

**IDENTIFIKASI DAN PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN
TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR PENYEBAB PENYAKIT
ANTRAKNOSA PADA BUAH PEPAYA CALINA (*Carica papaya* L.) DI
BANDAR LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

Ellisa

1714191005



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

ABSTRAK

IDENTIFIKASI DAN PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA BUAH PEPAYA CALINA (*Carica papaya* L.) DI BANDAR LAMPUNG

Oleh

ELLISA

Penelitian bertujuan untuk mengetahui identitas dan pengaruh kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan jamur penyebab penyakit antraknosa pada pepaya Calina. Penelitian dilaksanakan dari Februari sampai November 2021 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sebanyak empat isolat jamur yang diisolasi dari buah pepaya bergejala antraknosa digunakan dalam penelitian ini. Isolat jamur berasal dari pertanaman pepaya Calina di Bandar Lampung. Uji patogenisitas dilakukan pada buah pepaya sehat. Identifikasi dilakukan secara morfologi dengan mengamati koloni, hifa, dan konidia. Identifikasi secara molekuler menggunakan primer ITS1 dan ITS4. Uji pengaruh cahaya dilakukan dengan menginkubasi jamur pada kondisi intensitas cahaya tinggi dan rendah. Pengujian pH dilakukan dengan menginkubasi jamur pada media PSA dengan pH 4, 5, 6, 7, dan 8. Pengujian suhu dilakukan dengan menginkubasi jamur pada suhu 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, dan 35 °C. Hasil uji patogenisitas menunjukkan bahwa jamur bersifat patogenik. Hasil identifikasi secara morfologi menunjukkan bahwa penyebab penyakit antraknosa pepaya di Bandar Lampung adalah *Colletotrichum gloeosporioides*. Identifikasi secara molekuler terhadap satu isolat (isolat PE) didapat bahwa jamur merupakan *Colletotrichum liaoningense*. Hasil penelitian pengaruh kondisi lingkungan didapatkan bahwa 3 isolat tumbuh baik pada kondisi intensitas cahaya rendah dengan suhu ruang (29-30 °C) dan satu isolat tumbuh baik pada kondisi intensitas cahaya tinggi. Sebagian isolat jamur tumbuh baik pada pH 4 dan sebagian tumbuh baik pada pH 6. Suhu optimum untuk pertumbuhan seluruh isolat yaitu 25-30 °C.

Kata kunci: antraknosa, *C. gloeosporioides*, *C. liaoningense*, dan identifikasi.

**IDENTIFIKASI DAN PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN
TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR PENYEBAB PENYAKIT
ANTRAKNOSA PADA BUAH PEPAYA CALINA (*Carica papaya* L.) DI
BANDAR LAMPUNG**

Oleh

ELLISA

skripsi

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

Pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



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

Judul Skripsi

: IDENTIFIKASI DAN PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA BUAH PEPAYA CALINA (*Carica papaya* L.) DI BANDAR LAMPUNG

Nama Mahasiswa

: **Ellisa**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1714191005**

Jurusan

: **Proteksi Tanaman**

Fakultas

: **Pertanian**



Ir. Efri, M.S.
NIP 196009291987031002

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

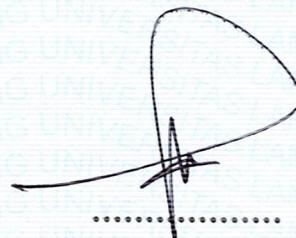
2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 198108152008122001

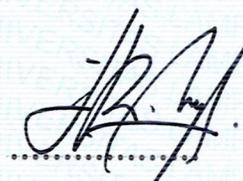
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

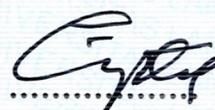
Ketua : Ir. Efri, M.S.



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



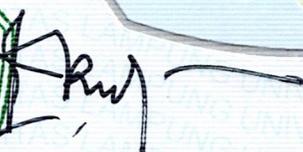
Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 April 2022

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“IDENTIFIKASI DAN PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA BUAH PEPAYA CALINA (*Carica papaya* L.) DI BANDAR LAMPUNG”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2022
Penulis



Ellisa
NPM 1714191005

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Sumberrejo, Kecamatan Kotagajah, Kabupaten Lampung Tengah pada tanggal 13 Juni 1999. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Eko Waluyo dan Ibu Yuliani. Penulis telah menyelesaikan pendidikan TK di TK Pertiwi tahun 2005, SD di SDN 1 Sumberrejo tahun 2011, SMP di SMPN 2 Kotagajah tahun 2014, SMA di SMAN 1 Kotagajah tahun 2017, dan pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung dengan Program studi Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karya Murni Jaya, Kecamatan Banjar Baru, Kabupaten Tulang Bawang pada periode I tahun 2020 dan Praktik Umum (PU) di PP GAPSEREA Sejahtera Mandiri, Seputih Raman pada tahun 2020. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi asisten responsi mata kuliah Fisiologi Tumbuhan dan Mikologi Tumbuhan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang seminar dan diskusi tahun 2017/2018 dan sekretaris umum tahun 2019/2020.

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi dan Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Pertumbuhan Jamur Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Pepaya Calina (*Carica papaya* L.) di Bandar Lampung”**

Dengan penuh rasa syukur karya ini ku persembahkan sebagai ungkapan terima kasihku untuk:

1. Untuk Bapak dan Ibuku tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan motivasi tak terhingga untuk penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan, terimakasih karena telah menjadi tujuan akhir segala perjalanan.
2. Untuk adikku, yang senantiasa memberikan warna hari-hariku dengan banyaknya emosi yang diberikan setiap hari. Terima kasih telah menjadi penghibur bagi penulis.
3. Teman-teman seperjuangan Proteksi Tanaman 2017, adik-adik angkatan 2018, 2019, 2020, dan 2021, serta Almamaterku tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi dan Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Pertumbuhan Jamur Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Pepaya Calina (*Carica papaya* L.) di Bandar Lampung”**. Adapun tujuan penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penulisan ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang membimbing dan mendoakan. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam penulisan skripsi, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Universitas Lampung.
3. Ir. Efri, M.S., selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, nasihat, saran, serta masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran, nasihat, masukan serta perhatian selama penulis menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan motivasi, semangat, nasihat, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Kedua orang tua, Bapak Eko Waluyo dan Ibu Yuliani yang telah memberikan kasih sayang, dukungan secara moril maupun materiil, semangat, dan

perhatian sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan menyelesaikan skripsi dengan baik.

