35. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap kerapatan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	62
36. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap kerapatan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	63
37. Data pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap perkecambahan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	63
38. Hasil analisis homogenitas pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap perkecambahan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	64
39. Hasil analisis ragam pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap perkecambahan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	64
40. Uji BNT pengaruh perlakuan ekstrak famili Piperaceae dan fungisida sintetik terhadap perkecambahan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	65



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pengukuran empat arah diameter koloni jamur .....	19
2. Buah cabai bergejala antraknosa .....	23
3. (a) Koloni <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> tampak depan, (b) Koloni <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> tampak belakang, (c) Hifa dan Konidia <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	24
4. Sampel buah cabai sehat (a) Sebelum inokulasi isolat, (b) Gejala antraknosa setelah inokulasi isolat.....	24
5. Koloni <i>C. gloeosporioides</i> setelah perlakuan (a) kontrol, (b) ekstrak sirih hijau, (c) ekstrak cabai jawa, (d) ekstrak sirih hutan, (e) ekstrak sirih merah, (f) ekstrak lada, dan (g) propineb secara <i>in vitro</i> .....	26
6. Grafik pertumbuhan diameter koloni jamur <i>C. gloeosporioides</i> terhadap perlakuan dari 1-21 hsi .....	27
7. Histogram persentase daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan koloni <i>C. gloeosporioides</i> .....	28
8. Histogram kerapatan konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	29
9. Histogram perkecambah konidia <i>C. gloeosporioides</i> .....	31
10. Bentuk dan ukuran konidia <i>C. gloeosporioides</i> setelah perlakuan ekstrak (a) kontrol, (b) sirih hutan, (c) sirih merah, dan (d) lada .....	32
11. Ukuran tabung kecambah <i>C. gloeosporioides</i> setelah perlakuan ekstrak (a) kontrol, (b) sirih hutan, (c) sirih merah, dan (d) lada .....	33
12. Bentuk hifa <i>C. gloeosporioides</i> setelah perlakuan ekstrak (a) kontrol, (b) sirih hutan, (c) sirih merah, dan (d) lada .....	34

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia cabai merupakan komoditas penting dan unggulan, sehingga dengan meningkatnya jumlah penduduk meningkat pula permintaan cabai. Para petani dengan demikian banyak yang mengusahakan produksi cabai semaksimal mungkin (Hodiyah dkk., 2019). Produktivitas cabai di Kabupaten Lampung Selatan sebesar 165,04 kw/ha (Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Selatan, 2016). Menurut Direktorat Jenderal Hortikultura (2015) tanaman cabai merah yang dibudidayakan sesuai dengan kondisi di Indonesia dapat memiliki produktivitas yang optimal hingga mencapai 200 kw/ha. Seluruh Indonesia pada tahun 2016 dengan luas panen 242.366 ha dan produksi 1.656.615 ton menghasilkan produktivitas 6,84 ton/ha (Badan Pusat Statistik, 2017). Produktivitas cabai merah nasional tahun 2016 adalah 8,47 ton/ha, sedangkan pada tahun 2017 menurun sebesar 0,11% menjadi 8,46 ton/ha (Badan Pusat Statistik, 2018).

Produksi cabai di Lampung mengalami ketidakstabilan yang diakibatkan menurunnya produktivitas cabai. Penyebab menurunnya produktivitas cabai salah satunya yaitu penyakit tanaman. Penyakit pada tanaman cabai yang sering ditemui yaitu penyakit antraknosa. Penyakit tersebut disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* spp. yang biasa menyerang buah cabai (Hasyim dkk., 2015). Penyakit antraknosa menyebabkan kehilangan hasil mencapai 45% - 60% (Hidayat dkk., 2004). Akibat dari serangan patogen antraknosa, dapat terjadi penurunan kualitas dan produktivitas buah cabai.

Petani secara umum mengendalikan penyakit antraknosa menggunakan fungisida sintetik secara intensif. Penggunaan fungisida sintetik sering kali digunakan, karena mudah didapat dan memiliki keefektifan yang tinggi. Fungisida sintetik banyak menimbulkan dampak negatif terhadap manusia maupun lingkungan. Penggunaan fungisida sintetik secara berlebihan sekiranya perlu dikurangi dengan menggunakan fungisida yang ramah akan lingkungan seperti fungisida nabati.

Grainge and Ahmed (1988) telah menghimpun sebanyak 1.000 jenis tumbuh-tumbuhan yang memiliki daya racun terhadap penyakit. Tumbuh-tumbuhan yang mengandung bahan aktif pestisida nabati termasuk ke dalam famili Meliaceae, Annonaceae, Asteraceae, Piperaceae, dan Rutaceae (Prakash and Rao, 1997; Prijono dkk., 2006). Tanaman dari famili Piperaceae adalah golongan tanaman sirih-sirihan dan salah satu famili tanaman yang memiliki potensi sebagai fungisida nabati. Tanaman sirih (*Piper betle* L.) berpotensi sebagai fungisida nabati yang aman bagi lingkungan maupun manusia (Wati dkk., 2014).

Fungisida nabati dapat dijadikan salah satu cara alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik secara terus-menerus. Pada penelitian ini digunakan beberapa ekstrak tanaman famili Piperaceae yang banyak tersedia di sekitar lingkungan yaitu sirih hijau (*Piper betle* L.), cabai jawa (*Piper retrofractum* Vahl), sirih hutan (*Piper aduncum* L.), sirih merah (*Piper crocatum*), dan lada (*Piper nigrum*). Masing-masing spesies tanaman yang termasuk dalam satu famili Piperaceae memiliki kandungan dan potensi yang berbeda-beda dalam menekan patogen tanaman.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh ekstrak sirih hijau, cabai jawa, sirih hutan, sirih merah, lada terhadap diameter koloni, kerapatan konidia, perkecambahan konidia, dan

morfologi jamur patogen antraknosa buah cabai secara *in vitro*.

2. Membandingkan keefektifan ekstrak sirih hijau, cabai jawa, sirih hutan, sirih merah, dan lada dengan fungisida sintetis (propineb).

### 1.3 Kerangka Pemikiran

Di Indonesia spesies patogen antraknosa yang banyak menyerang buah cabai yaitu *C. capsici* dan *C. gloeosporioides* (Syukur dkk., 2013). Salah satu upaya pengendalian penyakit antraknosa yang dilakukan sampai saat ini adalah aplikasi fungisida sintetis (antracol) berbahan aktif propineb. Hasil penelitian Astuti dkk. (2014) propineb efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *C. gloeosporioides*. Persentase penghambatan pertumbuhan koloni jamur *Colletotrichum* spp. mencapai 100% setelah aplikasi fungisida berbahan aktif propineb.

Adiyoga dan Soetiarso (1999) melaporkan bahwa 80% petani cabai menggunakan fungisida untuk mengendalikan penyakit tanaman. Salah satu dampak dari penggunaan fungisida adalah terjadinya penurunan sensitivitas (terjadi resistensi) terhadap jamur patogen. Pestisida sintetis berdampak negatif terhadap lingkungan dan ekosistem (WHO, 2008). Penggunaan pestisida sintetis seharusnya merupakan cara terakhir ketika pengendalian yang lain tidak dapat mengatasi penyakit tanaman.

Pengendalian penyakit tanaman cara lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi serangan patogen tanaman yaitu dengan pestisida nabati, pestisida yang berasal dari bahan tanaman dan penggunaannya pun aman bagi lingkungan maupun makhluk hidup. Tanaman yang diduga mengandung senyawa anti bakteri dan anti jamur salah satunya adalah tanaman sirih-sirihan, sirih merupakan salah satu dari famili Piperaceae. Tanaman yang berasal dari famili Piperaceae seperti sirih hijau, cabai jawa, sirih hutan, sirih merah, dan lada kemungkinan dapat



dimanfaatkan sebagai pestisida nabati untuk menekan patogen penyebab penyakit tanaman khususnya antraknosa pada buah cabai.

