

EFEKTIVITAS ANTIFUNGI SENYAWA NON ATSIRI DARI EKSTRAK *Curcuma aeruginosa* TERHADAP *Colletotrichum capsici* PADA BUAH CABAI MERAH

[*Antifungi Effectivity of Non-Essential Compound from Curcuma aeruginosa Extract To Colletotrichum capsici on Red Chilli Pepper Fruit*]

Anella Retna Kumala Sari ^{1✉*}, dan Arrohmatus Syafaqoh Li'aini ^{2*}

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali-Kementerian Pertanian, Jl. By Pass Ngurah Rai Pesanggaran, Denpasar, 8022

²Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Eka Karya Bali-LIPI, Desa Candikuning, Baturiti, Tabanan, 82191

*Email: anellaretna@yahoo.com

ABSTRACT

Anthrax disease caused by *Colletotrichum capsici* is still as major disease in chilli pepper fruit. During this time, utilization of *C. aeruginosa* as antimicrobial of pathogen caused disease to human is more popular than to crops. *Curcuma* has been known containing essential and non essential compound. Potential of essential compound from *Curcuma* as antipathogen has been reported widely, nevertheless it is still limited known for non essential compound as antipathogen. This research aimed to understand the antifungi effectivity of non essential compound from *C. aeruginosa* extract to *C. capsici* on chilli pepper fruit. Non essential compound was obtained by soaking *C. aeruginosa* rhizome into methanol solvent then distilled using *rotary vacuum evaporator* and identified with HPLC instrument. Antifungi effectivity of non essential compound from *C. aeruginosa* rhizome extract was experimented by using Completely Randomized Design with 3 replications. Treatments tested were various concentrations of non essential compound namely 0 (control); 4; 6; 8; 10 and 12 ppm. Non essential compound from *C. aeruginosa* rhizome extract highly effective to inhibit growth of *C. capsici* even 12 ppm concentration showed inhibition percentage up to 100%. HPLC identification result showed non essential compound from *C. aeruginosa* rhizome extract contains *Curcuminoid* group which potential to be used as organic fungicide.

Keywords: non essential compound; *c. aeruginosa*; anthracnose; chilli pepper fruit

ABSTRAK

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum capsici* masih menjadi penyakit utama pada buah cabai merah. Selama ini, penggunaan *Curcuma aeruginosa* sebagai antimikroba patogen penyebab penyakit pada manusia lebih populer daripada sebagai antimikroba fitopatogen. Rimpang *Curcuma* diketahui mengandung senyawa atsiri dan non atsiri. Potensi senyawa atsiri *Curcuma* sebagai antimikroba telah banyak dilaporkan, namun masih sangat terbatas untuk senyawa non atsirinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas antifungi senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* terhadap *C. capsici* pada buah cabai merah. Senyawa non atsiri didapatkan dengan merendam rimpang *C. aeruginosa* menggunakan pelarut metanol kemudian didistilasi menggunakan *rotary vacuum evaporator* dan diidentifikasi menggunakan HPLC. Efektivitas antifungi senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* diuji secara in vitro dan in vivo menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali ulangan. Perlakuan yang diujikan yaitu konsentrasi senyawa non atsiri terdiri dari 0 ppm (kontrol); 4 ppm; 6 ppm; 8 ppm; 10 ppm dan 12 ppm. Senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* sangat efektif menghambat pertumbuhan *C. capsici* bahkan konsentrasi 12 ppm menunjukkan persentase penghambatan antraknosa hingga 100%. Hasil identifikasi HPLC menunjukkan bahwa senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* mengandung kelompok *Curcuminoid* yang berpotensi sebagai fungisida nabati.

Kata kunci: senyawa non atsiri; *c. aeruginosa*; antraknosa; cabai merah

PENDAHULUAN

Untuk mewujudkan program pertanian berkelanjutan dibutuhkan azas ketahanan pangan dan keamanan pangan sebagai landasan dasar dalam berusaha pertanian khususnya komoditas sayuran. Salah satu komoditas sayuran yang bernilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan secara intensif oleh petani ialah komoditas cabai (Irawati *et al.*, 2017; Moekasan, 2019). Komoditas cabai seringkali menjadi primadona bagi para pelaku agribisnis dikarenakan memiliki nilai jual dan permintaan yang tinggi sehingga memiliki potensi pasar yang terbuka lebar (Irawati *et al.*, 2017; Hasyim dan Setiawati, 2017; Karo dan

Marpaung, 2018). Usahatani cabai memiliki risiko yang cukup tinggi dikarenakan adanya faktor-faktor pembatas yang menentukan hasil seperti iklim, nutrisi, gulma dan yang paling dominan ialah serangan hama penyakit tanaman yang mampu menyebabkan kegagalan panen (Gunaeni *et al.*, 2015; Kusmana *et al.*, 2016). Penyakit antraknosa pada cabai yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. masih menjadi penyakit utama yang menjadi kendala dalam budidaya cabai karena mampu mengakibatkan kehilangan hasil hingga 50% (Hartati *et al.*, 2014; Kirana *et al.*, 2016). Serangan penyakit ini dapat terjadi sebelum maupun setelah panen yang dapat merusak nilai estetika dari cabai,

*Kontributor Utama

*Diterima: 20 Januari 2021 - Diperbaiki: 17 September 2021 - Disetujui: 28 November 2022

menurunkan berat kering cabai serta mampu menurunkan kadar capsaicin dan oleoresin yang memberikan rasa dan aroma pedas pada cabai (Popelka *et al.*, 2017; Ridzuan *et al.*, 2018; Sopiarena *et al.*, 2020).

