

**UJI EFEKTIVITAS *LECANICILLIUM LECANII*, EKSTRAK DAUN
SIRIH, DAN TEMBAGA OKSIDA UNTUK MENGENDALIKAN
PENYAKIT KARAT PADA CAKRAM DAUN KOPI DI
LABORATORIUM**

Skripsi

Oleh

**AZRAH HUMAIRAH SIRAIT
1914191013**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

UJI EFEKTIVITAS *LECANICILLIUM LECANII*, EKSTRAK DAUN SIRIH, DAN TEMBAGA OKSIDA UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT KARAT PADA CAKRAM DAUN KOPI DI LABORATORIUM

Oleh

AZRAH HUMAIRAH SIRAIT

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA PERTANIAN

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

UJI EFEKTIVITAS *LECANICILLIUM LECANII*, EKSTRAK DAUN SIRIH, DAN TEMBAGA OKSIDA UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT KARAT PADA CAKRAM DAUN KOPI DI LABORATORIUM

Oleh

AZRAH HUMAIRAH SIRAIT

Produktivitas kopi sampai saat ini masih terganggu oleh penyakit karat daun yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix* B. et Br. *H. vastatrix* ini menyebabkan kerusakan pada tanaman kopi dan dapat mengakibatkan kerugian ekonomi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas jamur *Lecanicillium lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi pada cakram daun kopi di laboratorium. Metode yang digunakan yaitu uji efikasi yang dilakukan dengan media cakram daun kopi dengan lama pengamatan selama empat minggu. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan terdiri atas *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, tembaga oksida, dan kontrol. Variabel yang diamati yaitu daya hambat *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida pada masa inkubasi, keterjadian penyakit, dan keparahan penyakit pada cakram daun kopi. Data hasil pengamatan dianalisis dengan uji *Barlett*, dan aditifitas data diuji dengan uji *Tukey*. Data dianalisis ragam (ANOVA), dan dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, serta tembaga oksida dapat memperpanjang masa inkubasi. Gejala penyakit karat daun kopi pada perlakuan ekstrak daun sirih tampak pada 14 hari setelah inokulasi (HSI), pada perlakuan *L. lecanii* dan tembaga oksida tampak pada 21 HSI dan untuk kontrol 5 HSI Selain itu, perlakuan *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, serta tembaga oksida secara nyata menurunkan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit karat pada cakram daun kopi di laboratorium 1-4 minggu setelah inokulasi (MSI).

Kata Kunci: Daun sirih, *Hemileia vastatrix*, karat daun kopi, *Lecanicillium lecanii*, tembaga oksida.

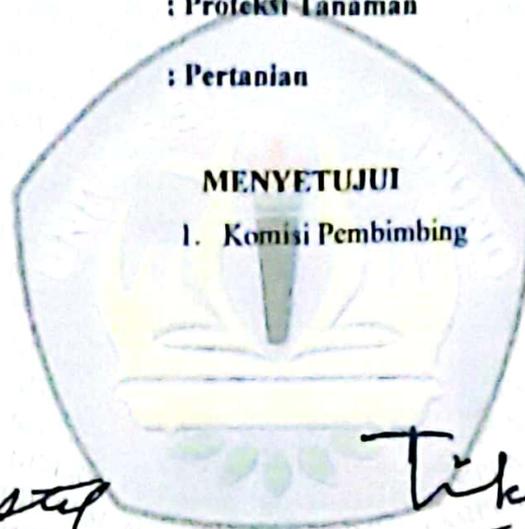
Judul Skripsi : Uji Efektivitas *Lecanicecillum lecanii*, Ekstrak Daun Sirih, dan Tembaga oksida untuk Mengendalikan Penyakit Karat pada Cakram Daun Kopi di Laboratorium

Nama Mahasiswa : Agra Humaerah Sirati

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914191013

Jurusan : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian



Cipta
Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.
NIP. 196012011984031003

Titik
Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.
NIP. 196201071986032001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

Dr. Tri Maryono, S.P., M. Si.
NIP. 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

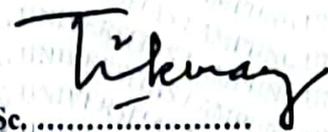
Ketua

; Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.



Sekretaris

: Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing**

: Dr. Tri Maryono, S.P., M. Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. I. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul **“UJI EFEKTIVITAS *LECANICILLIUM LECANII*, EKSTRAK DAUN SIRIH, DAN TEMBAGA OKSIDA UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT KARAT PADA CAKRAM DAUN KOPI DI LABORATORIUM”** 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 dikemudian 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, 11 Juni 2024
Penulis



Azrah Humairah Sirait
1914191013

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, 23 April 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Razali Sirait dan Ibu Sri Mahani Nasution.

Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-kanak Dewantara pada tahun 2007, Sekolah Dasar (SD) di SDN 060793 Kota Medan pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 2 Medan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Medan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung pada Progam Studi Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Karang Anyar, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan pada periode I tahun 2022. Pada tahun 2022 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP) Lembang. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam organisasi jurusan yaitu menjadi ketua bidang eksternal Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) periode tahun 2022.

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan; sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah : 5-6)

“Education is not preparation for life; education is life itself”

(John Dewey)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirmu, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Knowing is not enough; we must apply

Wishing is not enough; we must do”

(Johann Wolfgang von Goethe)

Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha

(B.J. Habibie)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang
saya persembahkan skripsi ini sebagai wujud ungkapan rasa syukur, cinta dan

kasih sayang, kepada:

Kedua orang tua

Bapak Razali Sirait dan Ibu Sri Mahani Nasution

dan adikku tersayang Abiyyu Raihan Sirait

dan Keluarga besar

Terimakasih atas segala doa dan dukungan yang diberikan selama ini.

Serta

Almameter tercinta, Universitas Lampung

Terimakasih atas segala pelajaran dan pengalaman yang berharga.

SANWACANA

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“UJI EFEKTIVITAS *LECANICILLIUM LECANII*, EKSTRAK DAUN SIRIH, DAN TEMBAGA OKSIDA UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT KARAT PADA CAKRAM DAUN KOPI DI LABORATORIUM”**.

Pada proses penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, saran dan kritik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penulis untuk melakukan perkuliahan,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M. Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi,
3. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku Pembimbing Pertama yang telah membimbing dan memotivasi penulis dengan sangat baik dalam penyusunan skripsi. Terimakasih saya ucapkan atas ilmu dan waktu yang telah diberikan,
4. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku Pembimbing Kedua yang telah membimbing dan memotivasi penulis dengan sangat baik dalam penyusunan skripsi. Terimakasih saya ucapkan atas segala ilmu dan waktu yang telah diberikan,

5. Kepada Ibu Sri Mahani Nasution dan Bapak Razali Sirait selaku orang tua, adik Abiyyu Raihan Sirait, keluarga besar, serta Syifaa. Atas dukungan yang tidak pernah berhenti kepada penulis yang sangat berarti bagi penulis,
6. Kepada Bu Tiwi (BBPP Lembang), atas bantuan penyediaan bahan penelitian dan memberi semangat, motivasi, dan masukan untuk penulis, dan
7. Kepada semua sahabat seperjuangan, atas bantuan dan dukungannya selama proses penelitian sampai penulisan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Bandar Lampung, Juni 2024

Azrah Humairah Sirait

1914191013

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Kopi Arabika.....	5
2.2 Penyakit Karat Daun	6
2.3 <i>Lecanicillium lecanii</i>	9
2.3.1 Taksonomi <i>Lecanicillium lecanii</i>	9
2.4 Daun Sirih (<i>Piper betle</i> L.)	11
2.4 Fungisida Sintetis.....	12
III. BAHAN DAN METODE	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	14
3.2 Bahan dan Alat.....	14
3.3 Metode Penelitian	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.4.1 Pembuatan Media <i>Potata Dextrose Agar</i> (PDA)	15
3.4.2 Penyiapan Uredospora <i>H.vastatrix</i>	15
3.4.3 Penyiapan Suspensi Konidia <i>L. Lecanii</i>	15
3.4.4 Penyiapan Ekstrak Daun Sirih (<i>Piper betle</i> L.).....	16
3.4.5 Uji Pendahuluan Ekstrak Daun Sirih	16

