

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

THE EFFECTIVENESS OF *LECANICILLIUM LECANII*, BETEL LEAF EXTRACT AND COPPER OXIDE TO CONTROL RUST DISEASE ON COFFEE LEAF DISCS IN THE LABORATORY

Azrah Humairah Sirait^{1*}, Cipta Ginting¹, Titik Nur Aeny¹, Tri Maryono¹

¹Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung; Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: cipta.ginting@fp.unila.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 18 September 2024

Peer review: 20 February 2025

Accepted: 15 April 2025

KEYWORDS:

Betel leaf, coffee leaf rust, copper oxide, *Hemileia vastatrix*, *Lecanicillium lecanii*

KATA KUNCI:

Daun Sirih, *Hemileia vastatrix*, karat daun kopi, *Lecanicillium lecanii*, tembaga oksida

ABSTRACT

The coffee industry is still impacted by the leaf rust disease caused by *Hemileia vastatrix* B. et Br. Coffee plants are damaged and money might be lost as a result. The purpose of this study was to observe the effects of copper oxide, betel leaf extract, and the fungus *Lecanicillium lecanii* on lab-grown coffee leaf discs in terms of disease control, namely coffee leaf rust. To measure efficacy, coffee leaf discs were used. In a completely randomized design (CRD), four treatments were used with five replicates for this experiment. The treatments that were used were *L. lecanii*, betel leaf extract, copper oxide, and a control group. Observed parameters on coffee leaf discs were incubation length, sickness incidence, and disease severity. For data assessment, we utilized Barlett's test, and for data additiveness, we used Tukey's test. After analyzing the data using ANOVA, Duncan's Multiple Range Test was conducted at the 5% level. Results showed that *L. lecanii*, copper oxide, and betel leaf extract may all extend the incubation period. In the betel leaf extract group, signs of coffee leaf rust disease appeared 14 days after inoculation (DAI), in the copper oxide group, 21 days after inoculation (DAI), and in the control group, 5 days after inoculation (DAI). In addition, *L. lecanii*, betel leaf extract, and copper oxide significantly reduced the frequency of sickness and the severity of rust disease on coffee leaf discs in the lab 1-4 weeks after inoculation (WAI).

ABSTRAK

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 dari penelitian ini adalah untuk mengamati efek dari tembaga oksida, ekstrak daun sirih, dan jamur *Lecanicillium lecanii* pada cakram daun kopi yang tumbuh di laboratorium dalam hal pengendalian penyakit, yaitu karat daun kopi. Untuk mengukur efikasi, cakram daun kopi digunakan. Dalam rancangan acak lengkap (RAL), empat perlakuan digunakan dengan lima ulangan untuk percobaan ini. Perlakuan yang digunakan adalah *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, tembaga oksida, dan kelompok kontrol. Parameter yang diamati pada cakram daun kopi adalah lama inkubasi, kejadian penyakit, dan tingkat keparahan penyakit. Untuk penilaian data, kami menggunakan uji Barlett, dan untuk aditifitas data, kami menggunakan uji Tukey. Setelah menganalisis data menggunakan ANOVA, Uji Rentang Berganda Duncan dilakukan pada tingkat 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *L. lecanii*, tembaga oksida, dan ekstrak daun sirih semuanya dapat memperpanjang masa inkubasi. Pada kelompok ekstrak daun sirih, tanda-tanda penyakit karat daun kopi muncul 14 hari setelah inokulasi (HSI), pada kelompok tembaga oksida, 21 hari setelah inokulasi (HSI), dan pada kelompok kontrol, 5 hari setelah inokulasi (HSI). Selain itu, *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida secara signifikan mengurangi frekuensi penyakit dan tingkat keparahan penyakit karat pada cakram daun kopi di laboratorium 1-4 minggu setelah inokulasi (MSI).