Kandungan kimia tumbuhan dari famili Piperaceae mempunyai pola kandungan yang sama seperti fenol, kavikol, piperin, tanin, sekuiterpen yang memiliki aktivitas antibakteri dan antifungi (Jansen *et al.*, 1987). Namun kandungan bahan aktif dari masing-masing tumbuhan mempunyai perbedaan, baik dalam jenis maupun jumlah konsentrasi. Tanaman sirih-sirihan mengandung minyak atsiri yang terdiri atas 82,8% senyawa fenol dan 18,2% senyawa bukan fenol (Koesmiati, 1996). Minyak atsiri tersebut mengandung *betlephenol*, *eugenol*, *salinen*, *farnesen*, *metil eugenol*, dan *germaceren* (Saxena *et al.*, 2014). Mekanisme kerja zat anti jamur adalah dengan cara menghambat metabolisme, mengakumulasi globula lemak di dalam sitoplasma, mengurangi jumlah mitokondria, merusak membran nukleus jamur, dan mereduksi miselium sehingga terjadi pemendekan pada ujung hifa dan pada akhirnya miselium akan mengalami lisis (Nurmansyah, 2004). Beberapa kandungan senyawa setiap spesies tanaman famili Piperaceae memiliki potensi yang dapat menekan perkembangan patogen. Potensi tersebut akan menghasilkan pengaruh yang berbeda-beda.

#### **1.4 Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran maka hipotesis dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Ekstrak sirih hijau, cabai jawa, sirih hutan, sirih merah, dan lada dapat menghambat diameter koloni, kerapatan konidia, perkecambahan konidia, dan morfologi jamur patogen antraknosa buah cabai secara *in vitro*.
2. Ekstrak sirih hijau, cabai jawa, sirih hutan, sirih merah, dan lada keefektifannya berbeda dengan fungisida sintetik berbahan aktif propineb dalam menghambat patogen antraknosa.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Cabai

Tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) adalah tanaman yang berasal dari Mexico, pada tahun 143 M diintroduksi ke dataran Eropa dan menyebar ke Asia dan Afrika (Kusandriani, 1996). Cabai merupakan jenis tanaman yang dapat ditanam dengan kisaran suhu antara 21-27°C (Setiadi, 2006). Pada daerah tropika tanaman cabai merupakan tanaman semusim. Cabai merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura penting yang dibudidayakan secara komersial, hal ini karena selain cabai memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap juga memiliki nilai ekonomis tinggi yang banyak digunakan baik untuk konsumsi rumah tangga maupun untuk keperluan industri makanan.

Klasifikasi cabai masuk ke dalam kingdom Plantae, divisi Spermatophyta, sub divisi Angiospermae, kelas Dicotyledoneae, ordo Solanales, famili Solanaceae, genus *Capsicum*, spesies *Capsicum annum* L. (Agromedia, 2008). Pada umumnya tanaman cabai tegak, bercabang, dan tingginya mencapai 0,5-1,5 m (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Bentuk buah cabai kerucut dan memanjang, lurus atau bengkok, meruncing pada bagian ujungnya. Buah muda berwarna hijau tua dan ketika sudah matang warna berubah menjadi merah cerah. Bentuk biji pipih dengan warna kuning ketika muda dan berubah coklat setelah tua (Wardana, 2014).

## 2.2 Penyakit Antraknosa Buah Cabai

Penyakit antraknosa merupakan salah satu penyakit penting dalam produksi cabai, yang menimbulkan kerusakan pada daun, buah bahkan sampai pada pasca panen. Spesies penyebab antraknosa tersebut dapat menimbulkan kerugian hasil mencapai 65% (Syukur dkk., 2013). Antraknosa dapat menyebabkan *dieback* atau mati pucuk pada tanaman dewasa yang kemudian diikuti infeksi pada buah, sehingga pada akhirnya menurunkan produktivitas tanaman cabai (Prasetyo, 2017). Menurut BPPP (2016) antraknosa yang menyerang tanaman cabai dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 90% terutama jika terjadi pada saat musim hujan.

### 2.2.1 Gejala Penyakit Antraknosa

Penyakit antraknosa disebabkan oleh beberapa spesies fungi *Colletotrichum* spp. Di Indonesia spesies antraknosa yang banyak menyerang buah cabai yaitu *C. capsici* dan *C. gloeosporioides*. Menurut Endah dan Novizan (2002), buah cabai yang terinfeksi penyakit antraknosa oleh *Colletotrichum capsici* menunjukkan gejala berupa bercak cokelat kehitaman yang berkembang menjadi busuk lunak dan terdapat titik-titik hitam di bagian tengah bercak. Sedangkan gejala yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides* menunjukkan bercak kecil cekung bulat panjang dan berwarna merah kecokelatan (Syukur, 2007).

Gejala antraknosa mula-mula berupa bercak kecil yang selanjutnya dapat berkembang menjadi lebih besar. Gejala tunggal cenderung berbentuk bulat, tetapi karena banyaknya titik awal gejala maka gejala yang satu dengan yang lain sering bersatu hingga membentuk bercak yang besar dengan bentuk tidak bulat. Pada gejala yang sudah cukup besar, sering di bagian tepinya cokelat dan di bagian tengahnya putih. Bercak yang terbentuk umumnya agak cekung atau berlekuk dan dimulai dari bagian tengahnya mulai terbentuk aservulus jamur yang berwarna hitam, yang biasanya membentuk lingkaran yang berlapis (Martoredjo,

2010). Serangan jamur *Colletotrichum* sp. mula-mula membentuk bercak cokelat kehitaman, lalu meluas menjadi busuk lunak. Pada bagian tengah bercak terdapat kumpulan titik-titik hitam yang terdiri atas kelompok seta dan konidium jamur. Serangan yang berat dapat menyebabkan seluruh buah mengering dan mengerut (Semangun, 2007).

Patogen penyebab penyakit antraknosa akan sangat merusak pada saat sudah parah, dapat menyebabkan nekrosis dan bercak pada daun, cabang atau ranting. Penyebab penyakit memencar melalui percikan air dan jarak pemencaran akan lebih jauh jika disertai adanya hembusan angin. Penyakit antraknosa telah menyebar luas di daerah-daerah pertanaman cabai yang kondisinya sangat lembap atau daerah dengan curah hujan yang tinggi (Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura, 2012).

### **2.2.2 Jamur Patogen Antraknosa**

Jamur *Colletotrichum* spp. secara aseksual dapat memproduksi konidiospora atau konidia dan secara seksual mampu memproduksi askospora (Cannon *et al.*, 2012; De Silva *et al.*, 2017). Jamur anggota spesies *Colletotrichum* spp. yang diisolasi dari buah cabai bergejala antraknosa dan memiliki karakteristik makromorfologis yakni koloni jamur berwarna putih dengan hifa menebal seperti kapas dan halus serta tepi koloni rata. Koloni jamur bagian bawah berwarna putih hingga krem muda dengan pusat koloni berwarna merah muda hingga keunguan. Barnett and Hunter (2003) menyatakan jamur anggota genus *Colletotrichum* spp. memiliki karakteristik makromorfologis koloni berwarna putih dan tekstur koloni halus seperti kapas.

Secara mikromorfologis jamur anggota spesies *Colletotrichum* sp. memiliki makrokonidia berbentuk silindris dengan ujung tumpul, mikrokonidia berbentuk ovoid dan bersifat hialin. Menurut Barnett and Hunter (1972) dan Watanabe (1937) jamur *Colletotrichum* sp. memiliki konidia hialin dengan 1 sel, berbentuk ovoid hingga sabit. Askospora pada jamur *Colletotrichum* sp. terbungkus dalam

askus yang memanjang/silinder, askospora pada jamur ini berbentuk bulat (*oblate*) hingga *ovoid* dan berwarna gelap.