7. Adikku tercinta, Ridho Dwi Andika, yang telah memberikan semangat dan menjadikan hari-hariku penuh warna.
8. Rekan seperjuangan, Bella, Ima, Lusi, dan Syifa yang telah setia menemani, memberikan dukungan dan motivasi selama penulis menyelesaikan pendidikan.
9. Rekan-rekan biotek, momi, mbak tari dan seluruh anggota Biotek 17 atas bantuan dan kebersamaan selama ini.
10. Teman-teman seperjuangan Proteksi Tanaman 2017 atas kerjasama dan persahabatan selama ini.
11. Teman-teman berhati baik yang ikhlas membantu penulis melengkapi kekurangan dalam proses pembuatan skripsi ini. Terima kasih telah menyempatkan waktu untuk membantu.
12. Teman spesial, yang telah menemani dari awal hingga menjelang hasil. Terima kasih telah menyempatkan waktunya, walaupun tidak sampai akhir. Semoga bertemu kembali dengan versi diri yang lebih baik ☺.

Bandar Lampung, April 2022

Ellisa

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Kerangka Pemikiran	2
1.4 Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Pepaya Calina	4
2.1.1 Akar tanaman pepaya.....	5
2.1.2 Batang tanaman pepaya	5
2.1.3 Daun tanaman pepaya	6
2.1.4 Buah pepaya.....	6
2.1.5 Bunga pepaya.....	6
2.1.6 Biji pepaya	7
2.2 Penyakit Antraknosa.....	8
2.2.1 Gejala antraknosa.....	8
2.3 Penyebab Penyakit Antraknosa	9
2.3.1 Morfologi dan klasifikasi genus <i>Colletotrichum</i>	9
2.3.2 Morfologi dan klasifikasi <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	11
2.3.3 Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan patogen antraknosa.....	12
2.3.4 Pengaruh pH terhadap pertumbuhan patogen antraknosa	13
2.3.5 Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan patogen antraknosa	13
2.4 Identifikasi Jamur	14
2.4.1 Identifikasi morfologi	15
2.4.2 Identifikasi molekuler	15

III. BAHAN DAN METODE	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Pelaksanaan Penelitian	18
3.3.1 Pembuatan media <i>Potato Succrose Agar</i> (PSA).....	18
3.3.2 Isolasi dan peremajaan patogen antraknosa.....	18
3.3.3 Uji patogenisitas	19
3.3.4 Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan jamur	19
3.3.5 Pengaruh pH terhadap pertumbuhan jamur	19
3.3.6 Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan jamur	19
3.3.7 Diameter koloni jamur	20
3.3.8 Identifikasi morfologi	20
3.3.9 Identifikasi molekuler	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil.....	23
4.1.1 Uji patogenisitas	23
4.1.2 Identifikasi morfologi <i>Colletotrichum</i> sp.	23
4.1.3 Identifikasi molekuler <i>Colletotrichum</i> sp.	26
4.1.4 Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan <i>Colletotrichum</i> sp.....	27
4.1.5 Pengaruh pH media terhadap pertumbuhan <i>Colletotrichum</i> sp.	30
4.1.6 Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan isolat <i>Colletotrichum</i> sp. ...	32
4.2 Pembahasan	34
V. SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Gejala antraknosa pada buah pepaya sehat setelah inokulasi.	23
Gambar 2. Koloni jamur penyebab penyakit antraknosa pepaya.....	24
Gambar 3. Koloni jamur penyebab penyakit antraknosa pepaya.....	24
Gambar 4. Hifa dan konidia jamur penyebab penyakit antraknosa pepaya.....	25
Gambar 5. Hifa dan konidia jamur penyebab penyakit antraknosa pepaya.....	25
Gambar 6. Konidia jamur penyebab antraknosa pepaya.....	26
Gambar 7. Amplifikasi DNA isolat PE dan IK.....	26
Gambar 8. Pohon filogenetik isolat PE menggunakan metode UPGMA	27
Gambar 9. Diagram laju pertumbuhan isolat <i>Colletotrichum</i> sp.	28
Gambar 10. Koloni isolat PE pada perlakuan cahaya.. ..	28
Gambar 11. Koloni isolat IK pada perlakuan cahaya.. ..	29
Gambar 12. Koloni isolat WK pada perlakuan cahaya.. ..	29
Gambar 13. Koloni isolat WG pada perlakuan cahaya.	29
Gambar 14. Diagram laju pertumbuhan isolat <i>Colletotrichum</i> sp.	30
Gambar 15. Koloni isolat PE pada perlakuan pH	31
Gambar 16. Koloni isolat IK pada Perlakuan pH	31
Gambar 17. Koloni isolat WK pada perlakuan pH	31
Gambar 18. Koloni isolat WG pada perlakuan pH.	32
Gambar 19. Diagram laju pertumbuhan isolat <i>Colletotrichum</i> sp.	32
Gambar 20. Koloni isolat PE pada perlakuan suhu	33
Gambar 21. Koloni isolat IK pada perlakuan suhu	33
Gambar 22. Koloni isolat WK pada perlakuan suhu	34
Gambar 23. Koloni isolat WG pada perlakuan suhu	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pepaya (*Carica papaya*) merupakan tanaman buah asal Amerika Selatan yang telah menyebar ke seluruh dunia, salah satunya Indonesia. Tanaman pepaya dapat berbuah sepanjang tahun sehingga ketersediaannya di pasar tidak pernah putus (Kaleka, 2020). Budidaya pepaya menjadi prospek besar dan potensial. Selain karena dikenal dengan buah sehat dan mudah ditemukan, kelebihan lainnya yaitu rasa dan tekstur yang umum digemari masyarakat (Gunawan, 2018).

Salah satu jenis tanaman pepaya di Indonesia yaitu kultivar pepaya IPB 9 atau pepaya Calina, yang populer dengan sebutan pepaya California. Pepaya Calina atau California Indonesia merupakan pepaya lokal hasil inovasi pemuliaan oleh Pusat Kajian Buah-buahan Tropika IPB. Produktivitas pepaya Calina termasuk tinggi yaitu 70 kg/pohon (Kaleka, 2020). Bandar Lampung menjadi salah satu sentra produksi pepaya di Provinsi Lampung. Pada tahun 2015, luas lahan pertanaman pepaya yaitu 4,74 ha yang tersebar di berbagai kecamatan diantaranya Teluk Betung, Tanjung Karang, dan Kemiling (BPS, 2017).

Serangan penyebab penyakit tanaman menjadi salah satu faktor utama penurunan hasil dan kualitas pepaya. Salah satu penyakit utama pada tanaman pepaya yaitu antraknosa yang disebabkan oleh patogen *Colletotrichum* (Santoso, 2017).

Rangkuti dkk. (2017) melaporkan bahwa patogen antraknosa menyerang hampir seluruh bagian tanaman pepaya, yaitu batang, tangkai, dan buah pepaya. Buah pepaya hijau juga dapat terserang, terutama kultivar pepaya dengan tipe ukuran medium (1–2 kg). Di Indonesia, penyakit antraknosa merupakan penyebab utama kehilangan hasil pascapanen pada buah pepaya California. Keterjadian penyakit ini dapat mencapai 70% (Hamdayanty dkk., 2012). Di Meksiko, kerugian akibat

antraknosa mencapai lebih dari 50% (Torres-Calzada *et al.*, 2012). Di Brazil, negara yang menduduki peringkat kedua produsen pepaya pada tahun 2017, kehilangan hasil akibat antraknosa dapat mencapai sekitar 90% (Vieria *et al.*, 2020). Menurut Ademe *et al.* (2013), secara umum kerugian pascapanen akibat antraknosa di negara berkembang berkisar 40-100% pada pepaya.