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang paling bernilai, dan Indonesia merupakan produsen terbesar keempat di dunia. Kebanyakan orang mengenal kopi jenis Robusta (*Coffea canephora*) dan kopi jenis Arabika (*Coffea arabica*). Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terkemuka di dunia, khususnya jenis Robusta. Pada tahun 2015, perkebunan Indonesia yang mencakup lahan seluas 1,2 juta hektar menghasilkan 655.256 ton kopi. Di antara ekspor utama Indonesia pada tahun 2016, kopi menempati peringkat keenam dalam hal harga perdagangan, yaitu sebesar 1,01 miliar USD, di bawah kakao, kelapa, minyak sawit, dan karet. Lebih jauh, dari keseluruhan nilai perdagangan komoditas perkebunan, yang mencapai 25,58 miliar dollar AS, kopi menyumbang 3,94%. Jawa Timur, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, dan Lampung merupakan lima provinsi di Indonesia yang menghasilkan kopi. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2017), Menteri Pertanian telah menetapkan Kabupaten Lampung Barat di Provinsi Lampung sebagai salah satu daerah perkebunan kopi Indonesia melalui Surat Keputusan No. 46/Kpts/PD.300/1/2015. Daerah ini merupakan tempat tumbuhnya sebagian besar kopi robusta Indonesia. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2019), satu hektare lahan di Indonesia dapat menghasilkan rata-rata 677 kg kopi robusta dan 774 ton kopi arabika. Vietnam dan Brasil memiliki kemampuan produksi yang lebih tinggi, masing-masing sebesar 1,5 dan 2 ton/ha, sehingga angka ini lebih rendah.

Menurut ICO (2017), tingkat produksi kopi Indonesia termasuk yang terendah di antara sepuluh negara penghasil kopi teratas dunia. Salah satu alasan kapasitas produksi kopi Indonesia saat ini di bawah 60% dari potensinya, menurut Wahyudi dan Jati (2012), adalah karena adanya hama tanaman. Gulma, infeksi, dan hama tanaman lainnya merupakan sumber malapetaka yang umum terjadi pada perkebunan kopi. Beberapa organisme yang dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman kopi antara lain berbagai kutu daun, penggerek ranting, nematoda akar, kutu daun hijau, kutu daun putih, hama penggerek buah kopi, dan *Cercospora* sp. (Direktorat Perlindungan Perkebunan, 2002).

Praktik pertanian yang tidak memadai, seperti penyebaran penyakit karat daun kopi yang menyebabkan OPT, secara substansial mengurangi panen kopi. Pengelolaan penyakit merupakan bagian dari hal ini. Penyakit karat daun kopi yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix* B. et Br. merupakan kerugian yang mahal karena menyerang tanaman kopi. Situasi ini semakin memburuk karena berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan daya saing kopi nasional di kancah internasional (Mahfud *et al.*, 2000).

Fungisida kimia dan metode pertanian termasuk penanaman galur atau jenis yang tahan, pemupukan berimbang, dan menghindari naungan merupakan cara umum untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi (Semangun, 2000). Karena pengendalian yang hanya dilakukan melalui praktik pertanian tidak selalu efektif, terkadang diperlukan pengobatan fungisida. Untuk mengurangi kerugian itu, karat daun kopi ini dikendalikan dengan cara pengaplikasian fungisida anorganik dan organik serta fungisida tidak sistemik dan sistemik. Pengendalian menggunakan fungisida dan secara budidaya masih terdapat banyak kekurangan terdapat pengendalian alternatif ramah lingkungan seperti dengan menggunakan 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* adalah salah satu jamur antagonis yang memiliki potensi untuk menjadi agensia hayati terhadap penyakit karat daun kopi (Heale, 1997; Kiss, 2003). Ekstrak daun sirih merupakan salah satu contoh tanaman yang memiliki senyawa aktif yang dapat menekan pertumbuhan jamur yang merugikan; tanaman lain, seperti pinang, memiliki efek fungisida (Dhalimi *et al.*, 1999 dalam Ginting, 2006). Daun sirih mengandung senyawa bioaktif yang dapat melindungi daun dari karat. Menurut Kartasapoetra (1996) dan dikutip dalam Ginting *et al.* (2004), kandungan

minyak atsiri daun sirih sebesar 4,2% tersusun atas komponen fenol termasuk seskuiterpen, kavikol, dan betlefenol.

Fungisida nabati yang terbuat dari ekstrak daun sirih dan agen hayati *L. lecanii* merupakan contoh bahan kimia yang aman bagi lingkungan. Sebuah penelitian dilakukan untuk memastikan khasiat *L. lecanii* dan ekstrak daun sirih dalam mengelola penyakit karat daun kopi (*H. vastatrix*).

2. BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilakukan di Laboratorium Penyakit Tanaman di Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang berlangsung antara Januari 2024 hingga Agustus 2023.