3.4.6 Uji Efikasi pada Cakram Daun Kopi.....	17
3.4.7 Rancangan Percobaan	18
3.4.8 Variabel yang Diamati	18
3.4.9 Analisis Data.....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil Penelitian.....	20
4.1.1 Uji Pendahuluan Efikasi Ekstrak Daun Sirih.....	20
4.1.2 Uji Efikasi <i>L. lecanii</i> , Ekstrak Daun Sirih, dan Tembaga Oksida.....	22
4.2 Pembahasan	25
V. SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan.....	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kategori penyakit dalam pengamatan	19
2. Persentase perkecambahan <i>H. vastatrix</i> setelah aplikasi ekstrak daun sirih pada uji pendahuluan.....	21
3. Masa inkubasi patogen karat pada cakram daun kopi yang diaplikasikan <i>L. lecanii</i> , ekstrak daun sirih, tembaga oksida, dan daun kontrol di laboratorium	22
4. Keterjadian penyakit karat pada cakram daun kopi yang diaplikasikan <i>L. lecanii</i> , ekstrak daun sirih, tembaga oksida, dan daun kontrol di laboratorium	23
5. Keparahan penyakit karat pada cakram daun kopi yang diaplikasikan dengan <i>L.lecanii</i> , ekstrak daun sirih, tembaga oksida, dan daun kontrol di laboratorium	24
6. Uji pendahuluan data pengamatan 1 (4 jam setelah inokulasi) pengaruh ekstrak daun sirih terhadap uredospora <i>H. vastatrix</i>	35
7. Uji pendahuluan data pengamatan 2 (8 jam setelah inokulasi) ekstrak daun sirih terhadap uredospora <i>H. vastatrix</i>	36
8. Uji pendahuluan data pengamatan 3 (12 jam setelah inokulasi) ekstrak daun sirih terhadap uredospora <i>H. vastatrix</i>	37
9. Data jumlah perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 4 JSI.....	38
10. Uji homogenitas data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 4 JSI	38
11. Uji aditifitas data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 4 JSI.....	39
12. Data uji analisi ragam perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 4 JSI	39
13. Data jumlah perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 8 JSI.....	40

14. Uji homogenitas data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 8 JSI	40
15. Uji aditifitas data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 8 JSI.....	41
16. Uji analisi ragam data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 8 JSI	41
17. Uji DMRT data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 8 JSI	42
18. Data jumlah perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 12 JSI.....	43
19. Uji homogenitas data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 12 JSI	43
20. Uji aditifitas data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 12 JSI.....	44
21. Uji analisi ragam data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 12 JSI	44
22. Uji DMRT data perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> 12 JSI	45
23. Data keterjadian penyakit 7 HSI.....	46
24. Uji homogenitas data keterjadian penyakit 7 HIS.....	46
25. Uji aditifitas data keterjadian penyakit 7 HSI.....	47
26. Uji analisi ragam data keterjadian penyakit 7 HSI	47
27. Uji DMRT data keterjadian penyakit 7 HSI	47
28. Data keterjadian penyakit 14 HSI.....	48
29. Uji homogenitas data keterjadian penyakit 14 HIS	48
30. Uji aditifitas data keterjadian penyakit 14 HSI.....	49
31. Uji analisi ragam data keterjadian penyakit 14 HSI	49
32. Uji DMRT data keterjadian penyakit 14 HSI	49
33. Data keterjadian penyakit 21 HSI.....	50
34. Uji homogenitas data keterjadian penyakit 21 HSI.....	50
35. Data uji aditifitas keterjadian penyakit 21 HSI.....	51
36. Uji analisi ragam data keterjadian penyakit 21 HIS	51
37. Uji DMRT data keterjadian penyakit 21 HIS	51
38. Data keterjadian penyakit 28 HSI.....	52
39. Uji homogenitas data keterjadian penyakit 28 HIS.....	52
40. Uji aditifitas data keterjadian penyakit 28 HSI.....	53
41. Uji analisi ragam data keterjadian penyakit 28 HSI	53
42. Uji DMRT data keterjadian penyakit 28 HIS	53

43. Data keparahan penyakit 7 HSI	54
44. Uji homogenesitas data keparahan penyakit 7 HSI	54
45. Uji aditifitas data keparahan penyakit 7 HSI.....	55
46. uUi analisi ragam data keparahan penyakit 7 HSI.....	55
47. Uji DMRT data keparahan penyakit 7 HIS	55
48. Data keparahan penyakit 14 HSI	56
49. Uji homogenesitas data keparahan penyakit 14 HSI	56
50. Uji aditifitas data keparahan penyakit 14 HSI.....	57
51. Uji analisi ragam data keparahan penyakit 14 HSI	57
52. Uji DMRT data keparahan penyakit 14 HSI	57
53. Data keparahan penyakit 21 HIS	58
54. Uji homogenesitas data keparahan penyakit 21 HSI	58
55. Uji aditifitas data keparahan penyakit 21 HSI.....	59
56. Uji analisi ragam data keparahan penyakit 21 HSI	59
57. Uji DMRT data keparahan penyakit 21 HSI	59
58. Data keparahan penyakit 28 HIS	60
59. Uji homogenesitas data keparahan penyakit 28 HSI.....	60
60. Uji aditifitas data keparahan penyakit 28 HIS	61
61. Uji analisi ragam data keparahan penyakit 28 HSI	61
62. Uji DMRT data keparahan penyakit 28 HSI	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Gejala karat daun kopi disertai tanda penyakit berupa lapisan spora berwarna oranye. (a), gejala daun terserang yang diamati di bawah mikroskop stereo perbesaran 40x dan (c) urediospora jamur <i>H. vastatrix</i> yang diamati di bawah mikroskop majemuk perbesaran 1000x (Siska dkk., 2018).....	7
2. Kenampakan makroskopis dan mikroskopis jamur <i>L.lecanii</i> . (a) koloni jamur <i>L. lecanii</i> berwarna putih dan (b) tangkai konidiofor beserta sekumpulan konidia.	10
3. Kenampakan perkecambahan uredospora <i>H.vastatrix</i> (perbesaran 40x). (a) perlakuan kontrol, (b) perlakuan D1 (dosis ekstrak daun sirih 2,5%), (c) perlakuan D2 (dosis ekstrak daun sirih 5%), (d) perlakuan D3 (dosis ekstrak daun sirih 7,5%), (e) perlakuan D4 (dosis ekstrak daun sirih 10%).	22
4. Gejala karat daun pada cakram daun kopi. (a) gejala karat berupa bercak berwarna kuning yang disertai serbuk jingga, (b) gejala karat yang terlihat adanya serbuk jingga dan dikelilingi bercak cokelat yang bergabung, dan (c) gejala berupa bercak berwarna kuning muda.	23
5. Sampel daun kopi yang mengandung uredospora <i>H. vastatrix</i> yang ...	62
6. Proses pembuatan media PDA-L.	62
7. Pengambilan sampel uredospora karat daun kopi menggunakan jarum	62
8. Penyiapan suspensi konidia <i>Lecanicillium lecanii</i>	63
9. Penyediaan ekstrak daun sirih (<i>Piper betle</i> L.).....	63
10. Pelaksanaan uji pendahuluan yaitu pengaplikasian ekstrak daun sirih	63
11. Pelaksanaan uji efikasi.	64
12. Pelaksanaan uji efikasi yang akan di inkubasi selama 4 minggu.	64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai produsen kopi keempat terbesar di dunia, Indonesia menempatkan kopi sebagai salah satu komoditas unggulan perkebunan. Dua jenis kopi yang terkenal yaitu varietas kopi arabika (*Coffea arabica*) dan kopi robusta (*Coffea canephora*). Indonesia merupakan salah satu dari negara penghasil kopi di dunia, khususnya penghasil varietas kopi robusta. Perkebunan kopi di Indonesia memiliki luas areal 1,2 juta ha dan produksi kopi 655.256 ton pada tahun 2015. Tahun 2016, nilai ekspor kopi menempati urutan kelima komoditas terbesar di Indonesia setelah kelapa sawit, karet, kakao dan kelapa dengan nilai perdagangan mencapai 1,01 miliar dolar amerika serikat atau berkontribusi 3,94% terhadap nilai perdagangan komoditas perkebunan yang mencapai 25,58 miliar dolar amerika serikat. Lima pusat daerah penghasil kopi di Indonesia terletak di provinsi Sumatera Selatan, Lampung, Sumatera Utara, Aceh, dan Jawa Timur. Provinsi Lampung merupakan pusat produksi kopi robusta di Indonesia terutama di Kabupaten Lampung Barat yang telah ditetapkan sebagai salah satu kawasan perkebunan kopi nasional, sesuai Kepmentan No 46/Kpts/PD.300/1/2015 (Dirjen Perkebunan, 2017).