Perlindungan tanaman cabai dari serangan penyakit antraknosa dengan menggunakan fungisida kimiawi masih menjadi andalan utama petani meskipun diketahui menyebabkan berbagai dampak negative terhadap lingkungan, kesehatan dan justru menimbulkan resistensi patogen (Hollomon, 2015; Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2016). Penggunaan fungisida kimia perlu dikurangi, salah satunya dengan penggunaan fungisida nabati yang terbuat dari bahan tanaman seperti dari kelompok jenis tanaman obat yang diketahui banyak mengandung metabolit sekunder yang bersifat antifungi dan antibakteri (Masih *et al.*, 2014). Jenis tanaman obat yang paling banyak dimanfaatkan sebagai fungisida nabati ialah kunyit (*Curcuma longa*) yang telah terbukti kemampuan antipatogennya terhadap berbagai jenis patogen seperti hasil penelitian yang telah dilaporkan oleh Masih *et al.* (2014), Yendi dan Prasetyo (2015), Kusdiana *et al.* (2016). Namun, hingga saat ini penggunaan jenis tanaman obat sebagai bahan baku fungisida nabati masih sebatas dalam bentuk ekstrak tanaman maupun diambil senyawa volatilnya seperti minyak atsiri. Sedangkan, telah diketahui bahwa senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman obat umumnya terdiri dari senyawa volatile dan non volatile seperti yang terdapat pada tanaman obat *Eucalyptus* (Matsuki *et al.*, 2011) dan *Curcuma* sp. (Ferreira *et al.*, 2013; Dosoky dan Setzer, 2018). Pada tanaman obat *Curcuma* sp., kandungan senyawa volatile terdiri dari kelompok senyawa atsiri yaitu ar-turmerone, turmerone, ar-curcumene, zingiberene, α -phellandrene, curlone, 1,8-cineole dan sesquiterpenes lainnya. Senyawa turmerone dalam minyak atsiri telah banyak diteliti kemampuannya dalam berbagai penghambatan aktivitas biologis patogen (Ferreira *et al.*, 2013). Kandungan senyawa 1,8-cineole dalam minyak atsiri yang berasal dari ekstrak *C. zedoaria* dapat bersifat antifungi terhadap *C. capsici* (Sari *et al.*, 2019). Sedangkan, senyawa non volatile dalam *Curcuma* sp. terdiri dari kelompok senyawa non atsiri yang tersusun dari senyawa turunan polifenon tidak beracun meliputi curcumin yang telah dilaporkan kemampuannya sebagai antipatogen terhadap *Phytophthora infestans*, *Puccinia recondita*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani* dan *Helminthosporium oryzae* (Zorofchian Moghadamtousi *et al.*, 2014), bisdesmethoxycurcumin dan demethoxycurcumin (Dosoky dan Setzer, 2018). Penelitian mengenai pengaruh ekstrak maupun minyak atsiri dari *Curcuma* sp, khususnya *C. longa* untuk

pengendalian patogen tanaman telah banyak dilaporkan hasilnya, namun belum banyak penelitian mengenai potensi senyawa non atsiri dari *Curcuma* sp. sebagai antipatogen. Selain itu, hingga saat ini penggunaan *C. aeruginosa* sebagai antipatogen penyebab penyakit pada manusia lebih populer dibandingkan pemanfaatannya terhadap patogen tanaman. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberikan informasi baru mengenai potensi pemanfaatan senyawa metabolit sekunder dari kelompok non volatile/non atsiri tanaman obat khususnya *C. aeruginosa* sebagai antipatogen/ antifungi terhadap tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas senyawa non atsiri dari ekstrak jenis *Curcuma* lainnya selain *Curcuma longa* yaitu *Curcuma aeruginosa* terhadap patogen *C. capsici* pada cabai merah. Hipotesis yang diajukan ialah senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* mampu bersifat antifungi terhadap *C. capsici* pada cabai merah.

BAHAN DAN CARA KERJA **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan November 2014 hingga Mei 2015 di Laboratorium Mikologi dan Toksikologi Pestisida Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan (HPT) Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Analisis HP-LC (*High Performance Liquid Chromatography*) dilakukan di Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Penelitian menggunakan bahan berupa buah cabai merah besar dan senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* yang telah tersertifikasi oleh Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi.

Eksplorasi Patogen *C. capsica*

Buah cabai merah dari lahan budidaya cabai merah di Desa Junrejo, Batu, Malang yang terinfeksi antraknosa oleh *C. capsici* berdasarkan kenampakan gejala oleh Salim (2012), Kitosan *et al.* (2013), dan Palupi *et al.* (2015) diisolasi mengikuti metode oleh Nugraheni *et al.* (2014), Sudirga (2016).

Ekstraksi dan Analisis HP-LC Senyawa Non Atsiri dari Ekstrak Rimpang *C. aeruginosa*

Ekstraksi rimpang *C. aeruginosa* dilakukan menggunakan pelarut metanol mengacu pada metode ekstraksi oleh Retno Mashita (2017) yang dimodifikasi dengan metode oleh Jansirani *et al.* (2014), dan Sahne *et al.* (2016) untuk memperoleh senyawa non atsiri yang diharapkan yaitu *Curcuminoids*. Senyawa non atsiri yang diperoleh kemudian dianalisa menggunakan alat HP-LC di Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya mengacu pada

(Kumudhavalli MV *et al.*, 2011; Gugulothu dan Patravale, 2012) kemudian disimpan pada botol kaca gelap.

Pengujian Senyawa Non Atsiri dari Ekstrak Rimpang *C. aeruginosa* Terhadap *C. capsici* di Laboratorium

Perlakuan berupa konsentrasi senyawa non atsiri yang digunakan ialah 0 ppm (kontrol), 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, 10 ppm dan 12 ppm. Senyawa non atsiri yang telah diperoleh diencerkan menggunakan pelarut metanol lalu dimasukkan ke dalam media PDA sesuai perlakuan konsentrasi kecuali konsentrasi 0 ppm, sebagai kontrol, digunakan media PDA tanpa mengandung senyawa non atsiri. Selanjutnya, media PDA yang telah mengandung senyawa non atsiri dituang ke dalam cawan petri steril. Setiap perlakuan diulang 3 kali.

Miselium dari biakan *C. capsici* pada media PDA yang telah berumur 14 hari dipotong dan diambil menggunakan alat *corkborrer* kemudian diletakkan di bagian tengah cawan petri yang telah dituangkan media PDA yang mengandung senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* sesuai perlakuan konsentrasi kecuali perlakuan kontrol (0 ppm) dan diinkubasi pada suhu 25°C. Diameter pertumbuhan *C. capsici* diamati setiap hari selama 14 HSI (Hari Setelah Inokulasi).

Pengujian Senyawa Non Atsiri dari Ekstrak Rimpang *C. aeruginosa* Terhadap Panjang Gejala Antraknosa pada Buah Cabai Merah di Laboratorium

Buah cabai merah sehat disterilkan/dicuci dahulu menggunakan sabun, disemprot alkohol 70% lalu direndam ke dalam aquadest steril dan ditiriskan selama 5 menit. Setelah tiris, cabai tersebut direndam ke dalam larutan senyawa non atsiri sesuai perlakuan selama 5 menit dan dikeringanginkan selama 12 jam pada wadah terbuka. Buah cabai merah tersebut selanjutnya diinokulasi cendawan *C. capsici* dengan cara menusuk permukaan buah cabai merah tersebut kemudian ditetesi konidia inokulum *C. capsici* pada permukaan tersebut.