Hyde *et al.* (2009) menyatakan bahwa ada banyak variasi dalam bentuk konidia di antara *Colletotrichum* sp. antara lain, *C. gloeosporioides* memiliki konidia silindris dengan ujung tumpul. Benyahia *et al.* (2003) menyatakan bahwa *C. gloeosporioides* memproduksi banyak sekali konidia pada aservulus-aservulus yang pada awalnya nampak berwarna krem namun kemudian menjadi pink atau salmon tanpa seta. Aservulus dibentuk pada jaringan sub epidermis tanaman yang terinfeksi. Konidia berbentuk silindris, bersel satu dan hialin. *C. acutatum* memiliki bentuk konidia elips hingga gelendong. *C. dematium* dengan bentuk konidia sabit dengan lengkung yang dangkal dan beberapa berbentuk gelendong yang meruncing di setiap ujungnya. *C. destructivum* berbentuk panjang, relatif sempit dan lurus sedikit lengkungan. *C. fragariae* memiliki konidia dengan satu ujung membulat dan ujung lainnya meruncing. Agrios (1997) menyatakan bahwa *C. capsici* menghasilkan spora berupa konidia yang berbentuk silindris, hialin dengan ujung-ujungnya yang tumpul dan bengkok seperti bulan sabit.

Klasifikasi jamur *Colletotrichum gloeosporioides* yaitu masuk ke dalam kingdom Fungi, divisi Eumycophyta, kelas Deteromycetes, ordo Melaconiales, famili Melaconiaceae, genus *Colletotrichum*, spesies *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (Alexopoulos, 1996).

### **2.2.3 Perkembangan Penyakit Antraknosa**

Karakteristik hemibiotropik dari beberapa spesies *Colletotrichum* spp. merupakan gabungan fase biotrofik di mana sel inang tetap hidup, diikuti dengan perkembangan nekrotrofik yang sangat merusak ditandai dengan meluasnya daerah jaringan mati (Deising *et al.*, 2000). Perkecambahan konidia *Colletotrichum* spp. terjadi pada saat patogen menginvestasi sel epidermis inang, dengan membentuk tabung kecambah pendek yang dikenal sebagai apresorium setelah pengenalan inang. Apresorium dewasa memiliki lapisan melanin dalam

dinding sel apressorial dan senyawa osmotik aktif yang disintesis pada konsentrasi tinggi (Mendgen and Deising, 1993). Koloni baru yang muncul akan memasuki fase biotrofik pada jaringan terinfeksi tanpa menunjukkan gejala eksternal dan dalam jangka waktu yang singkat (1-3 hari) (O'Connell *et al.*, 2000). Jamur memasuki fase nekrotrofik yang menyebabkan kematian pada sel tumbuhan dan munculnya lesio akibat serangan patogen *Colletotrichum* spp. Jika terdapat infeksi laten, serangan yang tertunda tersebut akan menyebabkan buah tampak sehat dan gejala penyakit akan muncul pada pasca panen sehingga kualitas buah menurun selama masa penyimpanan (Prusky dan Plumbley, 1992).

#### **2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Antraknosa**

Pertumbuhan isolat *Colletotrichum* spp. aktif pada kisaran suhu udara yang berbeda-beda. *C. gloeosporioides* diketahui dapat berkembang dan menyebar dengan baik pada kisaran suhu 23-25°C. Berbeda dengan *C. acutatum* yang masih bisa tumbuh optimal pada suhu 35°C. Isolat *C. gloeosporioides* meskipun hanya memiliki kisaran suhu yang pendek, namun memiliki tingkat pertumbuhan tercepat dibandingkan dengan isolat *Colletotrichum* sp. yang lain (Grahovac *et al.*, 2012). Spora jamur memerlukan kondisi kelembapan udara yang tinggi dan basah untuk perkecambahan dan proses infeksi terhadap tanaman, namun jika kondisi lingkungan yang tidak diinginkan, spora akan gagal untuk berkecambah sehingga meniadakan peluang penyakit (Nega *et al.*, 2016).

Suatu penyakit dapat terjadi jika terdapat tanaman inang yang rentan, patogen yang ganas (*virulent*), dan lingkungan yang mendukung untuk perkembangan patogen (Agrios, 2005). Faktor tambahan yaitu manusia, manusia dapat berperan dalam menghambat atau mempercepat timbulnya suatu penyakit pada tanaman (Franci, 2001). Peran manusia dalam menghambat yaitu dengan melakukan pemuliaan terhadap suatu tanaman sehingga menghasilkan kultivar yang tahan penyakit (Noman *et al.*, 2016) atau aplikasi bahan kimia (fungisida sintetik) untuk mengendalikan perkembangan patogen (Islam, 2018).

### 2.3 Fungisida Sintetik

Pestisida sintetik merupakan bahan beracun yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti serangga, gulma, patogen dan jasad pengganggu lainnya. Penggunaan pestisida pada suatu lahan diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas. Namun dalam hal lain pemakaian pestisida yang berlebihan dan dilakukan secara terus-menerus akan berpotensi menyebabkan kerugian antara lain residu pestisida akan terakumulasi dalam produk-produk pertanian, pencemaran pada lingkungan pertanian dan perairan, penurunan produktivitas serta keracunan pada manusia dan hewan. Bahaya pestisida bagi kesehatan manusia dapat terjadi akibat keracunan pestisida karena penggunaan yang tidak tepat dan tidak aman maupun akibat residu pestisida pada bahan makanan (Tuhumury dkk., 2012).

Residu pestisida pada bahan makanan dapat membahayakan kesehatan manusia yang mengonsumsi bahan makanan tersebut. Residu pestisida adalah zat tertentu yang terkandung dalam hasil pertanian bahan pangan atau pakan hewan, baik sebagai akibat langsung maupun tidak langsung dari penggunaan pestisida. Istilah ini mencakup juga senyawa turunan pestisida, seperti senyawa hasil konversi, metabolit, senyawa hasil reaksi dan zat pengotor yang dapat bersifat toksik (Sakung, 2004). Residu pestisida menimbulkan efek yang bersifat tidak langsung terhadap konsumen, namun dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan kesehatan diantaranya berupa gangguan pada syaraf dan metabolisme enzim. Akumulasi residu pestisida ini pada manusia dapat merusak fungsi hati, ginjal, sistem syaraf, menurunkan kekebalan tubuh, menimbulkan cacat bawaan, alergi dan kanker (Tuhumury dkk., 2012).

Propineb merupakan jenis fungisida yang bekerja secara kontak (racun kontak). Pada umumnya, peluang dari fungisida kontak untuk terjadi resistensi pada targetnya lebih kecil dibandingkan dengan fungisida sistemik. Hal ini karena,

fungisida kontak tidak spesifik target seperti fungisida sistemik (Astuti dkk., 2014). Propineb (*polymeric zinc propylenebis dithiocarbamate*) merupakan bahan aktif yang termasuk ke dalam golongan ditiokarbamat. Bahan aktif ini digunakan untuk mengendalikan berbagai jamur terutama Oomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes, dan jamur tidak sempurna (FAO, 2017).

Fungisida propineb bisa diaplikasikan melalui daun dalam formulasi WP (Wettable Powder) atau WG (Water Dispersible Granule) yang digunakan untuk mengendalikan berbagai penyakit oleh jamur pada tanaman, misalnya penyakit hawar pada kentang dan timun (Herlanda, 2017). Beberapa contoh fungisida yang berasal dari jenis yang sama adalah thiram, ferbam, nabam, maneb, zineb, mancozeb, dan propineb. Beberapa fungisida tersebut merupakan turunan dari asam Dithiocarbamic. Asam Dithiocarbamic beracun bagi kebanyakan jamur patogen karena senyawa tersebut dimetabolisme oleh Isothiocyanate radical yang dapat menonaktifkan kelompok Sulfhydryl pada asam amino dan enzim di dalam sel jamur patogen (Agrios, 2005). Propineb dapat terurai oleh air dan sinar matahari, terurai menjadi propilena diamina (PDA), karbon disulfida (CS<sub>2</sub>), dan propilena tiourea (PTU). Residu fungisida tersebut dapat bertahan dalam jangka waktu panjang (Benkenstein *et al.*, 2014).