Penyakit antraknosa pada pepaya disebabkan oleh jamur *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc atau *Glomerella cingulata* pada stadium sempurnanya (Hafsah dkk., 2007). Namun, penelitian yang dilakukan Rangkuti dkk. (2017) menjadi laporan pertama di Indonesia bahwa ditemukannya spesies *Colletotrichum truncatum* yang hanya terdapat pada buah pepaya di lapangan.

Pengetahuan dasar mengenai identifikasi spesies *Colletotrichum* penyebab antraknosa akan berguna dalam penyusunan strategi pengendalian penyakit pada pepaya (Rangkuti dkk., 2017). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi spesies *Colletotrichum* yang menyebabkan penyakit antraknosa pada buah pepaya di Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui identitas isolat-isolat jamur penyebab penyakit antraknosa pada buah pepaya Calina;
2. Mengetahui pengaruh kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan isolat-isolat jamur penyebab penyakit antraknosa pada buah pepaya Calina.

1.3 Kerangka Pemikiran

Penyakit antraknosa merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman pepaya, baik saat di lapangan maupun pada saat penyimpanan. Menurut Alberida dkk. (2014), infeksi jamur *Colletotrichum* bersifat laten yang berarti jamur menginfeksi buah pada saat masih di pertanaman tetapi tidak langsung berkembang pada saat

itu, namun berkembang pada waktu buah menjelang masak dalam penyimpanan dan pengangkutan. Sampai sebelum tahun 2017 hanya *C. gloeosporioides* yang dilaporkan sebagai penyebab antraknosa pada pepaya di Indonesia (Rangkuti dkk., 2017).

Pada 2017 Rangkuti dkk. untuk pertama kalinya melaporkan bahwa penyebab antraknosa pada buah pepaya di Indonesia, tepatnya di daerah Bogor yaitu *C. gloeosporioides* dan *C. truncatum*. Selain di Indonesia, terdapat beberapa negara yang melaporkan bahwa terdapat spesies *Colletotrichum* lain yang menyerang buah pepaya. Torres-Calzada *et al.* (2012) mengonfirmasi bahwa *C. gloeosporioides* dan *C. capsici* (sin. *C. truncatum*) merupakan patogen penyebab antraknosa pada buah pepaya di Meksiko. Maharaj and Rampersad (2011) juga menyebutkan bahwa *C. gloeosporioides* dan *C. truncatum* adalah penyebab penyakit antraknosa pada buah pepaya di Meksiko, Florida, Jepang, dan Thailand.

Di Lampung, jamur *C. gloeosporioides* masih disebut sebagai penyebab antraknosa pada buah pepaya (Awaludin dkk., 2020). Menurut Freeman *et al.* (1998), identifikasi merupakan poin penting untuk memahami epidemi penyakit dalam rangka mengembangkan strategi pengendalian yang efektif. Selain identifikasi, karakterisasi terhadap patogen yang tepat juga penting dilakukan untuk mengetahui karakternya terhadap respon dari pengaruh suhu, pH, dan cahaya.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, hipotesis yang diajukan yaitu :

1. Terdapat lebih dari satu spesies jamur penyebab penyakit antraknosa pada buah pepaya calina.
2. Kondisi lingkungan mempengaruhi pertumbuhan isolat-isolat jamur penyebab penyakit antraknosa pada buah pepaya calina.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pepaya Calina

Pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan tanaman asli Amerika tropis yang berasal dari persilangan alami *Carica peltata* Hook. & Arn. Tanaman ini tersebar di seluruh wilayah tropis dan subtropis. Di Indonesia tanaman ini dapat ditemui hampir di seluruh daerah baik dataran rendah maupun dataran tinggi (Febjislami dkk., 2018).

Klasifikasi tanaman pepaya menurut Malo (2017) yaitu :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Classis : Magnoliopsida (Berkeping dua/dikotil)
Ordo : Brassicales
Family : Caricaceae
Genus : *Carica*
Spesies : *Carica papaya* L.

Pepaya tergolong dalam famili Caraceae dan termasuk dalam tanaman buah berupa herba. Pepaya california merupakan salah satu varietas buah pepaya hasil pemuliaan yang dilakukan oleh Pusat Kajian Buah Tropika (PKBT)-IPB yang disebut dengan IPB 9 (Usmayani *et al.*, 2015). Pepaya ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan kaya akan gizi. Pepaya Calina merupakan pepaya dengan varietas unggul, benih yang bermutu, dan varietas pepaya yang bisa meningkatkan hasil produksi (Rahmawati, 2015). Perawakan tanaman rendah, serta daya simpan buah

lama, mencapai lebih dari seminggu (Santoso, 2017). Ciri khas dari pepaya ini yaitu terdapat kuncir yang menjulang pendek di atas daun pada sebagian ujung daunnya. Pepaya ini juga merupakan tanaman yang bersari bebas, beradaptasi secara luas di dataran rendah dan tinggi, dan dapat dipanen pada umur 7-8 bulan setelah tanam (Kaleka, 2020).

Bentuk penampang batang tanaman pepaya yaitu bulat dengan diameter 9-10 cm dan berwarna coklat keabuan. Bentuk daun menjari dengan panjang 48-52 cm dan lebar 55-57 cm serta berwarna hijau. Buahnya berbentuk silindris berwarna hijau lumut dan daging buah berwarna jingga. Buah pepaya California ini memiliki panjang 23-24 cm dengan diameter 9,2-9,5 cm dan bobot perbuah yaitu 1,2-1,3 kg (Malo, 2017).

2.1.1 Akar tanaman pepaya

Akar pada tanaman pepaya merupakan akar dengan sistem akar tunggang, yang menjadi ciri khas tanaman pepaya ini yaitu akar lembaga terus tumbuh bercabang-cabang menjadi akar-akar yang lebih kecil. Akar pepaya berbentuk bulat berwarna putih kekuningan (Santoso, 2017). Akar tunggang dapat menembus tanah hingga kedalaman 2 m pada tanah yang subur dan gembur sehingga mampu menopang pertumbuhan. Sebagian besar akar bertanggung jawab dalam penyerapan unsur hara dalam tanah hingga permukaan tanah pada lapisan 500 mm dengan konsentrasi terbesar pada lapisan di atas 250 mm (Kaleka, 2020).