Rata-rata produktivitas kopi Indonesia adalah 677 Kg/ha untuk robusta dan 774 t/ha untuk arabica (Direktorat Jenderal Perkebunan 2019). Angka produktivitas ini jauh di bawah Brazil dan Vietnam yang masing-masing mencapai 2 t/ha dan 1,5 t/ha. Produktivitas kopi Indonesia bahkan paling rendah bila dibandingkan dengan 10 negara penghasil utama kopi dunia lainnya (ICO, 2017). Lebih lanjut Wahyudi dan Jati (2012) menyatakan bahwa produktivitas kopi Indonesia saat ini

baru mencapai 60% dari potensi produksi kopi, salah satunya disebabkan oleh serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT). OPT yang secara umum menyebabkan gangguan pada perkebunan kopi terdiri atas hama, patogen dan gulma. Secara umum yang ditemukan pada tanaman kopi di Indonesia adalah hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.), penggerek ranting (*Xylosandrus* spp.), kutu hijau (*Coccus viridis*), kutu putih (*Ferrisia virgata*), penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*), *Cercospora* sp., embun jelaga dan busuk buah kopi, serta nematoda akar (Direktorat Perlindungan Perkebunan, 2002).

Produktivitas kopi sampai saat ini masih sangat terganggu oleh OPT salah satunya yaitu tingginya gangguan penyakit karat daun akibat praktik budidaya teknis yang kurang baik, termasuk pengendalian penyakit karat daun tersebut. Penyakit karat daun yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix* B. et Br. yang menyebabkan kerusakan pada tanaman kopi dan mengakibatkan kerugian secara ekonomi. Masalah ini cenderung makin berat sejalan dengan upaya peningkatan daya saing kopi nasional di pasaran internasional (Mahfud *et al.*, 2000).

Penyakit karat daun kopi umumnya dikendalikan secara budidaya seperti penanaman lini atau jenis yang tahan, pemupukan seimbang, dan pengurangan naungan serta secara kimia dengan menggunakan fungisida (Semangun, 2000). Pengendalian secara budidaya saja sewaktu-waktu belum memberikan hasil yang memuaskan sehingga masih perlu diaplikasikan fungisida. Untuk mencegah atau mengurangi kerugian itu, penyakit ini dikendalikan dengan mengaplikasikan fungisida anorganik, organik tidak sistemik, dan sistemik. Pengendalian menggunakan fungisida dan secara budidaya masih terdapat banyak kekurangan, terdapat pengendalian alternatif yang ramah lingkungan seperti penggunaan agensia hayati dan juga menggunakan pestisida nabati (Semangun, 2000).

Berbagai laporan menyebutkan penggunaan agensia hayati dan juga pestisida nabati mampu menghambat *H. vastatrix*. *L. lecanii* yang merupakan salah satu jamur antagonis yang berpotensi menjadi agensia pengendalian hayati terhadap penyakit karat daun kopi (Heale, 1997; Kiss, 2003). Berbagai tumbuhan dilaporkan mengandung senyawa aktif dan dilaporkan bahwa sebagian

menunjukkan efek fungisida serta dapat menekan jamur patogen, salah satunya ekstrak daun sirih (Dhalimi *et al.*, 1999 dalam Ginting, 2006). Daun sirih memiliki senyawa bioaktif yang menunjukkan potensi ekstrak untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi. Menurut Kartasapoetra (1996) dalam Ginting *et al.* (2004) pada daun sirih mengandung minyak atsiri sebanyak 4,2% yang mengandung senyawa fenol yang disebut betlephenol, kavikol, dan seskuiterpen.

Agensia hayati *L. lecanii* dan fungisida alami dari ekstrak daun sirih bersifat ramah lingkungan. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian untuk menguji keefektifan *L. Lecanii* dan ekstrak daun sirih untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi (*H. vastatrix*).

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui efektivitas agensia hayati (*L.lecanii*), fungisida alami ekstrak daun sirih, serta fungisida sintetis tembaga oksida dalam mengendalikan penyakit karat daun (*H. vastatrix*) pada cakram daun kopi di laboratorium.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pengendalian terhadap penyakit ini biasanya dapat dilakukan secara budidaya seperti penanaman varietas tahan, pemupukan seimbang, dan pengaplikasian fungisida. Menurut Wang *et al.* (2013) penggunaan fungisida dapat berdampak pada lingkungan, yaitu degradasi lahan, pencemaran udara, tanah dan air tanah. Beberapa pengendalian yang efektif sekaligus efisien dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan seperti pemanfaatan agensia hayati dan penggunaan pestisida nabati (Ginting & Mujim, 2007).

Pengendalian hayati dengan memanfaatkan agensia hayati merupakan inti dari Pengendalian Hama Terpadu (PHT), berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimiawi sintetis, sehingga sistem pertanian berkelanjutan dapat

dipertahankan. *L. lecanii* merupakan salah satu antagonis yang berpotensi menjadi agensia pengendalian hayati (Heale, 1997; Kiss, 2003). Sebelumnya telah dilaporkan Mujim *et al.* (2005) bahwa *L. lecanii* sering ditemukan pada koloni *H. vastatrix* yang menimbulkan gejala penyakit karat pada daun kopi. Jamur antagonis ini lebih sering ditemukan pada tanaman kopi dengan banyak naungan dibandingkan dengan yang terjadi pada tanaman dengan sedikit naungan. Keterjadian koloni *L. lecanii* lebih tinggi pada daun yang belum gugur dibandingkan dengan keberadaan koloni tersebut pada daun yang sudah gugur. (Ginting *et al.*, 2006). *L. lecanii* dapat hidup sebagai mikoparasit dari uredospora dan uredium *H. vastatrix* dan sebagai saprofit dari bahan-bahan organik yang telah mati (Mujim *et al.*, 2005; Semangun, 2000).

Pestisida organik yang berasal dari tumbuhan disebut pula dengan pestisida nabati. Pestisida nabati dapat digunakan menjadi alternatif pengendalian pada penyakit. Berbagai tumbuhan mengandung senyawa aktif dan dilaporkan bahwa sebagian menunjukkan efek fungisida serta dapat menekan jamur patogen. Ginting *et al.* (2004) melaporkan terjadinya penurunan keterjadian penyakit pada cakram daun kopi di laboratorium akibat aplikasi beberapa ekstrak daun salah satunya yaitu ekstrak air daun sirih. Pestisida nabati dari ekstrak daun sirih ini dapat mengendalikan penyakit karat daun kopi diduga karena senyawa tertentu yang terdapat pada ekstrak air tumbuhannya. Daun sirih mengandung minyak atsiri yang mana minyak atsiri dalam daun sirih terdiri dari fenol dan sebagian besar dari fenol tersebut adalah kavikol. Kavikol ini memberikan aroma khas sirih dan memiliki daya pembunuh bakteri lima kali daripada fenol biasa. Kandungan fenol dapat menahan serangan jamur, tetapi ketahanan ini bersifat khas pada jamur tertentu (Subrata, 2019).

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan adalah bahwa agensia hayati (*L. lecanii*), fungisida alami ekstrak daun sirih, dan fungisida sintesis tembaga oksida dapat menurunkan keterjadian dan keparahan penyakit karat daun kopi yang disebabkan oleh *H. vastatrix*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kopi Arabika

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etopia, namun baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya, yaitu Yaman di bagian selatan Arab (Rahardjo, 2012).

Menurut USDA (2002) klasifikasi kopi arabika adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Sub kingdom : Tracheobionta
Super divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida/Dicotyledons
Sub class : Asteridae
Ordo : Rubiales
Famili : *Rubiaceae*
Genus : *Coffea*
Spesies : *Coffea Arabica* L.