Dalam percobaan ini, bahan-bahan yang digunakan adalah: isolat jamur *Lecanicillium lecanii*, fungisida sintesis yang disebut tembaga oksida, inokulum jamur dari *Hemileia vastatrix*, daun sirih, alkohol 70%, agar batang, dekstrosa monohidrat, air suling, dan asam amino. Media kultur yang digunakan adalah *Potato Dextrose Agar* (PDA). Penelitian ini menggunakan alat-alat berikut: aluminium foil, bungkus plastik, baki, plastik tahan panas, hemocytometer, kain kasa, labu Erlenmeyer, cawan petri, mikropipet, autoklaf, *microwave*, *shaker*, bor gabus, jarum ose, dan gelas ukur.

Pertama-tama, kami melakukan beberapa pengujian awal pada cakram daun kopi untuk melihat apakah ekstrak daun sirih dapat membunuh *H. vastatrix*. Kedua, kami menguji *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan fungisida sintesis tembaga oksida dalam lingkungan yang terkendali untuk melihat seberapa baik mereka bekerja terhadap *H. vastatrix*. Kami mulai dengan membuat larutan *Potato Dextrose Agar* (PDA). Saya menambahkan 1,4 mL asam laktat setelah PDA mendingin hingga suhu ruangan, yaitu sekitar 23-26 °C. Untuk setiap liter media PDA, prosedur ini dilakukan lagi. Setelah itu, media dituang ke dalam cawan dan dibiarkan hingga siap digunakan. melakukan persiapan uredospora *H. vastatrix* dengan meletakkan daun kopi yang telah menunjukkan adanya uredospora di dalam kotak es hingga dibawa ke laboratorium. Selain itu, 10 mL air steril ditambahkan ke tabung reaksi dengan sampel uredospora *H. vastatrix* yang dihomogenkan yang diambil dari daun kopi yang menunjukkan gejala. Setelah suspensi konidia *L. lecanii* disiapkan, sampel organisme ditumbuhkan pada media padat PDA-L. Untuk mengisolasi *L. lecanii*, jarum steril digunakan untuk mengumpulkan miselium putih, yang kemudian diletakkan dalam cawan petri dengan asam laktat PDA (PDA-L). Periode tujuh hari dihabiskan untuk inkubasi pada suhu ruangan (sekitar 23-26 oC). Langkah berikutnya adalah menggunakan rotary evaporator untuk mencampur 10 mL air steril dengan konidia *L. lecanii* yang telah dikultur selama tujuh hari. Akibatnya, suspensi konidia *L. lecanii* memiliki kepadatan 10^7 mL^{-1} .

Ekstrak daun sirih kemudian disiapkan dengan mencuci daun di bawah air mengalir dan kemudian membilasnya dengan air suling steril. Resep tersebut membutuhkan 100 mililiter air suling steril dan 100 gram daun sirih. Ekstrak 100%, atau alikuot, juga diperoleh dengan menyaring temuan melalui tiga lapis kain kasa steril. Sebuah studi pendahuluan kemudian dilakukan untuk menilai efek antijamur dari ekstrak daun sirih yang belum diproses. Dari alikuot ekstrak daun sirih, beberapa konsentrasi ekstrak disiapkan: 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Ginting (2006) membuat penyesuaian terhadap metodologi pengujian yang awalnya diusulkan oleh Dhingra dan Sinclair (1985) dengan mencampur konsentrasi ekstrak tertentu dengan 0,25 mL larutan 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 dengan mikroskop dengan 400 kali. Pengamatan dilakukan empat jam sekali sebanyak tiga kali untuk melihat perkecambahan uredospora *H. vastarix*. Kemudian dilakukan uji efikasi pada cakram daun kopi, uji dilakukan dengan mengamati aktivitas antijamur dari ekstrak daun sirih dengan konsentrasi terbaik yang didapat dari uji pendahuluan, *L.lecanii*

dengan suspensi konidia yang disesuaikan kerapatannya menjadi 10^7 konidia mL^{-1} , dan fungisida sintetis memakai Nordox 56% WP dengan dosis 3 gr/L. Masing-masing perlakuan diaplikasikan pada cakram daun kopi berdiameter 5cm yaitu dengan meyebar-ratakan ekstrak daun sirih, suspensi konidia *L. lecanii* (10^7 mL^{-1}), dan fungisida sintetis. Lalu setelahnya dengan 0,25 mL suspensi uredospora (4×10^5 per mL).