2.1.2 Batang tanaman pepaya

Batang pada tanaman pepaya mempunyai rongga dan berbentuk silinder dengan diameter 30-40 cm, semi berkayu, bergabus dan kulit berwarna abu-abu. Pada permukaan batang terdapat bekas-bekas tangkai daun. Batang tumbuh tegak lurus keatas dan umumnya tidak bercabang. Cabang biasanya muncul saat terdapat luka pada batang. Batang pepaya mengandung getah putih di seluruh permukaan batangnya, getah akan keluar atau menetes saat batang dilukai (Kaleka, 2020).

2.1.3 Daun tanaman pepaya

Daun pepaya merupakan daun tunggal, ukurannya besar dan bercangap, serta mempunyai bagian-bagian daun lengkap. Daun pepaya mempunyai bangun bulat, ujung meruncing, tangkai daun panjang dan berongga. Susunan tulang daun menjari, daun muda terbentuk di bagian tengah tanaman. daun pepaya berkumpul di pucuk batang. Getah pada daun pepaya berwarna putih dan mengandung enzim papain yaitu enzim pemecah protein. Enzim papain dapat digunakan dalam bidang pangan, kesehatan, kosmetik, tekstil, dan penyamak (Kaleka, 2020).

2.1.4 Buah pepaya

Buah pepaya tergolong sebagai buah sejati tunggal yang berarti buah terdiri dari bunga dengan satu bakal buah saja. Warna buah muda yaitu hijau gelap dan menjadi merah saat masak. Buah pepaya berdaging, berbentuk bulat telur hingga lonjong dengan bagian bawah yang meruncing, dan kulit buah tipis dan halus. Ketebalan daging buah berkisar 1,5-4 cm dengan rongga tengah memiliki lima siku (Kaleka, 2020). Buah pepaya termasuk dalam buah buni (*bacca*), yaitu buah yang memiliki daging dengan dua lapisan. Lapisan luar merupakan bagian yang tipis agak kaku seperti kulit dan lapisan dalam yang tebal, lunak dan berair. Bagian dalam ini adalah bagian yang dapat dimakan (Santoso, 2017).

2.1.5 Bunga pepaya

Bunga pada tanaman pepaya muncul pada bagian pangkal daun atau ketiak daun. Tepi bunga bertaju lima, bersimetri banyak, dan warna bunga putih kekuningan. Pepaya termasuk golongan tumbuhan poligam karena terdapat 3 tipe bunga pada satu tumbuhan (Santoso, 2017). Tipe pembungaan tergantung pada jenis kelamin pohon pepaya. Tiga jenis kelamin bunga yaitu bunga jantan (*staminate*), bunga betina (*fistilate*), dan bunga sempurna (*hermaprodit*) (Kaleka, 2020).

Bunga jantan dihasilkan oleh pepaya jantan dan hanya memiliki benang sari (unisexual). Rangkaian malai bunga-bunga jantan memiliki panjang 25-100 cm.

Kelopaknya seperti cawan, berukuran kecil dan bergerigi lima. Mahkota berbentuk terompet dengan panjang 2,5 cm dengan lima cuping melebar dan berwarna kuning muda. Bunga memiliki 10 benang sari yang terdapat pada dua seri atau lingkaran yang terhubung dengan cuping mahkota. Bunga jantan umumnya tidak menghasilkan buah, namun terkadang menghasilkan buah dengan ukuran kecil dan menggantung (Kaleka, 2020).

Bunga betina dihasilkan oleh pohon pepaya betina. Mempunyai putik namun tidak mempunyai benang sari. Umumnya muncul sendiri atau beberapa kuntum berada pada satu payung menggarpu. Panjang bunga betina sekitar 3,5 – 5 cm. Kelopak berbentuk cawan, berwarna hijau muda dengan panjang 3 – 4 mm dan memiliki lima gigi yang sempit. Tersusun dari lima daun mahkota yang hampir lepas, daun mahkota berbentuk lanset, melilit, berdaging dan berwarna kuning. Bakal buah berbentuk bulat atau bulat telur dengan tepi yang rata. Memiliki panjang 2-3 cm, memiliki rongga pusat dan banyak bakal biji. Kepala putik sebanyak lima dan berbentuk kipas. Bunga akan menjadi buah bila diserbuki bunga jantan tanaman pepaya lainnya (Kaleka, 2020).

Bunga sempurna dihasilkan oleh pohon pepaya hermaprodit. Bunga terdiri dari 4 bagian yaitu kelopak, mahkota, benang sari, dan putik. Benang sari terdiri dari tangkai dan benang sari. Pada ujung tangkai sari, di dalamnya terdapat serbuk sari yang merupakan sel kelamin jantan untuk penyerbukan. Benang sari berjumlah 10 yang memiliki kepala sari berisi serbuk sari. Putik mengandung sel telur, tersusun dari daun buah atau karpelum. Putik terdiri dari tiga bagian yaitu bakal buah, tangkai kepala putik, dan kepala putik. Bakal buah umumnya besar dan berada pada dasar bunga (Kaleka, 2020).

2.1.6 Biji pepaya

Biji di dalam buah pepaya berbentuk bulat dengan diameter 5 mm. Pada buah muda, biji berwarna putih dan berubah menjadi warna hitam atau kelabu saat sudah masak dengan jumlah yang banyak. Pada buah yang matang, biji dilapisi sarkotesta (selaput lendir yang membungkus biji yang masih segar) dan bergelatin. Biji dari buah matang tersebut merupakan biji fertil yang digunakan

untuk perkembangbiakan tanaman. Terdapat pula biji yang bersifat abortus yang tidak akan tumbuh saat ditanam karena tidak memiliki embrio dan mati sejak buah masih muda. Biji abortus berwarna putih saat buah sudah masak (Kaleka, 2020).

2.2 Penyakit Antraknosa

Antraknosa merupakan penyakit penting di seluruh dunia. Selain pepaya, patogen ini mampu menginfeksi pisang, mangga, alpukat, dan bermacam buah-buah tropis lainnya. Patogen antraknosa dapat menyerang beberapa bagian tanaman pepaya, namun serangan pada buah dapat terjadi sangat parah (Maeda and Nelson, 2014). Antraknosa merupakan penyakit tanaman yang ditandai adanya luka cekungan dengan spora berwarna hitam dan disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. (Andreas, 2017). Gejala biasanya terlihat sebagai lesi cekung melingkar yang berbeda pada buah muda hingga matang. Namun, jamur juga dapat menyebabkan lesi pada batang, bercak daun, defoliasi, dan peredaman bibit (Rampersad, 2011). Penyakit antraknosa sedikit ditemui pada musim kemarau, di lahan dengan drainasi yang baik dan gulma terkendali dengan baik. Namun, jamur *Colletotrichum* sp. mampu bertahan pada sisa-sisa tanaman yang terinfeksi dan konidiumnya akan tersebar melalui angin (Semangun, 2007).