## 2.4 Fungisida Nabati

Grdisa and Grsic (2013) menyatakan bahwa pestisida nabati adalah pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan yang relatif mudah dibuat dengan kemampuan yang terbatas, karena pestisida nabati bersifat mudah terurai. Pestisida nabati selain ramah lingkungan juga merupakan pestisida yang relatif aman dalam penggunaannya dan ekonomis.

Sirih (*Piper betle* L.) masuk dalam famili Piperaceae. Kandungan kimia tumbuhan dari famili Piperaceae mempunyai pola kandungan yang sama seperti fenol, kavikol, piperin, tanin, sekuiterpen yang memiliki aktivitas antibakteri.



Eugenol dan kavikol memiliki aktivitas antibakteri, sedangkan turunan terpenoid terutama monoterpen dan sequiterpen mempunyai aktivitas farmakologi dan pengobatan sebagai antibakteri dan antifungi (Jansen *et al.*, 1987). Kandungan kimia tanaman sirih adalah saponin, flavonoid, polifenol, dan minyak atsiri. Senyawa saponin dapat bekerja sebagai antimikroba. Senyawa ini akan merusak membran sitoplasma dan membunuh sel. Senyawa flavonoid diduga memiliki mekanisme kerja mendenaturasi protein sel bakteri dan merusak membran sel tanpa dapat diperbaiki lagi. Sirih-sirihan mempunyai aroma yang khas karena mengandung minyak atsiri 1-4,2%, air, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfor, vitamin A, B, C, yodium, gula dan pati. Fenol alam yang terkandung dalam minyak atsiri memiliki daya antiseptik 5 kali lebih kuat dibandingkan fenol biasa (Putri, 2010).

Menurut Pepeljnjak *et al.* (2005), fenol berperan sebagai racun bagi mikroba dengan menghambat aktivitas enzim. Mekanisme saponin dan flavonoid dalam mengganggu membran sel jamur yaitu dengan cara membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler, merusak membran, dan dinding sel. Flavonoid diketahui dapat dijadikan bahan antimikroba dan berperan terhadap infeksi mikroba. Selain itu terdapat pernyataan sebelumnya bahwa pada babadotan terkandung senyawa fenolik seperti saponin, flavanoid, dan polifenol yang berfungsi sebagai biofungisida (Ditjenbun, 1994).

Sirih hutan (*Piper aduncum* L.) merupakan tanaman famili Piperaceae yang daunnya memiliki potensi sebagai sumber pestisida botani. Senyawa aktif yang terdapat pada tumbuhan Piperaceae termasuk dalam golongan piperamidin seperti piperin, piperisida, piperlonguminin dan guininsin. Daun sirih hutan juga mengandung senyawa-senyawa seperti heksana, sianida, saponin, tanin, flavonoid, steroid, alkanoid dan minyak atsiri dan diduga dapat berfungsi sebagai pestisida botani (Aminah, 1995).

Cabai jawa (*Piper retrofractum* Vahl) termasuk famili Piperaceae yang tumbuh memanjat. Manfaat utama cabai Jawa yaitu buahnya sebagai bahan campuran

ramuan jamu. Tanaman cabai jawa dapat dimanfaatkan sebagai insektisida nabati karena kandungan yang terdapat pada buah cabai jawa tersebut yaitu guininsin, alkaloid, piperin, kavisin, saponin, polifenol, dan minyak atsiri (Umami dan Purwani, 2015). Alkaloid dan piperin merupakan senyawa aktif yang terdapat pada cabai jawa yang dapat digunakan sebagai larvasida serangga (Chansang *et al.*, 2005). Senyawa aktif yang terdapat pada cabai jawa juga diketahui dapat digunakan sebagai insektisida dan antimikroba (Vimay *et al.*, 2012).

Lada dengan nama latin *Piper nigrum*, diketahui efektif untuk digunakan sebagai pestisida nabati. Hal tersebut disebabkan oleh adanya minyak *atsiri* yang terdiri atas fenol dan sebagian besar kavikol (Harbone, 1996). Menurut Kardinan (2002) ekstrak lada mengandung bahan aktif antara lain alkaloid, methylpyrrolie, piperovatine, chavincine, piperidine, dan piperine. Kandungan tersebut dapat berfungsi sebagai insektisida, fungisida, dan nematisida. Di Indonesia, tanaman sirih-sirihan merupakan tanaman yang populer untuk obat yaitu lada/merica (*Piper nigrum* L.) sebagai anti mikroba, anti hipertensi, antiasma, anti inflamasi, hepatoprotektif, dan anti oksidan (Damanhour and Ahmad, 2014).

Sirih merah secara ilmiah dikenal dengan nama *Piper crocatum* yang termasuk dalam famili Piperaceae. Kandungan zat kimia pada daun sirih merah yang memiliki efek anti jamur (fungi) adalah flavonoid, saponin, tanin, minyak atsiri. Menurut Sholikhah (2009), senyawa fitokimia yang terkandung dalam daun sirih merah yakni alkaloid, saponin, tanin, dan flavonoid. Adnan *et al.* (2011) menambahkan bahwa sirih merah memiliki 50 komponen kimia. Komponen utama yang diidentifikasi yaitu sesquisabinene hydrate (22,83 %), 8-epi- $\beta$ -bisabolol (17,24 %),  $\gamma$ -curcumene (11,16 %), anymol (3,9 %),  $\alpha$ -cedrene (3,7 %), dan trans- $\beta$ -Farnesene (3,61 %).

### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 sampai April 2022. Penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Lampung.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun sirih hijau (*Piper betle* L.), daun cabai jawa (*Piper retrofractum* Vahl), daun sirih hutan (*Piper aduncum* L.), daun sirih merah (*Piper crocatum*), daun lada (*Piper nigrum*), fungisida sintetik berbahan aktif propineb (dosis anjuran), isolat jamur *Colletotrichum* spp., buah cabai sehat, kentang, agar-agar, gula pasir (*sukrose*), asam laktat, *aluminium foil*, plastik wrap, plastik tahan panas, tisu, aquades, karet gelang, alkohol 70%, label, dan klorok (NaOCl) 1%.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, gelas ukur, tabung reaksi, nampan, *microwave*, gelas beaker, labu erlenmeyer, nampan, *cutter/silet*, pipet, timbangan, mistar, pisau, pinset, jarum steril, jarum ose, skapel, bor gabus, bunsen, LAF (*Laminar Air Flow*), autoklaf, blender, kain kasa, sendok, mikropipet, *dry glasky*, *haemocytometer*, mikroskop majemuk, kaca preparat, *cover glass*, alat tulis, dan kamera.

### 3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode makanan beracun (*Poisoned Food Technique*) secara *in vitro*. Konsentrasi yang digunakan pada perlakuan yaitu 60% larutan *stock solution* (Hidayat dkk., 2015). Jamur di isolasi dari buah cabai yang bergejala khas antraknosa. Uji keefektifan terhadap beberapa fungisida dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga jumlah satuan percobaan ada 28 satuan percobaan, perlakuan terdiri dari:

- (P<sub>0</sub>) Kontrol (Media *Potato Sucrose Agar* tanpa perlakuan),
- (P<sub>1</sub>) Media PSA dicampur dengan 60% ekstrak daun sirih hijau,
- (P<sub>2</sub>) Media PSA dicampur dengan 60% ekstrak daun cabai jawa,
- (P<sub>3</sub>) Media PSA dicampur dengan 60% ekstrak daun sirih hutan,
- (P<sub>4</sub>) Media PSA dicampur dengan 60% ekstrak daun sirih merah,
- (P<sub>5</sub>) Media PSA dicampur dengan 60% ekstrak daun lada,
- (P<sub>6</sub>) Media PSA dicampur dengan 2 g/l fungisida sintetik propinop.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan dibersihkan atau dicuci terlebih dahulu, lalu dibungkus dengan kertas khusus untuk cawan petri dan dibungkus kembali dengan plastik tahan panas. Selanjutnya dilakukan sterilisasi dalam autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm (waktu sterilisasi alat 20 menit dan bahan 15 menit) untuk membersihkan dan memastikan alat dan bahan yang digunakan terhindar dari mikroba-mikroba lain sehingga dapat meminimalisir terjadinya kontaminasi.