Setiap perlakuan diacak secara lengkap dengan CRD. Delapan cakram daun per nampan, dibagi rata antara empat perlakuan dan lima ulangan, menghasilkan total dua puluh unit percobaan. Selama prosedur inkubasi, suhu berkisar antara 23 hingga 26 °C. Penelitian berlangsung selama empat minggu. Terjadi perubahan dalam masa inkubasi, frekuensi sakit, dan tingkat keparahan penyakit. Statistik digunakan untuk memeriksa data observasi. Aditivitas data dinilai menggunakan uji Tukey, dan homogenitas data ditentukan menggunakan uji Barlett. Setelah analisis varians (ANOVA), data dikenakan Uji Rentang Berganda Duncan (DMRT) pada tingkat signifikansi 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Pendahuluan Efikasi Ekstrak Daun Sirih

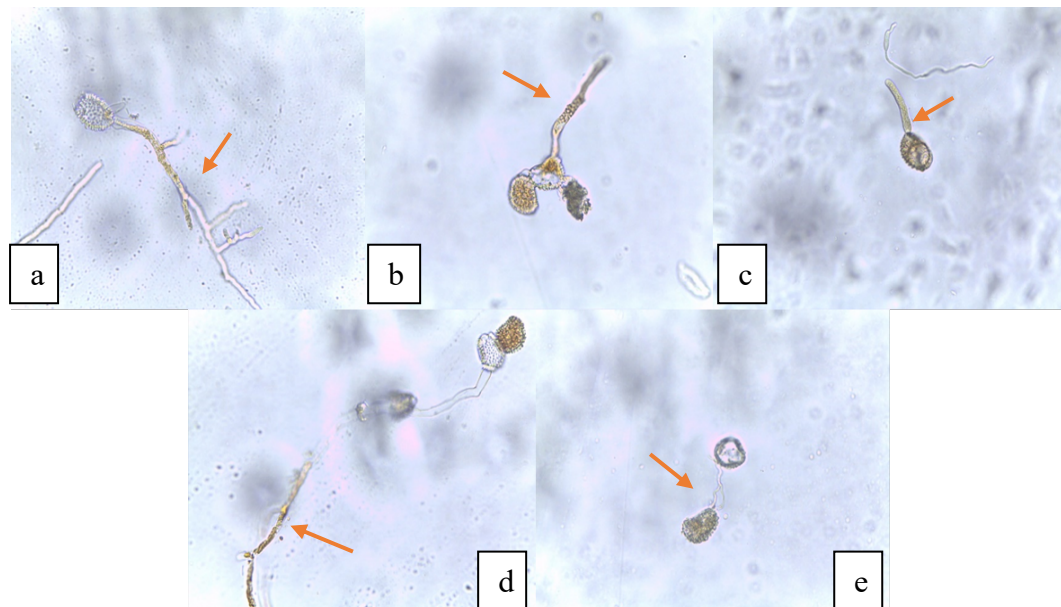
Pada uji pendahuluan pengaruh aplikasi ekstrak daun sirih dengan masing-masing konsentrasi secara nyata menghambat perkecambahan uredospora *H. vastatrix* pada 8 jam setelah inokulasi (JSI) dan 12 JSI namun tidak nyata pada 4 JSI. Jumlah perkecambahan pada 8 JSI dengan persentase penghambatan tertinggi terjadi pada konsentrasi D2 (5%) dengan jumlah perkecambahan uredospora terbentuk yaitu 6,7%. Jumlah perkecambahan pada 12 JSI dengan persentase penghambatan tertinggi terjadi pada konsentrasi D3 (7,5%) dengan jumlah perkecambahan uredospora terbentuk yaitu 11,3%. Semua pengaruh perlakuan pada 8 JSI dan 12 JSI berbeda nyata pada kontrol. Pada 4 JSI semua perlakuan tidak berpengaruh nyata pada jumlah perkecambahan, sedangkan pada 8 JSI dan 12 JSI, pengaruh perlakuan berbeda nyata terhadap jumlah perkecambahan uredospora *H. vastatrix* (Tabel 1).