Parameter Pengamatan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) enam perlakuan konsentrasi yaitu 0 ppm (kontrol), 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, 10 ppm dan 12 ppm serta diulang sebanyak tiga kali. Parameter pengamatan yang diamati meliputi :

Masa Inkubasi Penyakit Antraknosa

Masa inkubasi penyakit dilakukan dengan mengamati buah cabai merah besar pada setiap perlakuan hingga gejala awal penyakit antraknosa muncul dan dicatat periode waktunya. Pengamatan

ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama cendawan *C. capsici* dapat menyebabkan munculnya gejala penyakit antraknosa pada buah cabai merah yang diberi perlakuan senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa*.

Diameter Pertumbuhan Koloni *C. capsici* dan Panjang Gejala Antraknosa pada Cabai Merah di Laboratorium

Aktivitas antifungi senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* diperoleh berdasarkan hasil pengukuran diameter koloni *C. capsici* di cawan petri dan diameter panjang gejala antraknosa yang muncul di buah cabai merah dengan rumus :

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan :

- d = diameter koloni *C. capsici* dan atau panjang gejala antraknosa,
- d1 = diameter vertikal koloni *C. capsici* dan atau panjang gejala antraknosa,
- d2 = diameter horizontal koloni *C. capsici* dan atau panjang gejala antraknosa.

Persentase Penghambatan Gejala Antraknosa pada Cabai Merah di Laboratorium

Setelah diketahui panjang gejala antraknosa pada cabai merah, maka persentase penghambatan dihitung menggunakan rumus :

$$P = \frac{Dc - Dt}{Dc} \times 100\%$$

Keterangan :

- P = persentase penghambatan,
- Dc = panjang gejala antraknosa pada perlakuan kontrol,
- Dt = panjang gejala antraknosa pada setiap perlakuan.

Berat Kering Miselium *C. capsici*

Berat kering miselium *C. capsici* ditimbang berdasarkan metode penimbangan oleh (Sulistyaningtyas dan Supriyadi, 2017 ; Wulansari *et al.*, 2017) dan dihitung menggunakan rumus :

$$M = m1 - m0$$

Keterangan :

- m = berat kering miselium *C. capsici*,
- m0 = berat kertas saring kosong,
- m1 = berat kertas saring + miselia *C. capsici* sesuai perlakuan.

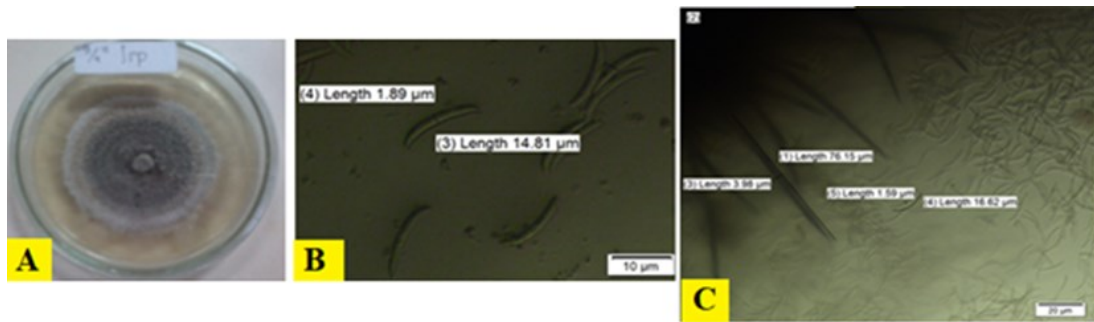
Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F taraf 5% dan dilanjutkan dengan Uji Duncan

0,05 (DMRT 0,05) apabila menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata. Selanjutnya, dilakukan analisis korelasi Pearson dan analisis regresi linier untuk mengetahui kekuatan hubungan antara dua variabel dan memprediksi seberapa kuat pengaruh tersebut.

HASIL

Koloni cendawan *C. capsici* sebagai objek dalam penelitian ini berwarna putih dan terdapat lingkaran konsentris yang berwarna lebih gelap (Gambar 1a). Hifa *C. capsici* bersekat dengan banyak setae berbentuk runcing dan konidia dengan bentuk bulat dan memanjang (Gambar 1b dan 1c).



Gambar 1. Biakan murni cendawan *C.capsici* di media PDA (a); Konidia cendawan *C. capsici* (b); Setae cendawan *C. capsici* (c). (*The pure isolation of C. capsici fungi on PDA media (a); Conidia of C. capsici fungi (b); Setae of C. capsici fungi (c).*)

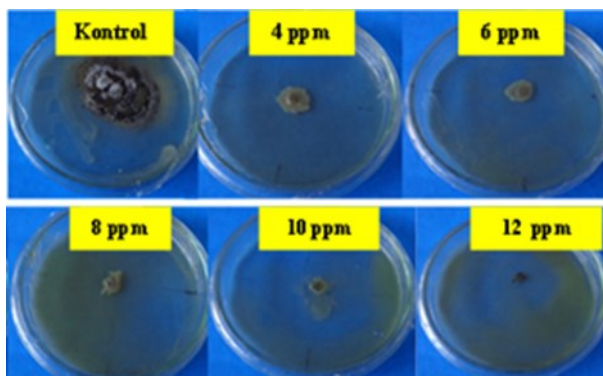
Pada penelitian ini, secara *in vitro*, senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *Curcuma aeruginosa* mampu menghambat pertumbuhan cendawan *C. capsici* (Tabel 1 dan Gambar 2). Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, diameter koloni cendawan *C. capsici* semakin kecil

(Gambar 2). Senyawa non atsiri dengan konsentrasi tertinggi (12 ppm) secara konsisten menghambat pertumbuhan *C. capsici* mulai hari pertama hingga 14 Hari Setelah Inokulasi (HSI).