Menurut Davis *et al.* (2006), terdapat 103 spesies dalam genus *Coffea* (*Rubiaceae*) namun hanya *C. arabica* L. dan *C. canephora* Piere ex A. Froehner (yang sering disebut dengan “robusta”) yang diperdagangkan secara meluas. Kopi arabika di Indonesia sebagian besar tergolong sebagai kopi spesialti, dengan nama legendaris seperti *mandheling coffee*, *gayo mountain coffee*, *toraja coffee*, *java arabica coffee*, dan *lintong coffee*. Secara habitus, kopi arabika ada dua tipe yaitu

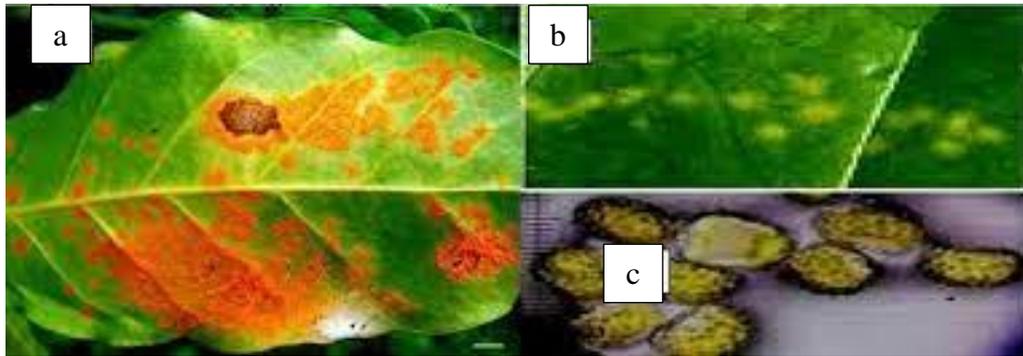
kopi dengan ciri tinggi dan pendek. Kopi arabika memiliki ciri tinggi seperti *typica* dan *abessinia* sedangkan dengan ciri pendek seperti *kartika 1*, *kartika 2* dan *andungsari*. Berdasarkan pupus daun nya kopi arabika terbagi atas dua yaitu yang berwarna hijau dan berwarna coklat kemerahan. Kopi arabika yang pupus daunnya berwarna hijau berasal dari Aceh Tengah atau sering disebut kopi Ateng sedangkan kopi arabika pupus daunnya berwarna coklat kemerahan disebut dengan kopi Sigarar utang (Davis *et al.*, 2006).

Kopi arabika merupakan kopi jenis pertama yang dibudidayakan di Indonesia, saat zaman penjajahan Belanda di Indonesia berbagai percobaan penanaman kopi jenis arabika dilakukan di Pulau Jawa, Sumatera, dan Sulawesi tepatnya di daerah Pondok Kopi, Jakarta. Kopi jenis arabika sangat baik ditanam di daerah yang berketinggian 1.000-2.100 meter di atas permukaan laut (mdpl). Semakin tinggi lokasi perkebunan kopi, cita rasa yang dihasilkan oleh biji kopi akan semakin baik. Karena itu, perkebunan kopi arabika hanya terdapat di beberapa daerah tertentu (di daerah yang memiliki ketinggian di atas 1.000 m dpl). Sebaiknya kopi hanya ditanam di daerah dengan curah hujan 1500 – 3500 mm per tahun, dengan bulan kering (curah hujan 3 %) dengan derajat kemasaman (pH) yang ideal berkisar antara 5,5 – 6,5 serta kedalaman yang efektif yaitu cukup dalam (>100 cm) (Panggabean, 2011).

2.2 Penyakit Karat Daun

Salah satu kendala dalam budidaya kopi arabika adalah kopi jenis ini sangat rentan terhadap penyakit karat daun yang disebabkan jamur *Hemileia vastatrix* B.et Br Kerugian akibat penyakit ini dapat mencapai 60%. Tanaman yang terserang jamur karat, daunnya gugur sehingga menurunkan produksi buah. Penyakit ini sudah berkembang di Indonesia sejak tahun 1876 dan dalam perkembangannya mengakibatkan penurunan produksi kopi hingga 25 % (Semangun, 2000) (Sumardiyono dan Agung, 1996).

Gejala penyakit karat daun hanya terbatas tampak pada daun. Secara khas penyakit ini dikenal seperti luka berwarna kuning dan ditutupi bedak atau noda yang tampak pada permukaan bagian bawah daun (Gambar 1). Pada luka yang masih muda tampak noda kuning pucat dengan sporulasi jelas (Siska dkk., 2018).



Gambar 1. Gejala karat daun kopi disertai tanda penyakit berupa lapisan spora berwarna oranye. (a) gejala daun terserang yang diamati di bawah mikroskop stereo perbesaran 40x, dan (c) urediospora jamur *H. vastatrix* yang diamati di bawah mikroskop majemuk perbesaran 1000x (Siska dkk., 2018).

Gejala dari penyakit karat daun dapat dilihat pada permukaan atas dan bawah daun, ditandai dengan bercak kuning jingga seperti serbuk (*powder*) (Agrios, 2005). Jika diamati pada bagian bawah daun tampak bercak yang awalnya berwarna kuning muda, selanjutnya akan berubah menjadi kuning tua, pada bagian tersebut akan terlihat jelas tepung yang berwarna orange atau jingga. Tepung yang berwarna orange atau jingga tersebut adalah uredospora jamur *H. vastatrix*. Pada gejala lanjut, pada daun tampak bercak coklat saling bergabung, menjadi lebih besar, kemudian mengering dan gugur sehingga tanaman menjadi gundul (Semangun, 2000).

Di daerah tropis, *H. vastatrix* bertahan sebagai uredospora (spora jamur karat), uredium (badan buah penghasil uredospora), dan miselium (kumpulan hifa jamur karat) pada daun sakit untuk melanjutkan infeksi pada tanaman. Dari beberapa struktur jamur tersebut, uredospora paling berperan dalam perkembangan penyakit karat daun. Uredospora jamur *H. vastatrix* berwarna orange, panjang 25-35 μm dan lebar 12-28 μm , berbentuk seperti ginjal dan berduri pada bagian yang cembung (Kushalappa, 1989). Tingkat kerusakan tanaman kopi pada

perkebunan rakyat di Indonesia yang mencapai 58 % mengindikasikan lingkungan pertanaman kopi mendukung perkembangan penyakit karat daun (Rosmahani *et al.*, 2003).

Menurut Mahfud (2011) perkembangan penyakit tanaman ini dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu patogen, inang dan tanaman. Menurut Sugiarti (2017) faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit adalah lingkungan yaitu suhu, kelembaban udara, curha hujan, dan sinar matahari. Suhu optimum untuk perkembangan penyakit adalah 21° -25°C. Hujan berperan dalam meningkatkan kelembaban sehingga sesuai untuk perkecambahan uredospora dan penyebaran jamur *H. vastatrix*. Sinar matahari langsung menyentuh permukaan daun, menghambat proses perkecambahan uredospora dan memperpanjang periode inkubasi penyakit karat daun. Penyebaran uredospora dapat melalui hujan, dan angin, serangga seperti jenis thrips, burung dan manusia. Ranting dan daun yang terlalu lebat berpotensi untuk mengundang jamur (*H. vastatrix*), sebab hal ini meningkatkan kelembaban sekitar tanaman. Sebaiknya selalu dilakukan pemangkasan ranting dan daun yang tidak berfungsi agar sinar matahari bisa masuk optimum pada tanaman. Selain pemangkasan berkala, pemeliharaan tanaman yang baik dapat menekan perkembangan penyakit karat daun tersebut.

Pengendalian penyakit jamur *H. vastatrix* pada tanaman kopi dapat dilakukan dengan penggunaan mikroba yang bersifat antagonis terhadap jamur penyakit karat (*H. vastatrix*), seperti bakteri *Bacillus thuringiensis* dan jamur *Verticilium lecanii*, serta penyemprotan fungisida. Fungisida yang digunakan diutamakan fungisida nabati yang lebih ramah lingkungan, karena menurut Harni *et al.* (2018) penggunaan fungisida sintetik secara terus menerus pada lahan akan menyebabkan timbulnya ras fisiologi baru *H. vastatrix* yang telah berevolusi selama penggunaan fungisida dalam jangka waktu yang lama (Maryani dan Zelika, 2022).