2.2.1 Gejala antraknosa

Gejala awal berupa jaringan mati yang terlihat sebagai bercak kebasahan, kemudian jaringan yang mati tersebut melekuh dan selanjutnya meluas menjadi bercak konsentrik berwarna abu-abu atau kehitaman dengan titik-titik berwarna orange pada permukaan buah. Pada satu buah pepaya bisa terjadi beberapa bercak yang dapat menyatu (Susetyo, 2010).

Pada batang, bagian yang banyak terserang adalah bagian dekat pucuk. Gejala awal mirip dengan gejala yang terjadi pada buah, yaitu kematian jaringan yang cekung yang awalnya berupa kebasahan, kemudian berkembang menjadi berwarna abu-abu atau kehitaman dengan bintik-bintik berwarna oranye pada

permukaan. Serangan patogen antraknosa yang berat dapat menimbulkan gejala mati pucuk (*die back*) (Susetyo, 2010).

Gejala pada daun berupa bercak kecoklatan, terdapat titik-titik oranye pada daun yang terserang sehingga mengakibatkan daun pepaya menjadi gugur. Serangan patogen antraknosa pada daun pepaya tidak terlalu signifikan berperan besar dalam kehilangan hasil tetapi lebih berperan dalam penyebaran patogen. Pada pembibitan tanaman pepaya, apabila cuaca di pertanaman pepaya mendukung perkembangan penyakit rebah kecambah (*damping – off*), pada umumnya menimbulkan gejala laten (tanaman tidak sakit) (Susetyo, 2010).

C.capsici merupakan salah satu penyebab busuk matang atau *ripe root*. Adanya variasi gejala yang tampak ditimbulkan yaitu ada yang busuk hanya sebagian buah, baik dipangkal buah, tengah buah maupun ujung buah bahkan ada yang keseluruhan buahnya menjadi busuk sehingga kelihatan kering (Semangun 2007). Gejala yang ditimbulkan oleh *C. capsici* sangat bervariasi. Mulai dari gejala yang kecil kemudian membesar. Pada batang dan tangkai daun yang terserang akan mengalami nekrosis sehingga menyebabkan layu dan mati (*Centre for Agricultural Bioscience International*, 2007). Pada serangan jamur *C. capsici* mula-mula membentuk bercak coklat kehitaman lalu meluas menjadi busuk lunak. Pada bagian tengah bercak terdapat kumpulan titik-titik hitam yang terdiri dari kelompok seta dan konidia jamur, serangan lanjut mengakibatkan buah mengkerut, kering, dan busuk (Pratiwi dkk., 2016).

2.3 Penyebab Penyakit Antraknosa

2.3.1 Morfologi dan klasifikasi genus *Colletotrichum*

Jamur *Colletotrichum* spp. merupakan jamur parasit fakultatif dari Ordo Melanconiales dengan ciri-ciri konidia (spora) tersusun dalam aservulus (struktur aseksual pada jamur parasit). Ciri-ciri umum jamur dari Genus *Colletotrichum* yaitu memiliki hifa bersekat dan bercabang serta menghasilkan konidia yang transparan dan memanjang dengan ujung membulat atau meruncing panjangnya antara 10-16 μm dan lebarnya 5-7 μm dengan massa konidia berwarna hitam.

Jamur dari Genus *Colletotrichum* termasuk dalam kelas Deuteromycetes yang merupakan fase anamorfik (bentuk aseksual), dan pada saat jamur tersebut dalam fase telemorfik (bentuk seksual) masuk dalam kelas Ascomycetes yang dikenal dengan jamur dalam Genus *Glomerella* (Sudirga, 2016).

Klasifikasi ilmiah jamur *Colletotrichum* sp. menurut Ferdiansyah (2019) yaitu :

Kingdom : Fungi
Divisi : Ascomycota
Kelas : Ascomycetes
Ordo : Melanconiales
Famili : Melanconiaceae
Genus : *Colletotrichum*
Spesies : *Colletotrichum* sp.

Jamur *Colletotrichum* memiliki apresorium yang berbentuk lonjong, yang berfungsi untuk membantu proses penetrasi hifa menuju ke dalam jaringan tumbuhan terinfeksi. Kemudian jamur memproduksi beberapa enzim yaitu Protease, Selulase dan Pektinase. Enzim tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada struktur dinding sel tumbuhan (Utami, 2018). Genus *Colletotrichum* menyebabkan beberapa jenis penyakit seperti layu daun, antraknosa, busuk merah tebu, dan penyakit busuk pada buah stroberi, pisang, kopi serta bercak coklat kacang tunggak (Ferdiansyah, 2019).

Jamur *Colletotrichum* sp. dapat menginfeksi tanaman pepaya pada tahap awal konidia yang terdapat dipermukaan tanaman. Kemudian menghasilkan tabung kecambah dan terjadi penetrasi pada lapisan epidermis kulit buah yang kemudian akan membentuk jaringan hifa. Hifa intra dan hifa interselluler tersebut masuk dan menyebar keseluruh jaringan tanaman, penyebaran spora jamur *Colletotrichum* sp. dapat melalui banyak faktor, salah satunya faktor abiotik seperti air hujan, sehingga ketika spora tersebut berada pada inang yang cocok maka spora tersebut akan berkembang dengan baik (Ferdiansyah, 2019).

2.3.2 Morfologi dan klasifikasi *Colletotrichum gloeosporioides*

Patogen antraknosa yang umum dijumpai menyerang tanaman pepaya di Indonesia adalah jamur *Colletotrichum gloeosporioides*. Jamur *Colletotrichum gloeosporioides* mempunyai bentuk spora silindris, ujung spora tumpul, ukuran spora 16,1 x 5,6 μm dengan kecepatan tumbuh 12,5 mm per hari. *C. gloeosporioides* dan warna koloni abu-abu (Sudirga, 2016).

Klasifikasi jamur *Colletotrichum gloeosporioides* menurut Prasetyo dkk. (2018) yaitu :

Kingdom : Fungi
 Divisio : Mycota
 Sub Divisio : Deuteromycota
 Kelas : Deuteromycetes
 Ordo : Melanconiales
 Famili : Melanconiaceae
 Genus : *Colletotrichum*
 Spesies : *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.

Jamur *Colletotrichum gloeosporioides* memiliki miselium dengan jumlah agak banyak, hifa bersepta tipis, mula berwarna bening, putih dan kemudian menjadi warna gelap. Jamur ini mempunyai konidiofor yang pendek, tidak bercabang, dan tidak bersepta dengan ukuran 7-8 x 3-4 μm . Umumnya memiliki konidia hialin bersel satu dengan ukuran 9-25 x 3-6 μm , tidak bersekat, jorong memanjang, dan terbentuk pada ujung konidiofor yang sederhana (Prasetyo dkk., 2018).

Sekat terbentuk pada saat konidium berkecambah dan pembuluh kecambah membentuk apresorium sebelum menginfeksi tanaman. Diantara konidiofor akan terdapat rambut-rambut (seta) yang kaku berwarna coklat gelap. Konidia memiliki berat yang ringan, mudah tersebar, terbawa serangga dan terbawa angin hingga ratusan kilometer sehingga penyebarannya dapat terjadi dalam waktu singkat (Prasetyo dkk., 2018).