Tabel 1. Pengaruh senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* terhadap rata-rata diameter pertumbuhan cendawan *C. capsici*. (*Effect of non essential compound from C. aeruginosa extract to growth diameter average of C. capsici fungi.*)

Konsentrasi (Concentration)	Diameter pertumbuhan cendawan <i>C. capsici</i> (Growth diameter of <i>C.capsici</i> fungi) (cm)					
	4 HSI	6 HSI	8 HSI	10 HSI	12 HSI	14 HSI
Kontrol/Control	2,21 c	2,48 c	2,91 d	3,78 c	3,91 c	3,96 d
4 ppm	1,08 b	1,26 b	1,53 c	1,71 b	1,75 b	1,90 c
6 ppm	0,66 a	0,66 a	1,06 b	1,55 b	1,63 b	1,76 c
8 ppm	0,66 a	0,78 a	1,05 b	1,25 b	1,26 b	1,45 bc
10 ppm	0,56 a	0,56 a	0,56 a	0,56 a	0,56 a	0,96 ab
12 ppm	0,58 a	0,58 a	0,58 a	0,58 a	0,58 a	0,58 a
Koefisien keragaman Variance coefficient (%)	13,90	10,27	7,85	11,77	10,53	11,59

Keterangan: HSI (Hari Setelah Inokulasi). Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%. (*HSI (Day After Inoculation). Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different at 5% of DMRT test.*)



Gambar 2. Pertumbuhan cendawan *C. capsici* pada media PDA yang mengandung senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* pada 14 hari setelah inokulasi. (*Growth of C. capsici* fungi in PDA media containing non essential compound of *C. aeruginosa* extract at 14 days after inoculation).

Diameter koloni cendawan berbanding lurus dengan berat keringnya (Tabel 2). Hal tersebut

berarti semakin kecil diameter cendawan, maka berat keringnya semakin ringan.

Tabel 2. Pengaruh senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* terhadap rata-rata berat kering cendawan *C. capsici* pada empat belas hari setelah inokulasi. (*Teffect of non essential compound from C. aeruginosa* extract to dried weight average of *C. capsici* fungi at fourteen days after inoculation).

Konsentrasi (Concentration)	Berat kering cendawan <i>C. capsici</i> (Dried weight of <i>C. capsici</i> fungi) (mg)
Kontrol/control	395,66 d
4 ppm	69,00 b
6 ppm	109,25 c
8 ppm	112,23 c
10 ppm	0,00 a
12 ppm	0,00 a
Koefisien keragaman Variance coefficient (%)	5,54

Keterangan: HSI (Hari Setelah Inokulasi). Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%. (*HSI (Day After Inoculation). Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different at 5% of DMRT test*).

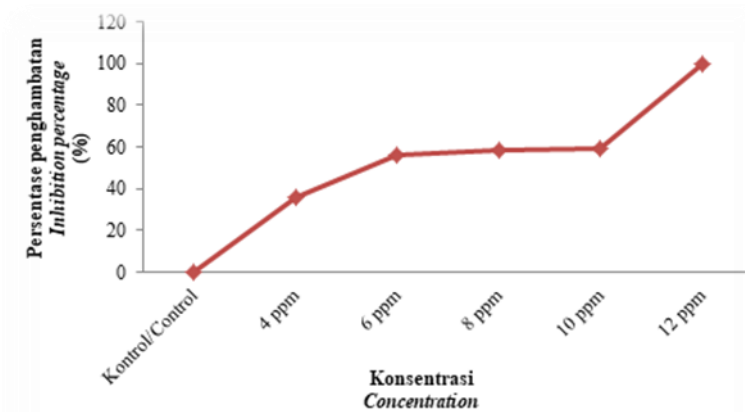
C. capsici menjadi salah satu jenis cendawan patogen penyebab penyakit antraknosa yang sering ditemukan dan menjadi kendala budidaya cabai di Indonesia. Bahkan pada kondisi yang kurang menguntungkan, *C. capsici* tetap mampu menginfeksi hingga menunjukkan gejala antraknosa pada cabai (Hersanti et al., 2016). Gejala awal ditunjukkan dengan adanya bercak coklat yang kemudian membesar dan membentuk lekukan. Pada lekukan tersebut terdapat struktur berwarna hitam yang terdiri atas kelompok seta dan konidium cendawan (Gambar 1). Infeksi lanjut menyebabkan cabai menjadi kering dan keriput (Nurmayulis et al., 2013; Hasyim, 2014). Pada

penelitian ini, aplikasi senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* terbukti mampu menekan gejala infeksi *C. capsici* pada cabai merah di laboratorium (Tabel 3). Rerata panjang gejala antraknosa pada cabai merah berbanding terbalik dengan konsentrasi yang diberikan. Semakin tinggi konsentrasi senyawa non atsiri yang digunakan, semakin tinggi pula daya hambatnya terhadap pertumbuhan infeksi antraknosa pada cabai merah sehingga gejala yang ditimbulkan semakin kecil (Tabel 3 dan Grafik 1). Bahkan pada konsentrasi senyawa tertinggi (12 ppm), tidak ditemukan adanya gejala antraknosa mulai 6 HSI hingga empat belas HSI (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* terhadap rata-rata panjang gejala antraknosa pada cabai merah akibat *C. capsici*. (Effect of non essential compound from *C. aeruginosa* extract to length average of anthracnose symptom on chilli pepper fruit caused by *C. capsici*).

Konsentrasi (Concentration)	Panjang gejala antraknosa (Length of anthracnose symptoms) (cm)				
	6 HSI	8 HSI	10 HSI	12 HSI	14 HSI
Kontrol/Control	0,00 a	0,00 a	0,69 c	0,89 c	1,20 d
4 ppm	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,77 c	0,77 c
6 ppm	0,00 a	0,53 b	0,53 b	0,53 b	0,53 b
8 ppm	0,00 a	0,50 b	0,50 b	0,50 b	0,50 b
10 ppm	0,49 b	0,49 b	0,49 b	0,49 b	0,49 b
12 ppm	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Koefisien keragaman Variance coefficient (%)	2,57	3,26	3,79	4,44	4,79

Keterangan: HSI (Hari Setelah Inokulasi). Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%. (HSI (Day After Inoculation). Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different at 5% of DMRT test).



Grafik 1. Persentase penghambatan penyakit antraknosa pada cabai merah oleh perlakuan senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* pada empat belas hari setelah inokulasi. (Inhibition percentage of anthracnose on chilli pepper fruit by treatment of non essential compound from *C. aeruginosa* at fourteen days after inoculation).

Aplikasi senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* dengan beberapa variasi konsentrasi cenderung tidak dapat memperpanjang masa inkubasi patogen *C. capsici* kecuali pada konsentrasi 12 ppm yang hingga akhir pengamatan (14 HSI) tidak menimbulkan gejala antraknosa (Tabel 4). Meskipun pada perlakuan konsentrasi 4 ppm ; 6 ppm ; 8 ppm dan 10 ppm menimbulkan

gejala antraknosa lebih cepat dibandingkan perlakuan kontrol, ketiga perlakuan konsentrasi senyawa non atsiri tersebut mampu menghambat perkembangan gejala antraknosa yang timbul dengan sangat efektif dibandingkan perlakuan kontrol (Tabel 3 dan Grafik 1).