2.3 *Lecanicillium lecanii*

2.3.1 Taksonomi *Lecanicillium lecanii*

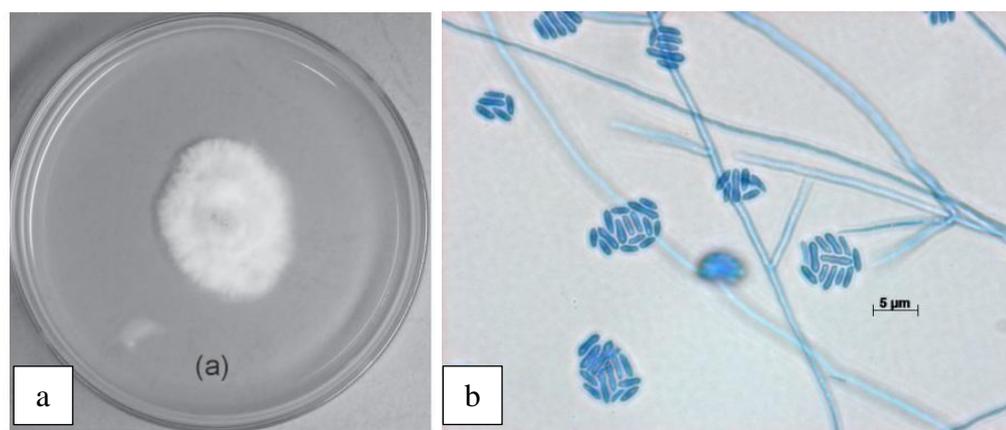
Klasifikasi jamur *Lecanicillium lecanii* menurut Zare dan Gams (2001) adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Sordariomycetes
Ordo	: Hypocreales
Famili	: Hypocreaceae
Genus	: <i>Lecanicillium</i>
Spesies	: <i>Lecanicillium lecanii</i>

Jamur *L. lecanii* merupakan salah satu jenis jamur entomopatogen yang memiliki kisaran inang cukup luas dan bersifat kosmopolit sehingga mudah dijumpai di daerah tropis maupun subtropis. *L. lecanii* juga merupakan salah satu antagonis yang berpotensi menjadi agensia pengendalian hayati (Heale, 1997; Kiss, 2003). Sebelumnya telah dilaporkan (Mujim *et al.*, 2005) bahwa *L. lecanii* sering ditemukan pada koloni *H. Vastatrix* yang menimbulkan gejala penyakit karat pada daun kopi. Keterjadian koloni *L. lecanii* lebih tinggi pada daun yang belum gugur dibandingkan dengan keberadaan koloni pada daun yang sudah gugur. *L. lecanii* dapat hidup sebagai mikoparasit dari uredospora dan uredium *H. vastatrix* dan sebagai saprofit dari bahan-bahan organik yang telah mati (Mujim *et al.*, 2005; Semangun, 2000).

Menurut Kouvelis *et al.* (1999) *L. lecanii* pertama kali ditemukan oleh Zimmermann pada tahun 1898 pada hama buah kopi di pulau Jawa. Pada waktu itu jamur tersebut diberi nama *Cephalosporium lecanii*. Pada tahun 1939, Viegas mengubah nama menjadi *Verticillium lecanii* berdasarkan studi kisaran inang (Kouvelis *et al.*, 1999). Didasarkan pada pengamatan lebih lanjut terhadap morfologi dan analisis molekuler, jamur tersebut mengalami perubahan nama menjadi *L. lecanii* hingga sekarang (Zare dan Gams, 2001; Cortez-Madrigal *et al.*, 2003; Roy *et al.*, 2006; Zare dan Gams, 2008).

Berdasarkan karakter morfologi dan molekulernya jamur *L. lecanii* dibedakan dari spesies *L. muscarium*, *L. longisporum*, *L. nodulosum*, dan *L. psalliotae* yang umumnya ditemukan di daerah subtropik. Sedangkan spesies *Lecanicillium* yang ditemukan di Indonesia adalah *L. lecanii*. Di luar negeri, baik *L. muscarium* maupun *L. longisporum* sudah dikomersialkan dengan nama produk masing-masing Mycotal dan Vertalec, sedangkan nama produk *L. nodulosum* dan *L. psalliotae* belum ada laporan (Prayogo, 2018).



Gambar 2. Kenampakan makroskopis dan mikroskopis jamur *L.lecanii*. (a) koloni jamur *L. lecanii* berwarna putih dan (b) tangkai konidiofor beserta sekumpulan konidia (Prayogo, 2009).

Koloni *L. lecanii* berwarna putih pucat dengan diameter berkisar dari 4,0–7,3 cm setelah 20 hari inokulasi pada media potato dextrose agar (PDA) (Gambar 2a). Konidiofor berbentuk berupa fialid (whorls) seperti huruf V, setiap konidiofor memproduksi 5–10 (Prayogo, 2009) (Gambar 2b) konidia yang terbungkus dalam kantong lendir. Bentuk konidia berupa silinder hingga elips, terdiri dari satu sel, tidak berwarna (hialin), berukuran 1,9–2,2 x 5,0–6,1 µm (Feng *et al.*, 2002). *L. lecanii* mudah tumbuh pada berbagai jenis media, terutama pada PDA maupun beras. Jamur tumbuh baik pada suhu 15– 30 °C, namun pertumbuhan optimum terjadi pada suhu 25 °C dan pada suhu 35 °C pertumbuhan jamur mengalami penghambatan (Yeo *et al.*, 2003; Cuthbertson *et al.*, 2005). Pada kelembaban lebih dari 90%, jamur akan tumbuh optimal (Helyer *et al.*, 2006). Konidia akan berkecambah lebih cepat pada suhu 20–25 oC (Barbosa *et al.*, 2002).

2.4 Daun Sirih (*Piper betle* L.)

Sirih hijau (*Piper betle* L.) termasuk jenis tumbuhan perdu merambat dan bersandarkan pada batang pohon lain, batang berkayu, berbuku-buku, beralur, warna hijau keabu-abuan, daun tunggal, bulat panjang, warna hijau, perbungaan bulir, warna kekuningan, buah buni, bulat, warna hijau keabu-abuan (Damayanti dkk., 2006). Tanaman ini panjangnya mampu mencapai puluhan meter. Bentuk daunnya pipih menyerupai jantung, tangkainya agak panjang, tepi daun rata, ujung daun meruncing, pangkal daun berlekuk, tulang daun menyirip, dan daging daun tipis. Permukaan daun warna hijau dan licin, sedangkan batang pohonnya berwarna hijau tembelek atau hijau agak kecoklatan dan permukaan kulitnya kasar serta berbuku-buku. Daun sirih yang subur berukuran lebar antara 8-12 cm dan panjangnya 10-15 cm (Damayanti dkk., 2006).

Menurut Tjitrosoepomo (1988) klasifikasi tanaman sirih adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Kelas	: Dikotiledonaea
Ordo	: Piperales
Famili	: Piperaceae
Genus	: <i>Piper</i>
Spesies	: <i>Piper betle</i> L.

Menurut Moeljanto dan Mulyono (2003), daun sirih mengandung minyak atsiri yang terdiri dari betlephenol, kavikol, seskuiterpen, hidroksikavikol, cavibetol, estragol, eugenol dan karvakrol. Selain itu, juga mengandung enzim diastase, gula dan tanin. Biasanya daun sirih muda mengandung diastase, gula dan minyak atsiri lebih banyak dibandingkan dengan daun sirih tua.

Heyne (1987) menyatakan bahwa sepertiga dari minyak atsiri dalam daun sirih terdiri dari fenol dan sebagian besar dari fenol tersebut adalah kavikol. Kavikol ini memberikan aroma khas sirih dan memiliki daya pembunuh bakteri lima kali daripada fenol biasa. Kandungan fenol pada tanaman dapat menahan serangan

jamur, tetapi ketahanan ini bersifat khas pada jamur tertentu (Robinson, 1995). Sifat anti mikroba pada sirih dihasilkan oleh senyawa-senyawa yang terdapat pada sirih tersebut. Adanya fenol dalam suatu bahan dapat menyebabkan lisis pada sel mikroba (Yanti *et al.*, 2000).