Perkecambahan uredospora *H. vastatrix* pada uji pendahuluan ini diamati pada 4 JSI hingga 12 JSI. Perkecambahan uredospora diamati dengan mikroskop majemuk perbesaran 40x. Uredospora *H. vastatrix* diaplikasikan ekstrak daun sirih dengan berbagai konsentrasi berbeda, dan disetiap konsentrasinya uredospora berkecambah dengan perbedaan ukuran perkecambahan dengan setiap konsentrasinya. Pada hasil pengamatan terdapat uredospora yang memiliki panjang sama bahkan lebih dari panjang tubuhnya, serta uredospora yang tidak berkecambah sama sekali (Gambar 1).

Tabel 1. Persentase perkecambahan *H. vastatrix* Setelah Aplikasi Ekstrak Daun Sirih pada Uji Pendahuluan

Perlakuan*)	Perkecambahan uredospora <i>H. vastatrix</i> (%) **)		
	4 jsi	8 jsi	12 jsi
D0 (Kontrol)	3,9	44,4 a	57,4 a
D1 (2,5%)	3,6	17,8 abc	57,3 ab
D2 (5%)	4,1	6,7 c	19,4 c
D3 (7,5%)	0,7	21,0 abc	11,3 c
D4 (10%)	3,9	44,4 ab	20 bc
F-Hitung	0,931 ^{tn}	4,039*	5,292*

Keterangan : *)D0 = ekstrak daun sirih 0% (kontrol), D1 = ekstrak daun sirih 2,5%, D2 = ekstrak daun sirih 5%, D3 = ekstrak daun sirih 7,5%, D4 = ekstrak daun sirih 10%, **) jsi = jam setelah inokulasi, * = Berpengaruh nyata berdasarkan uji F, ^{tn} = Berpengaruh tidak nyata berdasarkan uji F, angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama melambangkan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji Uji DMRT (Duncan's Multiple Range Test) pada taraf 5%.



Gambar 1. Kenampakan perkecambahan uredospora *H. vastatrix* (perbesaran 40x). (a) perlakuan kontrol, (b) perlakuan D1 (konsentrasi ekstrak daun sirih 2,5%), (c) perlakuan D2 (konsentrasi ekstrak daun sirih 5%), (d) perlakuan D3 (konsentrasi ekstrak daun sirih 7,5%), (e) perlakuan D4 (konsentrasi ekstrak daun sirih 10%).

Pada uji pendahuluan uredospora *H. vastatrix* berkecambah setelah 4 jam inkubasi, dengan panjang tabung kecambah lebih panjang daripada uredospora. Tabung kecambah berbeda-beda pada setiap perlakuan yang berbeda. Pada kontrol tabung kecambah terlihat lurus dan panjang, sedangkan pada perlakuan lain uredospora terlihat tidak berkecambah atau berkecambah dengan tabung kecambah bengkak dan juga pendek. Sesuai dengan pernyataan Ginting (2006), bahwa uredospora dapat dikatakan telah berkecambah jika tabung kecambahnya lebih panjang dari panjang tubuh uredospora. Umumnya uredospora dapat berkecambah setelah 4 jam inkubasi.

Hasil uji pendahuluan ekstrak daun sirih terhadap uredospora *H.vastatrix* ini memperlihatkan bahwa ekstrak daun sirih dengan setiap konsentrasi berbeda menunjukkan perbedaan tingkat perkecambahan uredospora sesuai dengan pernyataan Ginting (2008) bahwa makin tinggi konsentrasi jenis ekstrak dapat membuat semakin kecilnya jumlah uredospora yang berkecambah.

3.2 Uji Efikasi *L. lecanii*, Ekstrak Daun Sirih, dan Tembaga Oksida

Pada uji efikasi secara keseluruhan, pada setiap perlakuan yaitu ekstrak daun sirih, *L. lecanii*, dan tembaga oksida serta tanpa perlakuan (kontrol) memiliki masa inkubasi yang berbeda-beda (Tabel 2).