Tabel 4. Rerata masa inkubasi penyakit antraknosa cabai merah oleh perlakuan senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa*. (Incubation time average of antrachnosa disease on chilli pepper fruit by treatment of non essential compound from *C. aeruginosa* extract).

Konsentrasi (Concentration)	Masa inkubasi (Incubation time) (HSI)
Kontrol/Control	10
4 ppm	12
6 ppm	8
8 ppm	8
10 ppm	6
12 ppm	

Keterangan: HSI (Hari Setelah Inokulasi). (HSI (Day After Inoculation)).

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa terdapat korelasi signifikan antara peningkatan konsentrasi senyawa non atsiri dengan persentase penghambatan antraknosa pada cabai merah dengan nilai signifikansi $0,00 < 0,05$ (Tabel 5) dan nilai koefisien korelasi Pearson sebesar 0,91 (Tabel 6). Angka 0,91 bernilai positif (Tabel 6) dan mendekati angka 1 sehingga mencerminkan hubungan kuat antar variabel yaitu semakin tinggi konsentrasi senyawa non atsiri *C. aeruginosa* yang diberikan, semakin besar persentase penghambatan antraknosa

pada cabai merah. Nilai R Square atau biasa dikenal dengan Koefisien Determinasi (KD) yang tertera pada Tabel 6 sebesar 82,50%, dapat ditafsirkan bahwa peningkatan konsentrasi senyawa non atsiri memiliki pengaruh kontribusi sebesar 82,50% terhadap penghambatan antraknosa pada cabai merah di laboratorium dan 17,50% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Tabel 5. Hasil *Coefficients* uji regresi linier hubungan konsentrasi senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* dengan persentase penghambatan antraknosa pada cabai merah. (Linear regression coefficients result of correlation between non essential compound from *C. aeruginosa* extract with inhibition percentage of anthracnose on chilli pepper fruit).

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	1,26	0,34		37,10	,00
Concentration	-0,98	0,11	-,91	-8,69	,00

Tabel 6. Hasil *Model Summary* uji regresi linier hubungan konsentrasi senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* dengan persentase penghambatan antraknosa pada cabai merah. (Linear regression model summary result of correlation between non essential compound from *C. aeruginosa* extract with inhibition percentage of anthracnose on chilli pepper fruit).

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,91 ^a	,82	,81	0,08

Berdasarkan hasil analisis HPLC, kandungan *curcuminoid* yang ditemukan pada ekstrak rimpang *C. aeruginosa* yang digunakan pada penelitian ini adalah *curcumin* (0,204 ppm) dan *desmethoxycurcumin* (32,22 ppm). (Dosoky and Setzer, 2018) menyatakan bahwa kandungan

curcumin dalam *C. zedoaria* dari beberapa negara di Asia hanya kurang dari 5% sejalan dengan hasil *curcumin* yang diperoleh pada penelitian ini yang jauh lebih rendah dibandingkan kandungan *desmethoxycurcumin* (Tabel 7).

Tabel 7. Kandungan *curcuminoids* dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* berdasarkan hasil analisis HPLC. (Content of *curcuminoids* from rhizome extract *C. aeruginosa* based on HPLC analysis result).

Sampel (Sample)	Jenis senyawa (ppm) (Compound types)	
	Curcumin	Desmethoxycurcumin
<i>C. aeruginosa</i>	0,20	32,22

PEMBAHASAN

Koloni dan hifa *C. capsica* yang diperoleh pada penelitian ini (Gambar 1) sesuai dengan hasil isolasi cendawan *C. capsici* yang diperoleh oleh Sektiono et al. (2016) dan kenampakan *C. capsici* pada mikroskop elektron oleh Rahman et al. (2014). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa secara *in vitro*, pertumbuhan koloni cendawan *C. capsici* dapat dihambat oleh ekstrak tumbuhan, antara lain ekstrak daun sirih (*Piper betle*) dan tembakau (*Nicotiana tabacum*) (Johnny et al., 2011; Anjani, 2019), serta ekstrak lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) (Apriyani, 2015). Dari beberapa ekstrak tumbuhan, ekstrak daun *Polyanthia longifolia*, ekstrak rimpang *Curcuma longa*, dan ekstrak umbi bawang merah (*Allium cepa*) menunjukkan daya hambat tertinggi terhadap diameter *C. capsici* pada media agar, masing-masing 3,52; 4,09; dan 4,94 cm (Jagtap et al., 2013). Pemanfaatan ekstrak tumbuhan sebagai bahan baku fungsida nabati telah banyak dilakukan seperti penelitian-penelitian tersebut namun pemanfaatan langsung senyawa spesifik yang terkandung dalam ekstrak tanaman masih jarang dilakukan.

Penelitian Shovan et al. (2008) menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni *C. dematium* berbanding lurus dengan berat kering miselium cendawan. Ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) mampu menekan pertumbuhan koloni dan mengurangi berat kering *C. dematium* hingga lebih dari 70% dibandingkan dengan kontrol (Shovan et al., 2008). Ekstrak daun *Eucalyptus tereticornis*, *Azadirachta indica*, dan *Ocimum sanctum* bahkan terbukti signifikan menekan mortalitas benih cabai yang terkontaminasi *C. capsici* (Choudhary et al., 2013). Aplikasi ekstrak rimpang *C. zedoaria* dengan menggunakan pelarut metanol pada satu hari sebelum inokulasi fitopatogen, terbukti secara signifikan menghambat perkembangan penyakit hawar daun padi, busuk daun tomat, serta karat daun gandum yang masing-masing disebabkan oleh

cendawan *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*, dan *Puccinia triticina* (Han et al., 2017). Pemanfaatan ekstrak tumbuhan untuk mengendalikan *C. capsici* bukan hal baru di dunia pertanian, oleh karena itu penelitian ini mengaplikasikan langsung senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* yang telah dikenal sebagai antipatogen.