Selain *Colletotrichum gloeosporioides*, dilaporkan terdapat beberapa spesies *Colletotrichum* menyerang buah pepaya Calina di berbagai negara yaitu *C. capsici* (Torres-Calzada *et al.*, 2012) dan *C. truncatum* (Maharaj and Rampersad, 2011). Menurut Pratiwi dkk. (2016), *C. capsici* memiliki *konidioma acervuli* bulat atau memanjang berdiameter $\pm 350 \mu\text{m}$. Aservulus tersebar banyak di bawah kutikula atau permukaan, memiliki garis tengah hingga $10 \mu\text{m}$ berwarna hitam dengan banyak seta. Seta berwarna coklat gelap, dasar yang lebar dan bersekat kaku meruncing dengan panjang $\pm 250 \mu\text{m}$ dan lebar $\pm 6 \mu\text{m}$. Konidia hialin, berbentuk sabit, bersekat, dan uninukleat terbentuk dari hialin uniselular berwarna coklat gelap. Dalam jaringan tanaman terserang atau dalam medium biakan, jamur ini akan banyak membentuk sklerotium.

Pada PDA, koloni *C. capsici* awalnya berwarna putih kemudian berubah abu-abu. Areal miselium yang terang menjadi keabu-abuan gelap pada seluruh permukaan koloni. Terkadang akan membentuk zonasi diurnal padat dengan konidioma yang terang dan membentuk seta berwarna gelap pada areal tipis. Koloni *C. capsici* memiliki reverse berwarna gelap (Pratiwi dkk., 2016).

2.3.3 Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan patogen antraknosa

Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap perkembangan patogen antraknosa. Suhu berperan sangat penting dalam pertumbuhan jamur karena suhu mempengaruhi hampir keseluruhan dari fungsi jamur. Suhu yang tepat mampu mendukung pertumbuhan dan sporulasi jamur (Kumara and Rawal, 2008).

Sajili *et al.* (2017), mengatakan bahwa jamur mengalami pertumbuhan yang sangat baik yaitu pada suhu 20-29 °C. Jamur *C. gloeosporioides* menunjukkan pertumbuhan radial yang sangat baik pada suhu 25 °C. namun, jamur *C. gloeosporioides* mampu tumbuh pada kisaran suhu 20-30 °C. Secara *in vitro* pertumbuhan jamur secara maksimal terjadi pada suhu optimalnya yaitu kisaran 25-35 °C. Kumara and Rawal (2008) mengatakan bahwa pada media cair, pertumbuhan jamur terjadi secara maksimal pada suhu 28 °C. Sedangkan pada

suhu 15 °C pertumbuhan miselium jamur sangat sedikit dan tidak ada spora yang diproduksi jamur. Perpanjangan sporulasi yang tinggi terjadi pada suhu 28 °C.

2.3.4 Pengaruh pH terhadap pertumbuhan patogen antraknosa

Konsentrasi ion hidrogen merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan jamur. Laju dan jumlah pertumbuhan dipengaruhi oleh pH media tumbuh. Selain itu, pH juga mempengaruhi proses kehidupan lain dari jamur. Kebanyakan jamur lebih mampu bertahan pada kondisi asam daripada basa. Jamur *C. gloeosporioides* tumbuh baik pada media pH 5-7. Pertumbuhan pada pH 4 dan pH 8 akan mengalami penurunan. Proses sporulasi terbaik terjadi pada pH 6 dan pH 7 (Kumara and Rawal, 2008). Sajili *et al.* (2017) mengatakan bahwa, media dengan pH spesifik yang mendukung pertumbuhan belum tentu mendukung proses sporulasi. Media yang mendukung sporulasi pada kebanyakan jamur yaitu media dengan kisaran pH 5-6. Jamur *C. gloeosporioides* tumbuh lebih baik pada kisaran pH 6-7. Jamur *C. gloeosporioides* juga lebih mentolerir asam daripada alkali, karena sarana pertumbuhan radial jamur pada pH 4.

2.3.5 Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan patogen antraknosa

Pertumbuhan jamur juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya sebagai faktor eksternal. Pada kondisi lapang, intensitas cahaya mempengaruhi lesi pada pepaya yang terserang patogen antraknosa. Lesi akan menjadi lebih besar saat berada pada intensitas cahaya yang rendah dibandingkan saat berada pada intensitas cahaya yang tinggi (Schall *et al.*, 1980). Menurut Yu *et al.* (2013), cahaya digunakan sebagai sumber energi dasar bagi seluruh makhluk hidup di bumi. Pada kingdom jamur cahaya mempengaruhi banyak metabolit dan fisiologi beberapa jamur. Cahaya digunakan untuk regulasi pertumbuhan, arah pertumbuhan (fototropisme), reproduksi, dan produksi pigmen. Yu *et al.* (2013), melaporkan bahwa cahaya merupakan pengatur penting melanin yang erat kaitannya dengan patogenisitas jamur, sehingga cahaya pun berpengaruh signifikan terhadap tingkat keparahan penyakit. Selain itu, cahaya juga secara umum berpengaruh

terhadap sporulasi dan pigmentasi yang mampu melindungi jamur dari gelombang cahaya yang berbahaya seperti sinar ultraviolet. Yu *et al.* (2013) menunjukkan bahwa, panjang gelombang cahaya menyebabkan pigmentasi berbeda terhadap *C. acutatum*. Pigmentasi yang lebih tinggi berada pada pengamatan dibawah cahaya putih dan biru, sedangkan pigmentasi paling sedikit diamati pada miselia yang diinkubasi dalam keadaan gelap.

Menurut Hayati dkk. (2014) di lapangan, penyakit antraknosa berkembang pada daerah dengan intensitas naungan 75%. Pemicu berkembangnya penyakit antraknosa yaitu suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang rendah mendekati kelembaban jenuh. Penyebab suhu permukaan tanah diluar naungan lebih tinggi daripada suhu didalam naungan karena intensitas radiasi matahari pada siang hari relatif lebih besar mengenai tanaman secara langsung, sehingga kandungan air berkurang sebagai akibat evaporasi menyebabkan uap semakin kecil sehingga kelembapan udara semakin kecil.

Namun, perlakuan tanpa naungan juga dapat merangsang perkembangan penyakit antraknosa. Penyakit antraknosa dapat meningkat apabila tanaman tidak memiliki naungan yang baik. Pada kondisi tanpa naungan, daur hidup penyakit semakin pendek sehingga perkembangan penyakit juga akan semakin baik. Sehingga, untuk mencegah perkembangan penyakit antraknosa maka harus memastikan segala faktor seperti pH, suhu dan kelembaban (Hayati dkk., 2014).