Tabel 2. Masa Inkubasi Patogen Karat Pada Cakram Daun Kopi yang Diaplikasikan *L. lecanii*, Ekstrak Daun Sirih, Tembaga Oksida, dan Daun Kontrol di Laboratorium

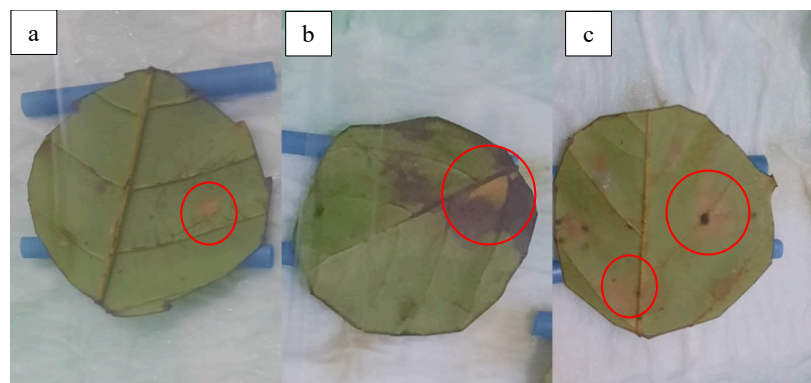
Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi
Kontrol	5
<i>L. lecanii</i>	14
Ekstrak Daun Sirih (7,5%)	21
Tembaga Oksida	21

Pada uji efikasi salah satu yang diamati yaitu masa inkubasi, masa inkubasi adalah waktu pertama kalinya gejala muncul, gejala yang tampak berupa bilur berwarna kekuningan di beberapa spot cakram daun. Pada setiap perlakuan memiliki masa inkubasi yang berbeda. Dari hasil yang didapat *Lecanicillium lecanii*, ekstrak daun sirih, serta tembaga oksida dapat memperpanjang masa inkubasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Subrata (2019) bahwa pada ekstrak daun sirih mengandung minyak atsiri yang mana terdapat fenol. Fenol pada tumbuhan umumnya dapat menahan serangan jamur. Menurut Mujim *et al.* (2005) jamur

L. lecanii diketahui dapat hidup sebagai hiperparasit. Beberapa penelitian menyatakan *L. lecanii* terdapat pada daun kopi yang memiliki gejala penyakit karat, dan *L. lecanii* memiliki potensi antagonis secara logis untuk mengurangi potensi inokulum *H. vastatrix*. Tembaga oksida dapat memperpanjang masa inkubasi dikarenakan menurut Harni *et al.*, (2015) fungisida ini efektif dalam mengontrol berbagai penyakit tanaman, terutama yang disebabkan oleh jamur. Tembaga oksida bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan jamur.

Gejala setelah aplikasi agensia hayati (*L. lecanii*), fungisida alami ekstrak daun sirih, serta fungisida sintesis tembaga oksida terhadap *H. vastatrix* pada cakram daun kopi diamati pada setiap minggu nya. Tampak gejala karat daun *H. vastatrix* pada pengamatan 3 MSI terdapat bercak berwarna kuning muda dibagian bawah daun, atau terdapat serbuk jingga, dan bercak cokelat yang saling bergabung dan menjadi besar kemudian mengering (Gambar 2).

Data uji efikasi untuk mengetahui keterjadian penyakit menunjukkan masing-masing perlakuan berpengaruh nyata terhadap keterjadian penyakit pada 1-4 MSI. Keterjadian penyakit terendah terjadi pada perlakuan *L. lecanii* dan keterjadian penyakit tertinggi terjadi pada kontrol (Tabel 3). Keterjadian penyakit tertinggi terjadi pada 4 MSI terutama pada kontrol sebanyak 9,74%. Secara keseluruhan, pengaruh perlakuan *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida berbeda nyata mengurangi keterjadian penyakit pada cakram daun kopi dibandingkan dengan tanpa perlakuan (kontrol) hingga pengamatan minggu ke empat. Pada minggu pertama dan kedua semua pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata. Pada minggu ketiga dan keempat pengaruh perlakuan ekstrak daun sirih menunjukkan perbedaan nyata dengan *L. lecanii* dan tembaga oksida. Namun pengaruh perlakuan *L. lecanii* dan tembaga oksida juga memberikan pengurangan keterjadian penyakit yang signifikan dibandingkan dengan kontrol mulai dari pengamatan minggu pertama hingga minggu terakhir.



Gambar 2. 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.