Hasil penelitian (Al-Reza et al., 2010) menyebutkan bahwa senyawa volatile dari golongan minyak atsiri dari ekstrak *Cestrum nocturnum* mampu menghambat perkecambahan spora beberapa jenis cendawan fitopagen. Minyak atsiri *C. nocturnum* bahkan mampu menghambat pertumbuhan cendawan *Phytophthora capsici* pada tanaman uji hingga 100%. Pengamatan pertumbuhan cendawan fitopatogen *C. capsici* secara *in vitro* dan *in vivo* pada penelitian ini membuktikan bahwa senyawa non atsiri dari ekstrak *C. aeruginosa* memiliki potensi sebagai fungsida nabati yang efektif dan efisien. Sehingga tidak hanya senyawa/minyak atsiri saja yang bersifat antifungi melainkan senyawa non atsiri pun juga dapat berperan serupa. Mekanisme senyawa antifungi tersebut diduga mampu mengganggu pertumbuhan fungi dengan cara mengganggu fungsi kerja membran dan organel sel, mitokondria serta menghambat pembentukan dinding sel (Freiesleben S.H dan Jager., 2014). Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui efektivitas senyawa non atsiri sebagai antifungi terhadap patogen yang menyerang tanaman hortikultura pada cakupan skala lapang.

Curcuma merupakan salah satu marga dari suku Zingiberaceae. Sebagai rempah yang berasal dari daerah tropis dan subtropis, *Curcuma* banyak dibudidayakan di India, Cina, dan negara-negara tropis di Asia, Australia, dan Amerika Selatan serta telah banyak dimanfaatkan dalam bidang farmakologi dan kesehatan (Cronin, 2003; Dosoky and Setzer., 2018). Rimpang merupakan bagian

yang paling banyak dimanfaatkan. Kandungan utama rimpang *Curcuma* adalah *curcuminoid* yang tergolong dalam senyawa non atsiri/non volatile dan senyawa volatile yang mudah menguap yaitu minyak atsiri (Dosoky dan Setzer, 2018). Pengujian ekstrak *C. zedoaria* sebagai antimikroba pada 13 jenis bakteri patogen dan 3 jenis cendawan patogen menunjukkan bahwa ekstrak rimpang *C. zedoaria* lebih efektif menghambat pertumbuhan mikroba patogen daripada ekstrak dari daun dan batang (Das dan Rahman, 2012). Ekstrak rimpang *Curcuma* mengandung beberapa golongan senyawa atsiri sesquiterpenoid, seperti *zingerberen*, turmeron dan *ar-turmeron* (Cronin, 2003). Sedangkan, senyawa non atsiri yang terdapat pada ekstrak rimpang *Curcuma* sebagian besar berasal dari kelompok *Curcuminoid* yang terdiri dari *curcumin*, *demethoxycurcumin*, dan *bisdemethoxycurcumin* (Anand *et al.*, 2008). Terdapat perbedaan metode ekstraksi antara kelompok senyawa atsiri dan non atsiri pada rimpang *Curcuma*. Ekstraksi senyawa atsiri dari tiga jenis *Curcuma* yaitu *C. longa*, *C. zedoaria* dan *C. aeruginosa* pernah dilakukan oleh Sari *et al.* (2019) dan terbukti bersifat antifungi terhadap *C. capsici*. Sedangkan, senyawa non atsiri dalam penelitian ini didapatkan berdasarkan modifikasi metode oleh Jansirani *et al.* (2014) dan Sahne *et al.* (2016) sehingga dapat dipastikan bahwa senyawa yang digunakan dalam penelitian ini adalah benar sebagai senyawa non atsiri dan bukan sebagai senyawa atsiri. *Curcumin* memiliki ciri khas bioavailabilitas *in vivo* yang rendah, serta daya larut dalam air yang juga rendah (Anand *et al.*, 2008). Senyawa *curcuminoid* tergolong kelompok flavonoid yang mampu menghambat proses pembentukan dinding sel cendawan, mendenaturasi protein dan menyebabkan kerusakan membran sel sehingga mengganggu metabolisme dan proses penyerapan nutrisi oleh cendawan patogen.

Penelitian mengenai potensi *C. aeruginosa* untuk mengendalikan mikroba patogen penyebab penyakit pada manusia lebih populer daripada sebagai antimikroba fitopatogen. Minyak atsiri *C. aeruginosa* menunjukkan daya antibakteri yang kuat terhadap *Staphylococcus aureus* (Baharun *et al.*, 2013). Selain itu, senyawa *curcumin* dan *demethoxycurcumin* seperti yang diperoleh dalam penelitian ini lebih sering dimanfaatkan sebagai antioksidan, antiinflamasi, antibakteri dan antikarsinogenik pada manusia (Hadi *et al.*, 2018). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* mampu menghambat perkembangan penyakit antraknosa pada cabai merah dengan tingkat penghambatan mencapai 100% (Grafik 1), sehingga mampu menjadi alternatif pengendalian fitopatogen yang potensial untuk dikembangkan khususnya pada tanaman hortikultura.

KESIMPULAN

Senyawa non atsiri dari ekstrak rimpang *C. aeruginosa* yang mengandung *curcumin* dan *demethoxycurcumin* sangat efektif sebagai antifungi terhadap *C. capsici* baik secara *in vitro* maupun *in vivo*. Konsentrasi 12 ppm mampu menghambat pertumbuhan *C. capsici* hingga 100%. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai keefektifan senyawa non atsiri tersebut pada percobaan skala lapangan serta terhadap patogen tanaman hortikultura lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Firdaus Auliya Rahmah yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga kepada Bapak Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, M.S dan Bapak Dr. Edi Priyo Utomo, M.S yang telah membimbing dalam pelaksanaan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Anella Retna Kumala Sari dan Arrohmatus Syafoqoh Li'aini adalah kontributor utama dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini. Penulis atas nama Anella Retna Kumala Sari berkontribusi pada perancangan penelitian, pelaksanaan penelitian, analisis data dan penyusunan artikel ilmiah. Arrohmatus Syafoqoh Li'aini berkontribusi membantu dalam penyusunan artikel ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Reza, S.M., Rahman, A., Ahmed, Y and Kang, S.C., 2010. Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 96(2), pp. 86–92.
- Anand, P., Thomas, S.G., Kunnumakkara, A.B., Sundaram, C., Harikumar, K.B., Sung, B., Tharakan, S.T., Misra, K., Priyadarsini, I.K., Rajasekharan, K.N and Aggarwal, B.B., 2008. Biological activities of curcumin and its analogues (Congeners) made by man and Mother Nature. *Biochemical Pharmacology*, 76 (11), pp. 1590–1611.
- Anjani, A.G., 2019. Efektivitas lama penyimpanan campuran ekstrak sirih dan tembakau pada *Colletotrichum sp.* penyebab antraknosa cabai. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- Apriyani, F., 2015. Potensi ekstrak lidah mertua (*Sansevieria trifasciata* var *Hahnii* medio picta) untuk mengendalikan pertumbuhan jamur (*Colletotrichum capsici*) penyebab antraknosa pada cabai merah. *Skripsi*. Program Studi Pendidikan Biologi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.