2.4 Fungisida Sintetis

Fungisida sintetis adalah fungisida yang mengandung bahan aktif senyawa kimia tertentu yang dapat membunuh OPT sasaran. Fungisida sintetis apabila tidak diaplikasikan sesuai dengan anjuran maka akan menyebabkan permasalahan lain. Penggunaan fungisida sintetis dalam jangka panjang akan menyebabkan penurunan kualitas kesuburan tanah, terjadinya resistensi hama maupun penyakit, menyebabkan tingginya residu pestisida tertinggal, serta gangguan masalah kesehatan seperti penyakit kronis dan genetik lainnya (Hoesain dkk., 2022).

Hingga tahun 2005, terdapat 11 jenis bahan aktif fungisida yang direkomendasikan untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi di Indonesia, yaitu siprokanazol, heksakanazol, triadimefon, triadimenol, benomil, tembaga oksiklorida, mankozeb, tembaga hidroksida, tembaga oksida, dinikonazol, dan propikonazol. Penggunaan bahan aktif fungisida tersebut apabila diikuti dengan praktik kultur teknis yang benar, aplikasi fungisida dapat menurunkan tingkat kerusakan tanaman oleh penyakit karat daun sampai 64,9%. Sebaliknya, tanpa diikuti praktik kultur teknis yang benar, aplikasi fungisida hanya menurunkan tingkat kerusakan tanaman oleh penyakit karat daun 20% (Affandi dan Sinaga, 2014).

Fungisida berbahan aktif tembaga (Cu) ini tidak dapat menyembuhkan tanaman yang sudah sakit, fungisida tersebut merupakan jenis fungisida kontak yang bekerja dengan cara denaturasi protein yang menyebabkan kematian sel jamur. Fungisida dengan bahan aktif tembaga dilaporkan efektif dalam mengendalikan karat daun kopi, seperti tembaga oksida, tembaga klorida, tembaga hidroksida, atau tembaga sulfat. Tembaga efektif dalam mengendalikan karat daun kopi, namun aplikasinya lebih baik sebelum terjadinya infeksi pada daun atau disebut

dengan tindakan preventif, terdapat beberapa yang sering digunakan untuk mengendalikan karat daun kopi diantaranya Nordox, Kocide, Cupravit, Dhitane. Dampak penggunaan fungisida ini jika berlebihan maka akan terakumulasi di dalam tanah, dapat meracuni tanaman dan organisme lain pada lingkungan tersebut (Sumardiyono, 2008 ; Harni dkk., 2015).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan dari Agustus 2023 sampai Januari 2024.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat jamur *L. lecanii*, fungisida sintesis tembaga oksida, inokulum jamur *H. vastatrix*, daun sirih, alkohol 70%, agar batang, *dextrone monohydrate*, akuades, asam laktat. Media biakan yang digunakan yaitu *Potato Dextrose Agar* (PDA).

Alat yang digunakan pada penelitian ini *laminar air flow* (LAF), autoklaf, *microwave*, *shaker*, bor gabus, jarum ose, tabung erlenmeyer, cawan petri, mikro pipet, lampu bunsen, gelas ukur, *aluminium foil*, plastik wrap, nampan, plastik tahan panas, *haemocytometer*, dan kain kasa.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap percobaan, yaitu (1) Uji pendahuluan efikasi ekstrak daun sirih terhadap *H.vastatrix* pada cakram daun kopi, dan (2) Uji efikasi *L.lecanii*, ekstrak daun sirih, serta fungisida sintesis tembaga oksida terhadap *H.vastatrix* pada cakram daun kopi di laboratorium.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Media *Potata Dextrose Agar* (PDA)

Pembuatan media PDA dilakukan dengan merebus 200 gram kentang dalam 1 liter akuades hingga mendidih. Kemudian air rebusan kentang dituang sebanyak 1 liter pada erlenmeyer yang telah berisi 20 gram *dextrose* dan 20 gram agar. Setelah itu, erlenmeyer ditutup menggunakan aluminium foil kemudian diikat dengan karet kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian pada PDA ditambahkan 1,4 mL asam laktat setelah media telah dalam kondisi suhu ruang (23-26 °C), 1,4 mL untuk satu liter media PDA. Setelah itu media dituang ke dalam cawan dan dibiarkan hingga padat dan media siap digunakan.

3.4.2 Penyiapan Uredospora *H.vastatrix*

Daun kopi yang menunjukkan adanya uredospora *H. vastatrix* berwarna jingga dipetik dari tanaman kopi di IUT (Inkubator Usaha Tani) BBPP Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat. Sampel daun diletakkan dalam kantong plastik dan disimpan dalam *ice box* yang diisi dengan *ice gel* selama transportasi ke Laboratorium. Selanjutnya sampel uredosporan *H.vastatrix* diambil dari daun kopi yang bergejala menggunakan jarum dan dimasukkan ke tabung reaksi yang sudah diisi air steril sebanyak 10 mL, kemudian uredospora dalam 10 mL air steril dikocok hingga homogen.

3.4.3 Penyiapan Suspensi Konidia *L. lecanii*

Sampel *L. lecanii* diambil dari UPT. Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura, Wilayah Kerja Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Bojonegoro, Jawa Timur. Sampel *L. lecanii* kemudian diproduksi konidianya dengan ditumbuhkan pada media padat PDA-L. Isolasi *L. lecanii* dilakukan dengan cara mengambil miselium berwarna putih dengan jarum steril dan memindahkannya ke cawan

petri yang berisi PDA-asam laktat (PDA-L). Inkubasi dilakukan pada suhu ruangan (23 – 26 °C) selama tujuh hari (Ginting dan Mujim, 2007).

Kemudian suspensi dibuat dengan mencampurkan konidia *L. lecanii* yang telah di inkubasi selama tujuh hari dengan 10 mL air steril di dalam tabung reaksi kemudian di homogenkan dengan *rotary evaporator*, dan kerapatan suspensi konidia *L. lecanii* dibuat 10^7 mL⁻¹.

3.4.4 Penyiapan Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L)

Daun sirih dibersihkan dengan air keran kemudian dibilas dengan akuades steril. Sebanyak 100 g bahan diblender dalam 100 mL akuades steril. Selanjutnya cairan yang dihasilkan disaring dengan tiga lapis kain kasa steril. Ekstrak yang diperoleh didefinisikan sebagai alikuot (ekstrak 100%). Dari alikuot ini dibuat ekstrak dengan konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%. Kemudian dicampurkan 1 mL ekstrak pada konsentrasi tertentu dan 0,25 mL suspensi uredospora (4×10^5 per mL) (Ginting, 2006).

3.4.5 Uji Pendahuluan Ekstrak Daun Sirih

Uji pendahuluan dilakukan untuk menguji aktivitas anti jamur ekstrak kasar daun sirih. Dari ekstrak daun sirih dari alikuot dibuat ekstrak dengan konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%. Prosedur pengujian dimodifikasi dari Dhingra and Sinclair (1985) dalam Ginting (2006), yaitu dengan mencampurkan 1 mL ekstrak pada konsentrasi tertentu dan 0,25 mL suspensi uredospora (4×10^5 per mL). Kemudian campuran 1 mL ekstrak pada konsentrasi tertentu dan 0,25 mL suspensi uredospora (4×10^5 per mL) disebar-ratakan pada cakram daun kopi. Uredospora diamati pertumbuhan kecambahannya di bawah mikroskop dengan pembesaran 100 dan 400 kali. Pengamatan dilakukan empat jam sekali sebanyak tiga kali untuk melihat perkecambahan uredospora *H. vastarix*.

3.4.6 Uji Efikasi pada Cakram Daun Kopi

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui daya hambat munculnya karat daun kopi *H.vastatrix* oleh isolat agensia hayati *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida pada cakram daun di laboratorium. Uji efikasi dilakukan untuk mengamati aktivitas antijamur dari ekstrak daun sirih dengan konsentrasi terbaik yang didapat dari uji pendahuluan yaitu 7,5%, *L.lecanii* dengan suspensi konidia yang disesuaikan kerapatannya menjadi 10^7 konidia mL^{-1} , dan fungisida sintesis memakai Nordox 56% WP dengan konsentrasi 3 g/L.