Tabel 3. Keterjadian Penyakit Karat Pada Cakram Daun Kopi yang diaplikasikan *L. lecanii*, Ekstrak Daun Sirih, Tembaga Oksida, dan Daun Kontrol Di Laboratorium

Perlakuan	Keterjadian penyakit (%) *)			
	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI
Kontrol	3,83 a	6,51 a	9,45 a	9,74 a
<i>L. lecanii</i>	0,71b	1,29 b	4,35 c	4,41 c
Ekstrak daun sirih (7,5%)	1,29 b	2,74 b	6,12 b	6,50 b
Tembaga oksida	0,71 b	1,29 b	4,64 bc	4,64 c

Keterangan: *)Angka yang diikuti huruf sama dinyatakan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan (5%), MSI (Minggu Setelah Inokulasi).

Tabel 4. Keparahan Penyakit Karat Pada Cakram Daun Kopi yang diaplikasikan dengan *L. lecanii*, Ekstrak Daun Sirih, Tembaga Oksida, dan Daun Kontrol di Laboratorium

Perlakuan	Keparahan penyakit (%) *)			
	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI
Kontrol	4,38 a	13,13 a	22,5 a	24,38 a
<i>L.lecanii</i>	0,00 b	0,63 b	5,00 b	5,00 c
Ekstrak daun sirih (7,5%)	0,63 b	2,5 b	9,38 b	11,25 b
Tembaga oksida	0,00 b	0,63 b	5,63 b	5,63 c

Keterangan : *) Angka yang diikuti huruf sama dinyatakan tidak berbeda nyata menurut uji Duncan (5%), MSI (Minggu Setelah Inokulasi).

Data hasil pengamatan keparahan penyakit karat daun kopi menunjukkan perlakuan berpengaruh nyata pada 1-4 MSI. Keparahan penyakit karat daun kopi terendah terjadi pada perlakuan *L. lecanii* dan keparahan penyakit tertinggi terjadi pada cakram daun tanpa perlakuan (kontrol) (Tabel 4). Keparahan penyakit tertinggi terjadi pada 4 MSI terutama pada perlakuan kontrol sebanyak 24,38%. Keparahan penyakit karat daun kopi terendah terjadi pada perlakuan *L. lecanii*. Pada tabel 4 terlihat bahwa perlakuan *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida secara nyata menurunkan keparahan penyakit. Tetapi pada minggu pertama, kedua, dan ketiga pengaruh antara ketiga perlakuan tersebut tidak berbeda nyata. Pada minggu keempat semua perlakuan berpengaruh nyata terhadap keparahan penyakit dan perlakuan berbeda satu sama lain. Dari ketiga perlakuan pengaruh *L. lecanii* tidak berebeda nyata dengan perlakuan tembaga oksida, tetapi nyata lebih rendah dari perlakuan ekstrak daun sirih.

Ekstrak daun sirih pada uji efikasi juga berpengaruh terhadap pertumbuhan uredospora *H.vastatrix* yaitu mengurangi keterjadian penyakit dan keparahan penyakit pada cakram daun kopi dibandingkan dengan tanpa perlakuan (kontrol) hingga pengamatan minggu keempat. Pengaruh perlakuan ekstrak daun sirih menunjukkan perbedaan nyata dengan *L. lecanii* dan tembaga oksida. Ekstrak daun sirih secara konsisten dapat menurunkan persentase perkecambahan uredospora *H. vastarix*, yang mana uredospora memiliki peran sebagai struktur reproduktif dalam penyebaran penyakit. Selain itu, ekstrak daun sirih juga efektif untuk menurunkan keterjadian penyakit di laboratorium. Hal ini menunjukkan ekstrak daun sirih berpotensi untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi (Ginting *et al.*, 2004).

Ginting (2006) menyatakan bahwa komponen tertentu dalam ekstrak daun sirih (yang meliputi minyak atsiri 4,2%) bertanggung jawab untuk menekan perkecambahan uredospora. Di antara zat-zat tersebut adalah senyawa fenolik seperti seskuiterpena, kavikol, dan betlefenol. Menurut Yanti dkk. (2000), minyak atsiri daun sirih mengandung kombinasi fenol dan terpena. Dengan adanya senyawa fenol, sel mikroba dapat mengalami lisis, yang memungkinkan racun masuk ke dalam sel dan melepaskan metabolit penting bagi mikroba untuk berkembang biak. Akibatnya, sistem kerja sel terganggu.