- Baharun, K., Rukmi, I., Lunggani, A.T dan Fachriyah, E., 2013. Daya antibakteri berbagai konsentrasi minyak atsiri rimpang temu hitam (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) terhadap *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* secara *in vitro*. *Jurnal Biologi*, 2(4), pp. 16–24.
- Choudhary, C.S., Jain, S.C., Kumar, R and Choudhary, J.S., 2013. Efficacy of different fungicides, biocides and botanical extract seed treatment for controlling seed-borne *Colletotrichum* spp. in Chilli (*Capsicum annum* L.). *The Bioscan*, 8(1), pp. 123–126.
- Cronin, J.R., 2003. Curcumin old spice is a new medicine. *The Biochemistry of Alternative Medicine*, Mary Ann Liebert, Inc, New York, pp. 34–38.
- Das, K and Rahman, M.A., 2012. Analgesic and antimicrobial activities of *Curcuma zedoaria*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(5), pp. 322–328.
- Dosoky, N.S and Setzer, W.N., 2018. Chemical composition and biological activities of essential oils of curcuma species. *Nutrients*, 10(9), pp. 10–17.
- Ferreira, F.D., Mossini, S.A.G., Ferreira, F.M.D., Arroiteia, C.C., Da Costa, C.L., Nakamura, C.V and Machinski Junior, M., 2013. The inhibitory effects of *Curcuma longa* L. essential oil and curcumin on *Aspergillus flavus* link growth and morphology. *The Scientific World Journal*, doi: 10.1155/2013/343804. PMID: 24367241; PMCID: PMC3866717.
- Freiesleben S.H and Jager, A.K., 2014. Correlation between plant secondary metabolites and their antifungal mechanisms—a review. *Medicinal and Aromatic Plants*, 3(2), pp. 1–6.
- Gugulothu, D.B and Patravale, V.B., 2012. A new stability-indicating HPLC method for simultaneous determination of curcumin and celecoxib at single wavelength: an application to nanoparticulate formulation. *Pharmaceutica Analytica Acta*, 3(4), pp. 4–9.
- Gunaeni, N., Wulandari, A dan Hudayya, A., 2015. Pengaruh bahan ekstrak tanaman terhadap pathogenesis related protein dan asam salisilat dalam menginduksi resistensi tanaman cabai merah terhadap virus kuning keriting. *Jurnal Hortikultura*, 25(2), pp. 160–170.
- Hadi, S., Artanti, A.N., Rinanto, Y and Wahyuni, D.S., 2018. Curcuminoid content of *Curcuma longa* L. and *Curcuma xanthorrhiza* rhizome based on drying method with NMR and HPLC-UVD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 349(1), pp. 1–5.
- Han, J.W., Shim, S.H., Jang, K.S., Choi, Y.H., Le, Q., Kim, H and Choi, G.J., 2017. *In vivo* assessment of plant extracts for control of plant diseases : A sesquiterpene ketolactone isolated from *Curcuma zedoaria* suppresses wheat leaf rust. *Journal of Environmental Science and Health*, 53(2), pp. 1–6.
- Hartati, S., Wiyono, S., Hidayat, S.H dan Sinaga, M.S., 2014. Seleksi khamir epifit sebagai agens antagonis penyakit antraknosa pada cabai. *Jurnal Hortikultura*, 24(3), pp. 258–265.
- Hasyim, A., 2014. Teknologi pengendalian penyakit antraknosa pada tanaman cabai. *Balai Penelitian Tanaman Sayuran*, 10, pp. 5–9.
- Hasyim, A dan Setiawati, W., 2017. Bioaktivitas enam ekstrak tumbuhan untuk pengendalian hama tungau kuning cabai *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae) di laboratorium. *Agrotek*, 27(2), pp. 217–230.
- Hersanti, Krestini, E.H dan Fathin, S.A., 2016. Pengaruh beberapa sistem teknologi pengendalian terpadu terhadap perkembangan penyakit antraknosa (*Colletotrichum capsici*) pada cabai merah Cb-1 Unpad di musim kemarau 2015. *Jurnal Agrikultura* 27(2), pp. 83–88.
- Hollomon, D.W., 2015. Fungicide resistance: Facing the challenge. *Plant Protection Science*, 51(4), pp. 170–176.
- Irawati, A.F.C., Mutaqin, K.H., Suhartono, M.T., Sastro, Y., Sulastri, N dan Widodo, N., 2017. Eksplorasi dan pengaruh cendawan endofit yang berasal dari akar tanaman cabai terhadap pertumbuhan benih cabai merah. *Jurnal Hortikultura*, 27(1), pp. 105–112
- Jagtap, G., Mali, A and Dey, U., 2013. Bioefficacy of fungicides, bio-control agents and botanicals against leaf spot of turmeric incited by *Colletotrichum capsici*. *African Journal of Microbiology Research*, 7(18), pp. 1865–1873.
- Jansirani, D., Saradha, R., Salomideborani, N and Selvapriyadharshini, J., 2014. Comparative evaluation of various extraction methods of curcuminoids from *Curcuma longa*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 4, pp. 286–288.
- Johnny, L., Yusuf, U.K and Nulit, R., 2011. Antifungal activity of selected plant leaves crude extracts against a pepper anthracnose fungus, *Colletotrichum capsici* (Sydow) butler and bisby (Ascomycota: Phyllachorales). *African Journal of Biotechnology*, 10(20), pp. 4157–4165.
- Karo, B.B dan Marpaung, A.E. 2018. Sistem tanam tumpang sari cabai merah dengan kentang, bawang merah dan buncis tegak. *Jurnal Hortikultura*, 28(2), pp. 219–228.
- Kirana, R., Kusmana, K., Hasyim, A dan Sutarya, R., 2016. Persilangan cabai merah tahan