### 3.4.2 Pembuatan Media *Potato Sucrose Agar* (PSA)

Pembuatan media PSA sebanyak 1 L dilakukan dengan menimbang kentang sebanyak 200 g. Sebelum itu, kentang dikupas kulitnya dan dipotong dadu dengan ukuran 1 cm x 1 cm kemudian dicuci hingga bersih di dalam gelas beaker. Selanjutnya kentang dicampur dengan akuades sebanyak 1000 ml dan direbus menggunakan *microwave* sampai mendidih. Kemudian ekstrak kentang dimasukkan ke dalam erlenmeyer ukuran 1000 ml yang telah diisi agar-agar dan sukrosa (gula) masing-masing sebanyak 20 g. Setelah itu mulut erlenmeyer ditutup dengan menggunakan aluminium foil dan diikat menggunakan karet gelang. Erlenmeyer digoyang-goyangkan sampai agar-agar dan sukrosa (gula) larut dalam sari kentang. Media yang sudah tercampur di dalam erlenmeyer disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm (waktu sterilisasi 15 menit). Setelah media selesai disterilkan, didiamkan hingga media tidak terlalu panas atau sekitar suhu 42°C untuk kemudian ditambahkan asam laktat 1,4 ml di dalam meja LAF (*Laminar Air Flow*) ke media PSA di dalam erlenmeyer dan digoyang-goyangkan supaya asam laktat homogen dengan media. Kemudian media dituangkan ke cawan petri dan didiamkan hingga media PSA mengeras.

### 3.4.3 Isolasi dan Identifikasi Patogen Penyebab Penyakit Antraknosa

Buah cabai yang bergejala antraknosa diambil dari buah pasca panen. Isolasi buah cabai bergejala antraknosa dilakukan dengan cara memotong jaringan kulit daging buah seluas 1 cm<sup>2</sup>, dengan perbandingan diantara bagian sakit dan yang sehat yaitu 1:2. Sterilisasi permukaan kulit daging buah cabai tersebut menggunakan klorok (NaOCl) 1% dengan cara merendam sekitar 15 detik. Selanjutnya potongan kulit daging buah dibilas dengan aquades steril, dan dikeringanginkan pada tissue steril. Setelah kulit daging buah cabai bergejala kering, ditempatkan pada cawan petri yang berisi media PSA. Cawan petri di inkubasi selama 7-14 hari pada suhu ruang.

Hasil isolasi patogen dari buah cabai bergejala antraknosa, kemudian diidentifikasi mengikuti Barnett and Hunter (1972) serta pustaka acuan lainnya. Pengamatan dilakukan berdasarkan ciri morfologi jamur secara makroskopis dan mikroskopis. Morfologi makroskopis diamati berdasarkan warna koloni, bentuk koloni, dan arah pertumbuhan koloni. Morfologi mikroskopis jamur diamati berdasarkan adanya seta, bentuk hifa, dan bentuk konidia (Shofiana dkk., 2015). Identifikasi dilakukan untuk mengetahui spesifik spesies jamur *Colletotrichum* spp. yang menyebabkan penyakit antraknosa pada buah cabai. Kemudian setelah dilakukan identifikasi, isolat jamur patogen yang didapatkan dari isolasi dimurnikan (diremajakan) pada media PSA baru.

#### **3.4.5 Uji Patogenesitas**

Patogenesitas merupakan kemampuan patogen untuk menyebabkan penyakit (Budiyanto, 2010). Uji patogenesitas diperlukan untuk memastikan patogen yang ditemukan benar sebagai patogen tanaman. Uji patogenesitas dilakukan pada buah cabai yang sehat sesuai dengan *Postulat Koch*. Inokulasi dilakukan dengan cara buah cabai sehat yang terlebih dahulu ditusuk dengan menggunakan jarum (luka buatan) untuk memudahkan inokulasi. Kemudian isolat jamur *Colletotrichum* spp. dipotong menggunakan bor gabus dan ditempelkan pada bagian luka buatan tersebut. Hasil inokulasi harus menunjukkan gejala yang sama dengan awal isolasi buah cabai bergejala antraknosa. Gejala yang dihasilkan jika berbeda, dapat dipastikan isolat patogen yang didapatkan bukan merupakan jamur patogen penyebab antraknosa buah cabai (*Colletotrichum* spp.).

#### **3.4.6 Persiapan Ekstrak Tanaman Famili Piperaceae**

Tanaman dengan famili Piperaceae yang digunakan yaitu daun sirih hijau, daun cabai jawa, daun sirih hutan, daun sirih merah, dan daun lada. Ekstrak dibuat dari

bagian daun yang banyak mengandung senyawa aktif yaitu daun muda. Sesuai dengan pendapat Handayani dkk. (2013) daun merupakan organ tumbuhan yang banyak digunakan sebagai pestisida karena daun umumnya bertekstur lunak, mempunyai kandungan air yang tinggi (70-80%). Selain itu, daun merupakan tempat akumulasi fotosintat yang diduga mengandung zat organik yang memiliki sifat sebagai pestisida seperti minyak atsiri, fenol, senyawa kalium dan klorofil. Pembuatan ekstrak fungisida nabati dengan memilih daun tanaman famili Piperaceae yang segar (daun muda) dan tidak terserang penyakit, dan disiapkan daun tanaman sebanyak 50 g dan dicampur akuades 500 ml untuk kemudian diblender hingga halus. Larutan ekstrak yang sudah didapatkan kemudian didiamkan (maserasi) selama  $3 \times 24$  jam pada suhu ruang. Proses maserasi dilakukan dengan perendaman sampel tumbuhan yang akan terjadi pemecahan dinding sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut (Hasrianti dkk., 2016). Setelah itu, larutan daun tanaman famili Piperaceae dapat disaring dengan kain kasa. Hasil yang didapatkan berupa larutan standar atau disebut larutan *stock solution* (larutan dengan konsentrasi 100%).

### 3.4.7 Uji Penghambatan Secara *In Vitro*

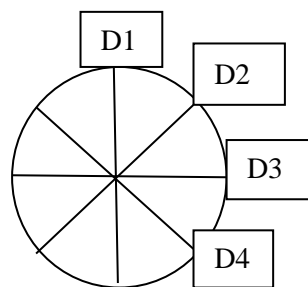
Uji penghambatan secara *in vitro* dilakukan dengan metode makanan beracun (*Poisoned Food Technique*). Perlakuan penelitian menggunakan ekstrak sirih hijau, ekstrak daun cabai jawa, ekstrak sirih hutan, ekstrak sirih merah, ekstrak daun lada, dan fungisida sintetik berbahan aktif Propineb. Fungisida nabati masing-masing dicampurkan dengan media PSA pada konsentrasi 60% (40,0 ml PSA + 60,0 ml larutan *stock solution*) hingga didapatkan volume 100 ml media. Media yang telah tercampur ekstrak dan pestisida sintetik dituangkan ke dalam 6 cawan petri steril secara merata dan sama banyak.

Media PSA yang tidak dicampur fungisida sintetik maupun fungisida nabati dituangkan ke cawan petri yang berbeda untuk dijadikan sebagai kontrol ( $P_0$ ).