Hasil percobaan yang telah dilakukan terhadap karat daun kopi *H. vastatrix* dengan perlakuan *L. lecanii*, ekstrak daun sirih, dan tembaga oksida berpengaruh nyata dalam menghambat penyakit karat daun kopi. Perlakuan *L. lecanii* sebagai agensia hayati berpengaruh nyata dalam menekan keterjadian penyakit dan keparahan penyakit. Beberapa laporan sebelumnya tentang jamur *L. lecanii* yaitu Jun *et al.* (1991) menunjukkan jamur ini berpotensi untuk menghiperparasit dan telah menyebabkan sejumlah penelitian tentang kemungkinan penggunaannya untuk pengendalian biologis penyakit karat. Penekanan jamur patogen oleh *L. lecanii* tampaknya melibatkan mekanisme antibiosis atau hiperparasitisme. Ginting dan Mujim (2007) menemukan bahwa *L. lecanii* efektif mencegah penyakit karat daun kopi dalam percobaan laboratorium yang dilakukan pada cakram daun kopi

Tembaga oksida (Nordox 56% WP) efektif mengendalikan penyakit yang dikenal sebagai karat daun kopi saat diaplikasikan pada cakram daun dalam lingkungan yang terkendali, sama halnya dengan perlakuan *L. lecanii* gejala tampak 3 minggu setelah inokulasi pada perlakuan tembaga oksida ini, seperti yang dinyatakan Harni dkk. (2015) bahwa tembaga efektif dalam mengendalikan karat daun kopi. Fungisida yang berbahan aktif tembaga (kontak), seperti Nordox adalah salah satu jenis fungisida yang banyak digunakan dalam pengendalian penyakit pada tanaman. Fungisida ini memiliki bahan aktif berupa tembaga oksida (Cu_2O) dengan konsentrasi 56% (w/p), yang efektif dalam mengontrol berbagai penyakit tanaman, terutama yang disebabkan oleh jamur. Tembaga oksida bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan jamur dan merusak dinding sel mereka. Serta menurut Affandi dan Sinaga (2014) bahwa terdapat 11 jenis bahan aktif fungisida yang disarankan untuk mengendalikan penyakit karat daun kopi di Indonesia dan tembaga oksida merupakan bahan aktif dari pestisida sintesis Nordox 56% WP yang dipakai untuk pengaplikasian pada cakram daun.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini 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. Tembaga oksida, ekstrak daun sirih, dan *L. lecanii* dapat secara signifikan mengurangi frekuensi penyakit dan tingkat keparahan penyakit karat saat diaplikasikan pada cakram daun kopi dalam suasana laboratorium pada suhu 1–4 MSI.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A. & A. Sinaga. 2014. Hubungan pengetahuan dan persepsi harga dengan penggunaan pestisida dalam usahatani. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*. 2(2): 93–106.
- Dhalimi, A. D., Sitepu, & 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.

- 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., & S. Mujim. 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., S. Mujim & A. H. Dianto. 2006. Spesies *Verticillium* yang berasosiasi dengan *Hemileia vastatrix* pada daun kopi. *J. Natur Indonesia*. 8: 114–117.
- Ginting, C., S. Mujim. & R. Evizal. 2004. Uji pendahuluan pengaruh ekstrak air dari tumbuhan terhadap keterjadian karat pada cakram daun di laboratorium. *J. HPT Tropika*. 4: 41–51.
- Harni, R., S. Samsudin, W. Amaria, G. Indriati, F. Soesanthi, K. Khaerari, & A. D. Hapsari. 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. Minnesota.
- Jun, Y., P. D. Bridge, & H. C. Evans. 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 .
- Mahfud, M. C., L. Rosmahani, D. Rachmawati, Handoko, & 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 .
- Mujim, S., R. Ruswandi, C. Ginting, & R. Evizal. 2005. Asosiasi keterjadian koloni *Verticillium* dan intensitas naungan serta letak daun kopi. *J. HPT Tropika*. 5:32–36.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit - Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. UGM Press. Yogyakarta.
- Subrata, I. M, dan I. G. A Rai. 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 .
- Wahyudi, T., & M. Jati. 2012. Challenges of sustainable coffee certification in Indonesia. International Coffee Council 109th Session.(September) : 1–14 .
- Yanti, R., Suyitno, & E. Harmayani. 2000. Identifikasi Komponen Ekstrak Sirih (*Piper Betle* Linn.) dari Beberapa Pelarut dan Pemanfaatannya Untuk Pengawetan Ikan. *Agrosains*. 13(3) : 241.