- penyakit antraknosa (*Colletotrichum acutatum*). *Jurnal Hortikultura*, 24(3), pp. 189–195.
- Kumudhavalli, M.V., Saravanan, C., Thamizh, M.M and Jayakar, B., 2011. Analytical method development and validation of curcumin in tablet dosage form by RP-HPLC method. *International Research Journal of Pharmacy*, 2(1), pp. 233–236.
- Kusdiana, A.P.J., Munir, M dan Suryaningtyas, H., 2016. Studi pemanfaatan ekstrak kunyit (*Curcuma domestica* valetton) untuk pengendalian penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Warta Perkaratan*, 35(1). pp. 25–36.
- Kusmana, Kusandriani, Y., Kirana, R dan Liferdi, 2016. Keragaan tiga galur lanjut cabai merah pada ekosistem dataran tinggi Lembang Jawa Barat. *Jurna Hortikultura* 26(2), pp. 133–142.
- Masih, H., Peter, J.K and Tripathi, P., 2014. A comparative evaluation of antifungal activity of medicinal plant extracts and chemical fungicides against four plant pathogens. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 3(5), pp. 97–109.
- Matsuki, M., Foley, W.J and Floyd, R.B., 2011. Role of volatile and non-volatile plant secondary metabolites in host tree selection by christmas beetles. *Journal of Chemical Ecology*, 37(3), pp. 286–300.
- Moekasan, T.K., 2019. Pengaruh tanaman aromatik dalam sistem tanam tumpangsari dengan cabai merah terhadap serangan trips dan kutu daun. *Jurnal Hortikultura*, 28(1), pp. 87–96.
- Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P and Hens, L., 2016. Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4(148), pp. 1–4.
- Nugraheni, A.S., Djauhari, S., Cholil, A dan Utomo, E.P. 2014. Potensi minyak atsiri serai wangi (*Cymbopogon winterianus*) sebagai fungisida nabati terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) pada buah apel (*Malus sylvestris* Mill). *Jurnal Hama Penyakit Tanaman*, 2(4), pp. 42–50.
- Nurmayulis, Syabana, M.A dan Syafendra, Y., 2013. Pengendalian penyakit antraknosa (*Colletotrichum capsici*) pada cabai merah dengan beberapa bakteri sebagai agen biokontrol. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(1), pp. 33–44.
- Palupi, H., Yulianah, I dan Respatijarti., 2015. Uji ketahanan 14 galur cabai besar (*Capsicum annum* L) terhadap penyakit antraknosa (*Colletotrichum* spp) dan layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*). *Produksi Tanaman*, 3(8), pp. 640–648.
- Popelka, P., Jevinova, P., Smejkal, K and Roba, P., 2017. Determination of capsaicin content and pungency level of different fresh and dried chilli peppers. *Folia Veterinaria*. 61(2), pp. 11–16.
- Rahman, M.M., Rahman, M.L., Ali, M.S., Islam, R and Nessa, M., 2014. Light and scanning electron microscopy on colletotrichum capsici–A fruit rot pathogen and interaction with a susceptible chilli. *International Journal of Experimental Agriculture*. 4(1), pp. 22–25.
- Retno, M.A., 2017. Efek antimikroba ekstrak rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Saintika Medika*, 10(2), pp. 138–144.
- Ridzuan, R., Rafii, M.Y., Ismail, S.I., Yusoff, M.M., Miah, G and Usman, M., 2018. Breeding for anthracnose disease resistance in chili: Progress and prospects. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(10), pp. 1–21.
- Sahne, F., Mohammadi, M., Najafpour, G.D and Moghadamnia, A.A., 2016. Extraction of bioactive compound curcumin from turmeric (*Curcuma longa* L.) via different routes: A comparative study. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 13(3), pp. 173–180.
- Salim, M.A., 2012. Pengaruh antraknosa (*Colletotrichum capsici* dan *Colletotrichum acutatum*) terhadap respons ketahanan delapan belas genotipe buah cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal ISTEK*, 6(1), pp. 182–187.
- Sari, A.R.K., Rahmah, F.A., Djauhari, S dan Trisnawati, N.W., 2019. Potensi minyak atsiri *Curcuma longa*, *C.zedoaria*, dan *C.aeruginosa* terhadap penekanan penyakit antraknosa pada cabai merah besar. *Buletin Informasi dan Teknologi Pertanian*, 17(3), pp. 146–154.
- Sarwono, E., Nurdin, M dan Prasetyo, J., 2013. Pengaruh kitosan dan *Trichoderma* spp. terhadap keparahan penyakit antraknosa (*Colletotrichum capsici* (Syd.) Butl et Bisby) pada buah cabai (*Capsicum annum* L.). *J. Agrotek Tropika*, 1(3), pp. 336–340.
- Sektiono, A.W., Kajariyah, S.N dan Djauhari, S., 2016. Uji antagonisme *Actinomycetes* rhizosfer dan endofit akar tanaman cabai (*Capsicum frutescens* L.) terhadap jamur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult et Bisby. *Jurnal Hama dan Penyakit*, 4(1), pp. 17–23.
- Shovan, L.R., Bhuiyan, M.K.A., Begum, J.A and Pervez, Z., 2008. In vitro control of *Colletotrichum dematium* causing anthracnose of soybean by fungicides, plant extracts and *Trichoderma harzianum*. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 3(3), pp. 10–17.

- Sopialena, S., Mirza, M.A and Soraya, R., 2020. Influence of biopesticides on growth (*Colletotrichum capsici* Sydow) causes antrachnosa in cayenne pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 2(2), pp. 105-110.
- Sudirga, S.K., 2016. Isolasi dan identifikasi jamur *Colletotrichum* spp. isolat pcs penyebab penyakit antrachnosa pada buah cabai besar (*Capsicum annuum* L.) di Bali. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 3(1), pp. 23–30.
- Sulistyaningtyas, A.R dan Supriyadi, A., 2017. Produksi miselium jamur Ling Zhi (*Ganoderma lucidum*) dalam medium air kelapa tua dan tauge extract broth dengan metode kultur terendam teragitasi. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 19(1), pp. 58–61.
- Wulansari, N.K., Prihatiningsih, N dan Djatmiko, H.A., 2017. Mekanisme lima isolat *Bacillus subtilis* terhadap *Colletotrichum capsici* dan *C. gloiosporioides* in vitro. *Jurnal Agrin*, 21(2), pp. 1410–1439.
- Yendi, T.P dan Prasetyo, J., 2015. Pengaruh ekstrak beberapa tanaman famili *Zingiberaceae* terhadap penyakit antrachnosa pada buah pisang. *J. Agrotek Tropika*, 3(2), pp. 231–235.
- Zorofchian, M., Abdul K.S., Hassandarvish, H., Tajik, P., Abubakar, H., Zandi and S., Keivan., 2014. A review on antibacterial, antiviral, and antifungal activity of curcumin. *BioMed Research International*, pp. 1–12.