Media didiamkan hingga dingin dan mengeras. Setelah itu disiapkan biakan murni isolat *Colletotrichum* spp. yang berumur 14 hari dipotong menggunakan bor gabus dengan diameter 0,5 cm. Potongan bor gabus isolat diambil menggunakan jarum ose steril dan diletakkan di tengah-tengah cawan petri yang telah berisi media PSA yang telah diberi perlakuan. Selanjutnya cawan petri ditutup menggunakan plastik wrap serta diberi label sesuai dengan masing-masing perlakuan. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang hingga koloni memenuhi cawan petri.

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan setiap hari sampai kontrol (P0) sudah terbentuk koloni secara merata memenuhi cawan petri (21 hsi). Parameter pengamatan yang diamati yaitu diameter koloni, daya hambat fungisida, kerapatan konidia, perkecambahan konidia, panjang tabung kecambah, ukuran konidia, morfologi hifa dan konidia pada jamur. Pengukuran diameter koloni jamur dilakukan setiap hari dengan menggunakan penggaris secara tegak lurus, diukur dari mulai awal inokulasi hingga jamur menyebar pada cawan petri. Pengukuran dilakukan dari empat arah supaya didapatkan nilai pertumbuhan koloni secara akurat (Gambar 1).



Gambar 1. Pengukuran empat arah diameter koloni jamur

Diameter koloni dapat dihitung menggunakan rumus :

$$D = \frac{D1 + D2 + D3 + D4}{4}$$

Keterangan :

D = Diameter koloni *Colletotrichum* spp.

D1+D2+D3+D4 = Diameter koloni hasil pengukuran empat arah



Daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur diukur berdasarkan diameter koloni jamur yang tumbuh, dihitung menggunakan rumus Kumar *et al.* (2007) sebagai berikut :

$$I = \frac{C-T}{C} \times 100$$

Keterangan :

I = Penghambatan (%)

C = Diameter koloni jamur pada kontrol (cm)

T = Diameter koloni pada perlakuan (cm)

Kerapatan konidia untuk tiap tingkat pengenceran dihitung menggunakan *haemocytometer* di bawah mikroskop majemuk. Konidia dalam cawan petri diambil dengan cara menambahkan aquades sebanyak 10 ml ke dalam cawan petri, kemudian koloni jamur dikeruk menggunakan *dryglasky*. Cairan yang berisi konidia (suspensi) tersebut dituangkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dihomogenkan menggunakan *rotamixer* selama 1 menit. Suspensi tersebut merupakan suspensi  $10^0$  yang kemudian diencerkan secara bertingkat hingga konidia jamur mudah diamati. Setiap satuan percobaan dilakukan pengambilan konidia dan dibuat menjadi suspensi yang sama. Setelah itu, diambil 1 ml dari suspensi menggunakan mikropipet dan diletakkan pada kaca preparat *haemocytometer*, kemudian diamati di bawah mikroskop majemuk dalam 5 kotak besar. Kerapatan konidia per ml dihitung dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut :

$$C = \frac{t}{N \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan :

C = kerapatan konidia per ml larutan

t = jumlah total konidia dalam kotak sampel yang diamati

N = jumlah kotak sampel yang diamati

0,25 = faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil dalam *haemocytometer*

Perkecambahan konidia dilakukan setelah suspensi jamur dihitung kerapatan konidianya. Perkecambahan konidia dilakukan dengan menyiapkan kaca preparat steril, kemudian diberi media PSA tipis di tengah preparat tersebut. Suspensi jamur kemudian diletakkan 0,05 ml di atas media PSA menggunakan mikropipet dan ditutup dengan kaca penutup. Setelah itu, jumlah konidia diamati terlebih dahulu di bawah mikroskop majemuk. Preparat diletakkan dalam cawan steril dan diinkubasi selama  $\pm 12$  jam, kemudian diamati konidia yang berkecambah menggunakan mikroskop majemuk dengan interval waktu (3, 6, 12 dan 24) jam. Menurut Zakaria and John (2000) perkecambahan konidia (spora) terjadi dengan munculnya tonjolan kecil tabung kecambah pada ujung konidia. Konidia dikatakan berkecambah apabila telah terbentuk tabung kecambah yang panjangnya setengah atau lebih dari sama dengan diameter konidia (Steinkellner *et al.*, 2005). Persentase perkecambahan konidia dapat dihitung dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

$$V = \frac{g}{(g + u)} \times 100\%$$

Keterangan :

V = Perkecambahan konidia (%)

g = Jumlah konidia yang berkecambah

u = Jumlah konidia yang tidak berkecambah

Pengamatan pertumbuhan koloni jamur setelah perlakuan dilakukan dibawah mikroskop dengan mengukur konidia jamur, panjang tabung kecambah, morfologi hifa dan konidia jamur. Pengukuran konidia dan tabung kecambah jamur dilakukan secara vertikal dan horizontal. Pengamatan morfologi hifa dan konidia jamur dapat dilihat dari ada tidaknya sekat, ada tidaknya cabang, dan mengalami lisis atau tidak setelah perlakuan.

### 3.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh diuji homogenitasnya menggunakan uji *Barlett*. Keaditifitasan atau keselarasan data diuji menggunakan uji *Tukey*.

Kemudian jika asumsi terpenuhi maka data dianalisis dengan analisis ragam yaitu analisis varian (ANOVA). Perbedaan nilai tengah perlakuan akan diuji dengan uji BNT pada taraf 5%.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan :

1. Ekstrak daun sirih hijau dan cabai jawa menekan secara nyata diameter koloni, kerapatan konidia, dan perkecambahan konidia *C. gloeosporioides* patogen antraknosa secara *in vitro*.
2. Keefektifan ekstrak daun sirih hijau dan cabai jawa sama dengan fungisida sintetik berbahan aktif propineb. Ekstrak daun sirih hijau, cabai jawa, dan propineb menekan 100% pertumbuhan dan perkembangan patogen antraknosa secara *in vitro*.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk meningkatkan keefektifan, ekstrak perlakuan perlu dilakukan uji lanjut terhadap peningkatan konsentrasi dan uji secara *in vivo* supaya didapatkan hasil yang akurat dalam menghambat pertumbuhan *C. gloeosporioides* patogen antraknosa cabai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W. dan Soetiarso, T. A. 1999. Strategi petani dalam mengelola risiko pada usaha tani cabai. *Jurnal Hortikultura*. 8(4): 1299-1311.
- Adnan, A. Z., Noer, Z., and Zulzannah. 2011. Analysis of essential oil components from fresh leaves of *Piper crocatum* Ruiz & Pav. and *Curcuma domestica* Val. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*. 15(1): 17-22.
- Agrios, G. N. 1997. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Edisi Ketiga*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta. 633 hlm.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*. 5th ed. Elsevier Academic Press. California. 922 hlm.
- Agromedia. 2008. *Panduan Lengkap Budidaya dan Bisnis Cabai*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 190 hlm.
- Alexopoulos, C. J. 1996. *Introduction Mycology*. John Willey. New York. 869 hlm.
- Aminah, S. N. 1995. Evaluasi Tiga Jenis Tumbuhan sebagai Insektisida dan Repelan terhadap Nyamuk di Laboratorium. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Astuti, Y. F., Maryono, T., Prasetyo, J., dan Ratih, S. 2014. Pengaruh fungisida propineb terhadap *Colletotrichum* spp. penyebab penyakit antraknosa pada cabai merah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 2(1): 144-148.
- BPPP (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian). 2016. *Pengendalian Penyakit Antraknose Pada Tanaman Cabai*.  
<http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2630/>. Diakses 5 Desember 2021.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2017. *Produksi Hortikultura Cabai*.  
<http://www.bps.go.id>. Diakses 5 Desember 2021.