Cakram daun kopi berdiameter 5 cm disemprot dengan 1 mL suspensi konidia agensia hayati yang telah disiapkan tersebut. Perlakuan kontrol ialah cakram yang disemproti dengan 1 mL aquades steril. Setelah kering udara, setiap cakram daun diinokulasi dengan 20 μl suspensi yang mengandung 4×10^5 uredospora mL^{-1} , dengan cara diteteskan pada masing-masing cakram daun. Inkubasi dilakukan dalam nampan yang pada bagian alasnya telah diberi kertas hisap dan air steril 200 mL dan ditutup dengan *plastic wrap* untuk menjaga kelembaban. Inkubasi dilakukan pada suhu 23-26 °C (dalam ruangan ber-AC) (Ginting *et al.*, 2002)

Prosedur pengujian dimodifikasi dari Dhingra and Sinclair (1985) dalam Ginting (2006), bahwa untuk ekstrak daun sirih dilakukan dengan mencampurkan 1 mL ekstrak pada konsentrasi 7,5% dan 0,25 mL suspensi uredospora (4×10^5 per mL). Sebanyak 0,2 mL campuran disebar-ratakan pada permukaan bawah cakram daun kopi yang diletakkan pada kertas hisap. Untuk menjaga agar kelembaban 100%, busa tersebut ditetesi akuades steril 200 mL dan nampan ditutup dengan *plastic wrap*. Inkubasi dilakukan pada suhu 23–26 °C (dalam ruangan ber-AC).

Pada perlakuan fungisida sintesis dilakukan aplikasi tembaga oksida dengan mencampurkan 1 mL fungisida sintesis dengan konsentrasi 3 gr/liter yang telah ditentukan dan 0,25 mL suspensi uredospora (4×10^5 per mL). Campuran keduanya disebar-ratakan pada permukaan bawah cakram daun kopi yang diletakkan di nampan yang pada bagian alasnya telah diberi kertas hisap dan air steril 200 mL dan ditutup dengan *plastic wrap* untuk menjaga kelembaban. Inkubasi dilakukan pada suhu 23-26 °C.

3.4.7 Rancangan Percobaan

Perlakuan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Unit percobaan (*experimental unit*) terdiri atas delapan cakram daun yang disusun dalam satu nampan, yang terdiri dari empat perlakuan dan lima ulangan sehingga terdapat 20 satuan percobaan yang digunakan. Inkubasi dilakukan pada suhu 23 – 26 °C. Pengamatan dilakukan selama empat minggu. Perubah yang diamati ialah masa inkubasi, keterjadian penyakit, dan keparahan penyakit.

3.4.8 Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati yaitu masa inkubasi. Masa inkubasi merupakan selang waktu dari saat inokulasi sampai munculnya gejala penyakit untuk pertama kalinya pada tanaman. Masa inkubasi diamati setiap hari sampai timbulnya gejala awal penyakit karat daun.

Variabel yang diamati selanjutnya daya hambat suspensi *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, serta fungisida sintesis tembaga oksida pada keterjadian penyakit dan keparahan penyakit.

Menurut Ginting (2013), intensitas penyakit dapat dilihat dalam dua bentuk yaitu keterjadian dan keparahan penyakit. Keterjadian penyakit dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

KP = Keterjadian penyakit (%),

n = Jumlah cakram daun terserang,

N = Jumlah seluruh cakram daun yang diamati.

Selanjutnya keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan skor atau skala penyakit yang terdiri dari lima kategori tingkat serangan (Tabel 1) (Ginting, 2013).

Tabel 1. Kategori penyakit dalam pengamatan

Skor	Keterangan
0	Tidak ada gejala
1	Gejala timbul sampai $\leq 10\%$ bagian cakram daun
2	Gejala terjadi pada $>10\%$ sampai $\leq 25\%$ bagian cakram daun
3	Gejala terjadi pada $\geq 25\%$ sampai $\leq 50\%$ bagian cakram daun
4	Gejala terjadi pada $\geq 50\%$ atau cakram daun mati

Semakin tinggi tingkat serangan penyakit maka semakin tinggi skor yang diberikan dan semakin rendah tingkat serangan maka semakin rendah skor yang diberikan. Setelah mengetahui skor semua sampel daun, keparahan penyakit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

PP = Keparahannya penyakit (%),

n = Jumlah cakram daun dengan skor tertentu,

v = Nilai skor tiap kategori serangan,

N = Jumlah cakram daun yang diamati (sampel), dan

V = Skor atau skala tertinggi.

3.4.9 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara statistik.

Homogenitas data diuji dengan uji *Barlett*, dan aditifitas data diuji dengan uji *Tukey*. Data dianalisis ragam (anova), apabila hasilnya nyata maka dilanjutkan dengan Uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *Lecanicillium lecanii*, ekstrak daun sirih, serta tembaga oksida dapat memperpanjang masa inkubasi, gejala penyakit karat daun kopi pada perlakuan ekstrak daun sirih tampak dua minggu setelah inokulasi, untuk perlakuan *L.lecanii* dan tembaga oksida gejala tampak tiga minggu setelah inokulasi, sedangkan untuk tanpa perlakuan (kontrol) gejala tampak lima hari setelah inokulasi. Selain itu, *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida dapat secara nyata menurunkan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit karat pada cakram daun kopi di laboratorium pada 1-4 MSI.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, perlu dilakukan lagi penelitian langsung pada tanaman kopi di lapangan, mengingat penelitian ini dilakukan di laboratorium. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis senyawa aktif yang terkandung pada daun sirih sebagai fungisida alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A. dan Sinaga, A. 2014. Hubungan pengetahuan dan persepsi harga dengan penggunaan pestisida dalam usahatani. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*, 2(2): 93-106.
- Agrios, N. G. 2005. *Plant Pathology- Fifth Edition*. University of Florida. United States of America.
- Barbosa, C. C., Monteiro, A. C., and Correia, A. C. B. 2002. Growth and sporulation of *Verticillium lecanii* isolates under different nutritional conditions. *Pesq Agropec Braz.* 37(6): 821-829.
- Cortez-Madrigal, H., Alatorre-Rosas, R., Mora-Aguilera, G., Bravo-Mojica, H., Ortiz-Gracia, C. F., and Aceves-Navarro, L. A. 2003. Characterization of multispore and monospore isolates of *Lecanicillium lecanii* (*Verticillium lecanii*) for the management of *Toxoptera aurantii* in cocoa. *Biol Contr.* 48: 321-334.
- Cuthbertson, A. G. S. and Walters, K. F. A. 2005. Pathogenicity of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* against the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* under laboratory and glasshouse conditions. *Mycopathol.* 160: 315-319.
- Damayanti, R., Mulyanto, dan Mulyono. 2006. *Khaisat dan Manfaat Daun Sirih Obat Mujarab dari Masa ke Masa*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Davis, A. P., Govaerts, R., Bridson, D. M., and Stoffelen, P. 2006. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (*Rubiaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society.* 152(4) : 465-512.
- Dhalimi, A. D., Sitepu, dan D. Soetopo. 1999. Status dan perkembangan penelitian pestisida nabati. makalah disampaikan pada forum komunikasi ilmiah pemanfaatan pestisida nabati. Bogor. 9 – 10 Nopember. 12 hlm.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2017. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015- 2017 Kopi*. Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta.