Persebaran patogen penyebab antraknosa sangat bergantung pada kelembaban yang akibat curah hujan. Dengan demikian penyakit antraknosa mencapai tingkat keterjadian dan keparahan tertinggi di daerah dengan kelembaban relatif, curah hujan tinggi dan suhu udara hangat yang kondusif untuk perkembangan jamur. Persebaran spora yang dihasilkan aservuli tersebar melalui percikan air, tetesan hujan, dan angin yang bertiup (Maeda and Nelson, 2014).

2.4 Identifikasi Jamur

Identifikasi merupakan tindakan membandingkan isolat yang belum diketahui jenis dan spesiesnya dengan taksa yang sudah ada untuk menetapkan identitasnya.

Identifikasi jamur patogen penyebab penyakit antraknosa dapat dilakukan secara morfologi dan molekuler. Identifikasi secara morfologi merupakan identifikasi konvensional yang dapat dilakukan dengan mengamati berdasarkan karakter morfologi, fisiologi, dan biokimia. Setelah itu dibandingkan dengan kunci identifikasi pada monograf (Rukmana, 2015). Sedangkan identifikasi secara molekuler merupakan cara identifikasi yang lebih modern, dimana identifikasi tersebut menggunakan DNA dari spesies yang akan diidentifikasi. Identifikasi molekuler dikembangkan untuk mengatasi kelemahan identifikasi konvensional (Fell *et al.*, 2000).

2.4.1 Identifikasi morfologi

Menurut Rukmana (2015), secara morfologi, karakter mikroskopis jamur yang penting adalah ada tidaknya spora seksual dan spora aseksual, ukuran dari spora, tipe *conidiogenous cell*, dan septa pada hifa. Tipe pertunasan dan keberadaan miselium palsu atau sejati. Karakter makroskopis yang koloni jamur meliputi warna koloni, tekstur koloni, keberadaan zonasi, *radial furrow*, dan *growing zone*. Selain itu penampakan makroskopis yang umumnya diamati adalah profil serta tepi koloni pada medium padat dan keberadaan endapan, pelikel, cincin, dan pulau-pulau pada medium cair.

Selain morfologi, identifikasi jamur secara konvensional juga dapat dilakukan dengan melakukan uji fisiologi dan biokimia. Uji fisiologi dan biokimia bertujuan untuk mengetahui kemampuan jamur dalam memfermentasi berbagai jenis gula, kemampuan mengasimilasi berbagai jenis karbon dan nitrogen, kebutuhan akan vitamin, pertumbuhan pada suhu tertentu, ketahanan terhadap antibiotik sikloheksimida, uji urease, dan uji diazonium *blue B* (Ciardo *et al.*, 2006).

2.4.2 Identifikasi molekuler

Karakter molekuler yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu organisme yaitu genom nuklear. Bagian dari genom nuklear yang sering digunakan untuk menyimpulkan suatu filogenetik adalah DNA ribosomal

(rDNA). rDNA merupakan daerah genom inti pengkode RNA ribosomal. Ribosomal DNA mengkode ribosom yang selanjutnya ribosom berperan dalam sintesis protein. Urutan nukleotida rDNA berisi dua daerah *non-coding* (ITS) dan gen rDNA (Rukmana, 2015). Daerah *Internal Transcribe Spacers* (ITS) merupakan daerah sekuens DNA yang tidak menyandikan protein fungsional dan berada di daerah rRNA. Daerah ini digunakan sebagai penanda genetika karena memiliki variasi sekuens yang cukup tinggi bahkan dalam spesies yang sama. Berdasarkan hal tersebut, ITS banyak digunakan untuk analisis filogenetik, proses evolusi, dan penentuan identitas taksonomi (Purnamasari dkk., 2012).

Salah satu teknik yang digunakan pada identifikasi molekuler yaitu PCR (*Polymerase Chain Reaction*). PCR merupakan suatu teknik sintesis dan amplifikasi DNA secara *in vitro*. Teknik PCR dapat digunakan untuk mengamplifikasi segmen DNA dalam jumlah jutaan kali hanya dalam beberapa jam. PCR adalah suatu teknik yang melibatkan beberapa tahap yang berulang (siklus) dan pada setiap siklus terjadi duplikasi jumlah target DNA untai ganda. Proses PCR melibatkan beberapa tahap yaitu pra-denaturasi DNA templat, denaturasi DNA templat, penempelan primer pada templat (*annealing*), pemanjangan primer (*extension*) dan pemantapan (*postextension*). Tahap denaturasi sampai pemanjangan primer merupakan tahapan berulang (siklus), di mana pada setiap siklus terjadi duplikasi DNA (Handoyo dan Rudiretna, 2001).

Identifikasi konvensional memiliki kelemahan baik identifikasi secara morfologi, fisiologi, maupun biokimia. Pengerjaan identifikasi konvensional membutuhkan waktu lama dan dapat menimbulkan kesalahan identifikasi terutama pada spesies yang berkerabat sangat dekat (Geiser, 2004). Sehingga dikembangkanlah identifikasi molekuler untuk menutupi kelemahan tersebut. Identifikasi molekuler memiliki kelebihan yaitu mudah dilakukan, cepat, dan akurat (Fell *et al.*, 2000). Dengan tujuan mempersingkat waktu pengerjaan dan biaya yang diperlukan untuk identifikasi gen pada suatu organisme, selalu dilakukan perbaikan dan pengembangan yang cepat terhadap metode, teknologi dan alat yang digunakan dalam analisa biologi. Hal itu berdampak pada hasil analisa penelitian biologi molekuler di tingkat laboratorium yang lebih efektif dan efisien, kemajuan dan peningkatan jumlah data yang telah diidentifikasi peneliti juga meningkat.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, universitas Lampung. Penelitian berlangsung pada bulan Februari 2021- November 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, autoklaf, mikroskop, *laminar air flow*, erlenmeyer, bunsen, jarum ose, pinset, bor gabus, kertas label, alat tulis, *microwave*, plastik *wrapping*, *rotary mixer*, mikropipet 0-1000 μ l, tip 0-1000 μ l, *pcr tube* 100 μ l, tabung *ependorf* 1,5 ml, mesin PCR, alat elektroforesis, *UV transilluminator*, *aluminium foil*, *water bath*, oven, inkubator, lemari pendingin, alat pengukur suhu, plastik tahan panas, gelas ukur, timbangan elektrik, dan alat dokumentasi.