- BPS (Badan Pusat Statistik). 2018. *Statistik Tanaman Sayuan dan Buah-buahan Semusim Indonesia 2017*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Lampung Selatan. 2016. *Lampung Selatan dalam Angka*. BPS Lampung Selatan. Kalianda.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burgers Publishing Company. Minnea Polls, Minesola. 241 hlm.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 2003. *Ilustrated Genera of Imperfect Fungi, 4 th ed.* American Phytopathological Society Press. St. Paul. 216 hlm.
- Benkenstein, A., Steffens, T., Bauer, P. P., Lukacevic, S., and Anastassiades, M. 2014. *Analysis of Propineb as Propylenediamine Via LC-MS/MS in Fruit and Vegetables*. CVUAS. Baden Wurttemberg.
- Benyahia, H., Smaili, A., and Timmer, L. W. 2003. *Colletotrichum gloeosporioides Causing Withertip on Twigs and Tear Stain on Fruit of Citrus in Morocco*. <http://laurel.nal.usda.gov/agnic/pmp/2003/cgc062603.html>. Diakses 20 Desember 2021.
- Budyanto. 2010. *Mikrobiologi Lingkungan, Pertanian, dan Peternakan*. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang.
- Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., and Weir, B. S. 2012. *Colletotrichum – current status and future directions*. *Studies in Mycology*. 73: 181-213.
- Chansang, U., Zahiri, N. S., Bansiddhi, J., Boonruad, T., Thongsrirak, P., Mingmuang, J., Benjapong, N., and Mulla, M. S. 2005. Mosquito larvicidal activity of aqueous extracts of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) from Thailand. *Journal of Vector Ecology*. 30(2): 195-200.
- Damanhour, Z. A. and Ahmad, A. 2014. A review on therapeutic potential of *Piper nigrum* L. (black pepper): the king of spices. *Medicinal and Aromatic Plants*. 3(3): 1-6.
- De Silva, D. D., Crouse, P. W., Ades, P. K., and Hyde, K. 2017. Life Styles of *Colletotrichum* Species and Implications for Plant Biosecurity. *Fungal Biology*. 31: 155-168.
- Deising, H. B., Werner, S., and Wernitz, M. 2000. The role of fungal appressoria in plant infection. *Journal Microbe and Infection*. 2(13): 1631-1641.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura. 2012. *Produktivitas Cabai Besar di Indonesia 2008-2012*. <http://www.deptan.go.id/infoeksekutif/horti/ATAPHorti2012/Prodtv-Cb.Besar.pdf>. Diakses 5 Desember 2021.

- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2015. *Produktivitas Cabai Merah di Indonesia*. <http://farming.id/potensi-produktivitascabai-merah-komoditas-hortikulturaeksklusif-di-indonesia/>. Diakses 5 Desember 2021.
- Ditjenbun (Direktorat Jendral Perkebunan). 1994. *Pedoman Pengenalan Pestisida Nabati*. Direktorat Bina Perlindungan Tanaman Perkebunan, Ditjenbun, Deptan. Jakarta.
- Djojosumarto, P. 2008. *Pestisida dan Aplikasinya*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 344 hlm.
- Dotulong, G., Umboh, S., dan Pelealu, J. 2019. Uji toksisitas beberapa fungisida nabati terhadap penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *in vitro*. *Jurnal Bioslogos*. 9(2): 91-101.
- Endah, J. dan Novizan, N. 2002. *Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman*. Agromedia Pustaka. Depok. 98 hlm.
- Elfina, Y., Ali, M., dan Aryanti, L. 2015. Uji beberapa konsentrasi ekstrak tepung daun sirih hutan (*Piper aduncum* L.) untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai merah pasca panen. *SAGU*. 14(2): 18-27.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2017. *Propineb*. <http://www.fao.org/3/cb2694en/cb2694en.pdf>. Diakses 5 Desember 2021.
- Foeh, R. H. 2000. Pengujian efek fungisidal beberapa ekstrak tanaman terhadap *Alternaria porri* secara *in vitro*. *Skripsi*. Fakultas Petanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- FRAC (Fungicide Resistance Action Committe). 2016. *FRAC Code List\*2015: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Codenumbering)*. <http://www.frac.info/docs/defaultsource/publications/frac-code-list/fraccode-list-2015-final-C2AD7-AA36764.pdf?Sfvrsn=4>. Diakses 20 Desember 2021.
- Francl, L. J. 2001. *The Disease Triangle: A plant pathological paradigm revisited*. <https://www.apsnet.org/edcenter/foreducators/TeachingNotes/Pages/DiseaseTriangle>. Diakses 30 Juni 2022.
- Gabriel, B. P. dan Riyanto. 1989. *Metarhizium anisopliae Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya*. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta. 25 hlm.
- Ganiswarna. 1995. *Farmakologi dan Terapi*. PT. EGC. Jakarta.

- Grahovac, M., Indic, D., Vukovic, S., Hrustic, J., Gvozdenac, S., Mihajlovic, M., and Tanovic, B. 2012. Morphological and ecological features as differentiation criteria for *Colletotrichum* species. *Zemdirbyste Agriculture*. 99(21): 89-196.
- Grainge, M. and Ahmed, S. 1988. *Handbook of plants with pest control properties*. Wiley Interscience. New York. 470 hlm.
- Grdisa, M. dan Grsic, K. 2013. Botanical insecticides in plant protection. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 78(2): 85-93.
- Handayani., Ishak, H., dan Anwar. 2013. *Efektivitas ekstrak daun sirih (Piper betle L.) sebagai bioinsektisida terhadap kematian nyamuk aedes aegypti*. [http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/2114/B04rac\\_abstract.pdf?sequence=1](http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/2114/B04rac_abstract.pdf?sequence=1). Diakses 5 Desember 2021.
- Harbone, J. B. 1996. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Moderen Menganalisis Tumbuhan*, terjemahan Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 354 hlm.
- Hasrianti., Nururrahmah., dan Nurasia. 2016. Pemanfaatan ekstrak bawang merah dan asam asetat sebagai pengawet alami bakso. *Jurnal Dinamika*. 7(1): 9-30.
- Hasyim, A., Setiawati, W., dan Lukman, L. 2015. Inovasi teknologi pengendalian opt ramah lingkungan pada cabai: upaya alternatif menuju ekosistem harmonis. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 8(1): 1-10.
- Herlanda, R. 2017. Eksplorasi dan uji potensi khamir sebagai pendegradasi residu fungisida berbahan aktif propineb secara *in vitro*. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hidayat, I. M., Sulastrini, I., Kusandrini, Y., dan Permadi, A. H. 2004. Lesio sebagai komponen tanggap buah 20 galur dan atau varietas cabai terhadap inokulasi *Colletotrichum capsici* dan *Colletotrichum gloesporioides*. *Jurnal Hortikultura*. 14(3): 161-162.
- Hidayat, T., Supriyadi, dan Sarjiyah. 2015. Pengaruh pemberian ekstrak daun sirih (*Piper betle L.*) untuk mengendalikan damping-off pada tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 3(1): 60-66.
- Hodiyah, I., Hartini, E., dan Amilin, A. 2019. Efikasi pestisida nabati dalam pengendalian penyakit antraknosa pada tanaman cabai (*Capsicum annum L.*). *Jurnal Agrotek*. 11(2): 189-199.