- Direktorat Jendral Perkebunan. 2019. *Statistik Perkebunan Indonesia 2018- 2020 Kopi*. Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta.
- Direktorat Perlindungan Perkebunan. 2002. *Musuh Alami, Hama dan Penyakit Tanaman Kopi*. Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan Departemen Pertanian Institut Pertanian Bogor. Jakarta.
- Feng, K. C., Liu, B. L., and Tzeng, Y. M. 2002. Morphological characterization and germination of aerial and submerged spores of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. *World J Microbiol and Biotechnol*. 18(3): 217-224.
- Ginting, C. 2008. Pengaruh Infestasi *Verticillium Lecanii* terhadap keparahan penyakit karat daun kopi pada tanaman dan keterjadian koloninya pada daun. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 8(2): 132-137.
- Ginting, C, dan Mujim, S. 2007. Efikasi *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan penyakit karat pada cakram daun kopi di Laboratorium. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 7(2): 125-129.
- Ginting, C., Gafur, A., dan Evizal, R. 2002. Beberapa hasil inokulasi pada cakram daun kopi dengan *Hemileia vastatrix* di laboratorium. *J. HPT Tropika*. 2: 26-31.
- Ginting, C., Mujim, S., dan Dianto, A. H. 2006. Spesies *Verticillium* yang berasosiasi dengan *Hemileia vastatrix* pada daun kopi. *J. Natur Indonesia*. 8: 114-117.
- Ginting, C., Mujim, S., dan Evizal, R. 2004. Uji pendahuluan pengaruh ekstrak air dari tumbuhan terhadap keterjadian karat pada cakram daun di laboratorium. *J. HPT Tropika*. 4: 41-51.
- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Harni, R., Efi, T., dan Samsudin. 2018. Effect of plant oils and extracts on uredospres of *hemileia vastatrix*. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*. 5: 67-76.
- Harni, R., Samsudin, S., Amaria, W., Indriati, G., Soesanthy, F., Khaerari, K., dan Hapsari, A. D. 2015. *Teknologi Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Kopi*. IAARD Press. Jakarta.
- Heale, J. B. 1997. *Diversification and speciation in Verticillium – an overview*. Pages 1– 14 in Tjamos et al. Eds. *Advances in Verticillium Research and disease management*. APS Press, St. Paul, Minnessota.

- Helyer, N., Gill, G., Bywater, A., and Chamber, R. 2006. Elevated humidities for control of Chrysanthemum pests with *Verticillium lecanii*. *Pest Manag Sci.*36(4): 373–378.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid III*. Badan Litbang rohimKehutanan. Jakarta.
- Hoesain, M., Pradana, A. P., Suharto, S., dan Alfarisy, F. K. 2022. Pendampingan produksi pestisida nabati pada petani hortikultura di Desa Sukorambi Kabupaten Jember. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*. 6(2): 593-597.
- ICO. 2017. Historical data on The Global Coffee Trade. ICO.
- Jun, Y., Bridge, P. D., and Evans, H. C. 1991. An integrated approach to the taxonomy of the genus *Verticillium*. *Microbiology*. 137(6), 1437-1444.
- Kiss, L. 2003. A review of fungal antagonists of powdery mildews and their potential as biokontrol agents. *Pest Manag Sci*. 59: 475-483.
- Kouvelis, V. N., Zare, R., Bridge, P. D., and Typas, M. A. 1999. Differentiation of mitochondrial subgroups in the *Verticillium lecanii* species complex. *Letters in Appl Microbiol* . 28: 263-268.
- Kushalappa. 1989. *Rust Management; An Epidomologi Approach and Chemical Kontrol*. CRC Press, Inc. Florida.
- Mahfud, M. C., Rosmahani, L., Rachmawati, D., Handoko, dan Sarwono. 2000. Kajian Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) Pada Tanaman Kopi. Prosiding Seminar Hasil Penelitian/ Pengkajian Teknologi Pertanian Mendukung Ketahanan Pangan Berwawasan Agribisnis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor. 507-518.
- Mahfud, M. C. 2011. Teknologi dan strategi pengendalian penyakit karat daun untuk meningkatkan produksi kopi nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 5(1), 44-57.
- Maryani, S. dan Zelika, S. A. 2022. Tingkat keparahan penyakit karat daun tanaman kopi liberika pada lahan gambut kebun raya sriwijaya Provinsi Sumatera Selatan. *Publikasi Penelitian Terapan dan Kebijakan*. 5(2).
- Moeljanto, D. R. dan Mulyono. 2003. *Khasiat dan Manfaat Daun Sirih*. Agromedia Pustaka. Bandung.
- Mujim, S., Ruswandi, R., Ginting, C., dan Evizal, R. 2005. Asosiasi keterjadian koloni *Verticillium* dan intensitas naungan serta letak daun kopi. *J. HPT Tropika* . 5:32-36.

- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. PT Agro Media Pustaka. Jakarta Selatan.
- Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., Sudirman, L. I., dan Marwoto. 2009. Uji konsentrasi konidia jamur entomopatogen *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada berbagai umur telur *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal Agritek, Institut Pertanian Malang* . 16(6):1039-1052.
- Prayogo, Y. 2018. Efikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) untuk pengendalian hama kepik coklat pada kedelai. *Buletin Palawija*. 20: 47-61.
- Rahardjo, P. 2012. *Paduan Budi Daya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi, terjemahan Padmawinata, K.*, Penerbit ITB, Bandung.
- Rosmahani, L., Mahfud, M. C., Handoko, Rahmawati, D., Sarwono, Soleh, M., dan Subagio H. 2003. Uji Penerapan Teknologi PHT Tingkat Petani Oleh Petani Pada Kopi Arabika Rakyat di Dataran Tinggi. *Prosiding Seminar dan Ekspose Teknologi BPTP Jatim*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.
- Roy, H. E., Steinkraus, D. C., Eilenberg, J., Hajek, A. E., and Pell, J. K. 2006. Bizarre interactions and endgames: Entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Ann Rev Entomol*. 51: 331-357.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit - Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. UGM Press. Yogyakarta.
- Siska, R. K. W., Lubis, L., dan Lisnawati, L. 2018. Serangan karat daun Kopi (*Hemileia vastatrix* B et Br) pada tanaman kopi arabika di perkebunan rakyat Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara. *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*. 1 (1) : 82-86.
- Sugiarti, L. 2017. Analisis tingkat keparahan penyakit karat daun pada tanaman kopi Arabika di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti Tanjungsari. *Jagros: Jurnal Agroteknologi Dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*, 1(2), 80-89.
- Subrata, I. M. dan Rai, I. G. A. 2019. Aktivitas fungisida ekstrak daun sirih (*piper betle* l.) kultivar beleng terhadap jamur *fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* penyebab penyakit busuk batang pada Vanili: Fungicidal Activity of Betel Leaves (*Piper Betle* L.) of Beleng Cultivar on *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Vanillae* Causes Stem Rot in Vanilla. *Emasains: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*. 81 : 41-50.

- Sumardiyono, C. dan Agung, S. 1996. Pengendalian penyakit karat daun kopi dengan ekstrak teh hitam. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 2(1) : 24-26.
- Sumardiyono, C. 2008. Ketahanan jamur terhadap fungisida di Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 14(1) : 1-5.
- Tjitrosoepomo, G. 1988. *Taksonomi Tumbuhan (Spermathopyta)*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [USDA] United States Department of Agriculture. 2002. Plants Profile for Coffea Arabica L. <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=COAR2>. Diakses pada 12 November 2023
- Wahyudi, T. dan Jati, M. 2012. Challenges of sustainable coffee certification in Indonesia. *International Coffee Council 109th Session*. 1-14.
- Wang, H. C., Chen, X. J., Cai, L. T., Cao, Y., Lu, N., Xia, H. Q., Wang, M. S, and Shang, S.H. 2013. Race distribution and distribution of sensitivities to mefenoxam among isolates of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* in Guizhou province of China. *Crop Protection*. 52: 136-140.
- Yanti, R., Suyitno, dan E. Harmayani. 2000. Identifikasi komponen ekstrak sirih (*Piper Betle* Linn.) dari beberapa pelarut dan pemanfaatannya untuk pengawetan ikan. *Agrosains*, 13 (3) : 241.
- Yeo, H., Pell, H. K., Alderson, P. G., Clark, S. J., and Pye, B. J. 2003. Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of entomopathogenic fungi and their pathogenicity to two aphid species. *Pest Manag Sci*. 59(2): 156-165.
- Zare, R. and W. Gams. 2001. A Revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. IV The Genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. *Nova Hedwigia*. 73 : 1-50.
- Zare, R. and Gams, W. 2008. A revision of the *Verticillium* spp. complex and its affinity with the genus *Lecanicillium*. *Mycol Res*. 112 (7): 811-824.