- Hyde, K. D., Cai, L., Mc Kenzie, E. H. C., Yang, Y. L., Zhang, J. Z., and Prihastuti, H. 2009. *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity*. 39: 1-17.
- Islam, W. 2018. Plant disease epidemiology: disease triangle and forecasting mechanisms in highlights. *Hosts and Viruses*. 5(1): 7-11.
- Jansen, A. M., Scheffer, J. J. C., and Svendsen, A. B. 1987. Antimicrobial activities of essential oils. *Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition*. 9: 193-197.
- Kadam, P. V., Yadav, K. N., Patel, F. A., Karijkar, F. A., and Patil, M. J. 2013. Pharmacognostic, phytochemical and physicochemical studies of *piper nigrum* Linn, Fruit (Piperaceae). *International Research Journal of Pharmacy*. 4(5): 189-193.
- Kardinan, A. 2002. *Pestisida Nabati; Ramuan dan Aplikasi Cetakan ke-4*. Penebar Swadaya. Jakarta. 88 hlm.
- Kumar, A. S., Reddy, N. P. E., Reddy, K. H., and Devi, M. C. 2007. Evaluation of fungisidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose in Agri Export Zone of Andhra Pradesh, India. *Plant Pathology Bulletin*. 16: 157-160.
- Kusandriani, Y. 1996. *Botani Tanaman Cabai Merah*. Di dalam : Duriat AS, Widjaja A., Hadisoeganda W., Soetiarso, T,A., Prabaningrum L., editor. *Teknologi Produksi Cabai Merah*. Lembang: Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Seminar Nasional PERHORTI. Bogor.
- Koesmiati, S. 1996. Daun sirih (*Piper betle*) sebagai desinfektan. *Skripsi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Martoredjo, T. 2010. *Ilmu Penyakit Pasca Panen*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Mendgen, K. dan Deising, H. 1993. Infection structures of fungal plant pathogens- a cytological and physiological evaluation. *New Phytologist*. 12(4): 193-123.
- Mutschler, E. 1999. *Dinamika Obat : Buku Ajar Farmakologi dan Toksikologi*, diterjemahkan oleh Widiyanto, M.B. dan Ranti, A.S., Edisi Kelima. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung. 922 hlm.
- Nega, A., Lemessa, F., and Berecha, G. 2016. Distribution and importance of maize grey leaf spot *Cercospora zae-maydis* (Tehon and Daniels) in South and Southwest Ethiopia. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*. 7(2): 1-7.

- Noman, A., Bashir, R., Aqeel, M., Anwer, S., Iftikhar, W., Zainab, M., Zafar, S., Khan, S., Islam, W., and Adnan, M. 2016. Success of transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Cogent Food and Agriculture*. 2: 1-13.
- Nurmansyah. 2004. *Pengaruh Penambahan Minyak Serai Wangi dan Limbah Kayu Manis terhadap Daya Anti Fungi Pestisida Nabati Sirih*. Prosiding Ekspose Teknologi Gambir Kayu Manis dan Atsiri. 86-92 hlm.
- O'Connell, R. J., Perfect, S., Hughes, B., and Carzaniga, R. 2000. *Dissecting the Cell Biology of Colletotrichum Infection Processes, Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interaction*. APS Pr. St Paul.
- Pepeljnjak, S., Kalodera, Z., and Zovko, M. 2005. Antimicrobial activity of flavonoids from *Pelargonium radula* (Cav.) L'Hérit. *Acta Pharm.* 55: 431-435.
- Prakash, A. and Rao, J. 1997. *Botanical Pesticide*. Illionis Press. New York. 235 hlm.
- Prasetyo, A. 2017. Pemanfaatan kitosan untuk pengendalian penyakit antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada cabai (*Capsicum annuum* L.). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prijono, D., Sudiar, J. I., and Irmayetti. 2006. Insecticidal activity of Indonesian. Plants extracts against the cabbage head cartepillar, *Crodolomia pavonana* (F). (Lepidoptera : Pyralidae). *International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*. 12(1): 25-34.
- Prusky, D. and Plumbley, R. A. 1992. *Quiescent Infections of Colletotrichum in Tropical and Subtropical Fruit*. Commonwealth Agricultural Bureaux International (CABI). Wallingford.
- Putri, Z. F. 2010. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sirih (*Piper betle* L.) terhadap *Propionibacterium acne* dan *Staphylococcus aureus* Multiresisten. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Rubatzky, V. E. dan Yamaguchi, M. 1998. *Sayuran Dunia 2 Prinsip, Produksi, dan Gizi*. Diterjemahkan oleh: Catur Herison. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 200 hlm.
- Sakung, J. 2004. Kadar residu pestisida golongan organofosfat pada beberapa jenis sayuran. *Jurnal Ilmiah Santina*. 1: 520-525.
- Saxena, M., Khare, N. K., Saxene, P., Syamsundar, K.V., and Srivastava, S.K. 2014. Antimicrobial activity and chemical composition of leaf oil in two varieties of *Piper betle* from northern plains of India. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 73: 95-99.

- Semangun, H. 2007. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 845 hlm.
- Setiadi. 2006. *Bertanam Cabai*. Penebar Swadaya. Jakarta. 184 hlm.
- Sholikhah, A. 2009. *Sirih merah menurunkan glukosa darah*. <http://www.pustakatani>. Diakses 5 Desember 2021.
- Shofiana, R. H., Liliek, S., dan Anton, M. 2015. Eksplorasi jamur endofit dan khamir pada tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*) serta uji potensi antagonismenya terhadap jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 3(1): 75-83.
- Steinkellner, S., Mammerler, R., and Vierheilig, H. 2005. Microconidia germination of the tomato pathogen *Fusarium oxysporum* in the presence of root exudates. *Journal of Plant Interactions*. 1(1): 23-30.
- Syukur, M. 2007. *Mencari genotip cabai tahan antraknosa*. <http://ipb.bogor.Agricultural.university/mencari.genotip.cabai.tahan.antraknosa.htm>. Diakses 8 Juni 2022.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., Koswara, J., and Widodo. 2013. Genetic analysis for resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in chili pepper (*Capsicum annum* L.) using diallel crosses. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 45 (3): 400-408.
- Tiancang, Z., Zhao, H., Huang L., Xi H., Zhou D., and Cheng, J. 2008. Efficacy of Propineb for controlling leaf blotch caused by *Marssonina coronaria* and its effect on zinc content in apple leaves. *Journal Acta Phytophylla Sinica*. 35(6): 519-524.
- Tuhumury, G. N. C., Leatemia, J. A., Rumthe, R. Y., dan Hasinu, J. V. 2012. Residu pestisida produk sayuran segar di Kota Ambon. *Agrologia*. 1(2): 99-105.
- Umami, L. dan Purwani, K. I. 2015. Pengaruh ekstrak buah cabe jamu (*Piper retrofractum* Vahl.) terhadap perkembangan larva grayak (*Spodoptera litura* F.). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2): 37-39.
- Vimay, S., Renuka, K., Palak, V., Harisha, C. R., and Prajapati, P. K. 2012. Pharmacognostical and phytochemical study of *Piper longum* L. and *Piper retrofractum* Vahl. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*. 1(1): 62-66.
- Wardana, M. H. 2014. *Budidaya Tanaman Cabai Merah di UPTDP Perbibitan Tanaman Hortikultura Desa Sumberejo Kecamatan Ambulu Kabupaten Unit Pelaksana Teknis Daerah Pertanian Jember*. Unit Pelaksana Teknis Daerah Pertanian Jember. Jawa Timur.

- Watanabe, T. 1937. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species, Edisi ke-2*. Boca Raton London. New York Washington D. C.
- Wati, I. F., Efri, dan Maryono, T. 2014. Keefektifan ekstrak daun sirih dan daun babadotan mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai (*Capsicum annum* L.). *Journal Agrotek Tropika*. 2(3): 436-440.
- Wijayakusuma, H. 1992. *Tanaman Berkhasiat Obat*. Penerbit Kartini. Jakarta. 122 hlm.
- WHO (World Health Organization). 2008. *Pesticides, children's health and the environment. WHO Training Package for the Health Sector, World Health Organization*. <http://www.who.int/ceh>. Diakses 5 Desember 2021.
- Zakaria, M. dan John, A. B. 2000. Morphology and cultural variation among *Colletotrichum* isolates obtained from tropical forest nurseries. *Journal of Tropical Forest Science*. 12(1): 1-20.