Bahan yang digunakan yaitu buah pepaya Calina (*Carica papaya* L.) bergejala antraknosa, media PSA, akuades, alkohol 70%, tisu, *buffer*, ekstraksi DNA, NaOH, Tris HCL, *isopropanol*, *chloroform*, *isoamylalcohol*, *phenol*, *loading dye*, marker DNA, buffer TE, EDTA, akuades steril.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Pembuatan media *Potato Succrose Agar* (PSA)

Media PSA terdiri dari kentang, agar, gula pasir, dan akuades. Kentang dikupas dan ditimbang sebanyak 100 g lalu dipotong dadu ukuran 1x1 cm. Selanjutnya kentang dicuci dan dimasukkan ke dalam gelas beker lalu direbus dalam 500 mL akuades sampai mendidih. Ekstrak kentang dituang ke *erlenmeyer* yang sudah ditambahkan 10 g agar dan 10 g gula pasir, kemudian ditambahkan akuades hingga volume menjadi 500 ml. Selanjutnya *erlenmeyer* ditutup menggunakan aluminium foil dan dimasukkan ke plastik tahan panas. Setelah itu, media disterilkan menggunakan autoklaf dengan tekanan 1 atm dan suhu 121 °C selama 15 menit. Media yang telah diautoklaf tersebut ditambahkan asam laktat 0,7 mL saat masih hangat, kemudian media dituang ke cawan petri secara steril dalam LAF.

3.3.2 Isolasi dan peremajaan patogen antraknosa

Patogen antraknosa diisolasi dari buah pepaya sakit. Isolasi jamur dilakukan dengan cara memotong bagian buah bergejala, kemudian direndam dalam larutan akuades 1 menit, kemudian NaOCl 2% selama 2 menit dan dibilas dengan akuades lagi selama 1 menit. Setelah itu dikeringkan di atas tisu kering. Selanjutnya potongan-potongan buah tersebut diletakkan di atas media PSA dalam cawan petri, kemudian diinkubasi pada suhu kamar. Jamur yang tumbuh dimurnikan dan diidentifikasi secara morfologi dan molekuler (Putro dkk., 2014). Peremajaan dilakukan dengan memindahkan kultur jamur koleksi rekan penelitian dan koleksi dosen pembimbing pada media baru. Masing-masing isolat dipotong dengan bor gabus, kemudian diletakkan pada cawan petri yang telah berisi media PSA. Setelah itu diinkubasi pada suhu ruang (28 °C) selama 7 hari. Hasil peremajaan selanjutnya diidentifikasi dan digunakan dalam pengujian.

3.3.3 Uji patogenisitas

Jamur yang telah diisolasi kemudian diuji patogenisitasnya untuk memastikan bahwa jamur yang telah didapatkan merupakan jamur penyebab penyakit antraknosa pepaya. Uji patogenisitas dilakukan pada buah pepaya sehat. Buah dilukai dengan jarum steril, kemudian isolat jamur yang telah dipotong dengan bor gabus ditempelkan diatas luka tersebut. Hasil inokulasi harus menunjukkan gejala yang sama dengan buah pepaya bergejala antraknosa yang telah diisolasi.

3.3.4 Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan jamur

Koloni jamur dipotong dengan bor gabus ukuran 0,5 cm pada bagian tepi kultur jamur berusia 7 hari yang aktif tumbuh. Koloni jamur tersebut diletakkan pada pusat cawan petri berisi media PSA dan diinkubasi pada suhu yang berbeda yaitu 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C dan 35 °C masing-masing 3 ulangan.

3.3.5 Pengaruh pH terhadap pertumbuhan jamur

Media PSA yang digunakan, ditambahkan larutan HCl dan NaOH. Penggunaan larutan HCl dan NaOH disesuaikan dengan kebutuhan hingga terbentuk media dengan pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, dan pH 8. Kemudian media disterilkan menggunakan autoklaf dan dituang dalam cawan petri. Koloni jamur ukuran 0,5 cm yang diambil dari tepi kultur berumur 7 hari dipindahkan ke cawan dan diletakkan pada tengah cawan. Kemudian isolat jamur diinkubasi pada suhu ruang (28°C) dengan 3 ulangan untuk masing-masing pH.

3.3.6 Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan jamur

Koloni jamur berukuran 0,5 cm dari kultur berusia 7 hari dipindahkan dalam cawan petri dan diinkubasi pada ruangan dengan intensitas cahaya rendah (gelap) dan ruangan dengan intensitas cahaya tinggi (terang). Masing-masing perlakuan

cahaya diulang sebanyak 3 kali untuk mengetahui pertumbuhan yang baik terjadi pada ruang dengan intensitas cahaya tinggi atau intensitas cahaya rendah.

Respon pertumbuhan jamur terhadap pengaruh suhu, pH, dan cahaya diamati setiap hari selama satu minggu. Pengukuran diameter koloni dilakukan setiap hari dalam sentimeter menggunakan penggaris. Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan jamur dilakukan dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan, pengaruh pH terhadap pertumbuhan jamur dilakukan dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan, dan untuk pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan jamur dilakukan dengan 2 perlakuan dan 3 ulangan. Masing-masing perlakuan tersebut disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan analisis data dilakukan secara deskriptif.

3.3.7 Diameter koloni jamur

Data yang telah diperoleh pada pengukuran diameter jamur, kemudian dihitung diameter rata-rata nya dan dibandingkan. Perhitungan diameter koloni jamur dilakukan dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan : D = Diameter koloni isolat *Colletotrichum* sp. (cm)

D1, D2, D3, dan D4 = diameter koloni yang diukur dari 4 arah berbeda.

3.3.8 Identifikasi morfologi

Identifikasi morfologi jamur patogen dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis meliputi bentuk, warna permukaan dan warna bawah koloni jamur yang sudah dibiakkan di cawan berisi media PSA. Selain itu, dilakukan juga pengamatan terhadap kecepatan tumbuh dan pengaruh suhu, pH, dan cahaya terhadap pertumbuhan jamur. Pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan mengamati hifa, pembentukan seta, dan bentuk konidium. Hasil pengamatan dicocokkan dengan pustaka acuan Rangkuti dkk. (2017), Diao *et al.* (2017), Torres-Calzada *et al.* (2012), Molina-Chaves *et al.* (2017), Li *et al.* (2019) dan Weir *et al.* (2012).

3.3.9 Identifikasi molekuler

Tahap awal PCR yaitu ekstraksi DNA. Jamur umur 2-3 minggu dipanen dengan menambahkan 10 mL air steril pada cawan biakan, kemudian suspensi konidia dimasukkan ke tabung sentrifuse lalu disentrifuse kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 500 μ L alkohol 70%. Pelet yang didapat disentrifuse dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, setelah itu supernatan dibuang dan pelet ditambahkan 1000 μ L buffer ekstraksi DNA, lalu dihomogenkan dengan rotamixer kemudian dimasukkan dalam mortar yang sebelumnya telah didinginkan. Setelah itu pelet diinkubasi dalam kulkas selama 1-2 hari.

Pelet dalam mortar ditumbuk selama 15 menit. Setelah itu, dimasukkan dalam tube 1,5 mL sebanyak 0,5 mL, ditambahkan 400 μ L CTAB 2% dan di *waterbath* pada suhu 65 °C selama 1 jam. 500 μ L *phenol, chloroform, isoamyl alcohol* (PCI) ditambahkan, kemudian di sentrifuse kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Setelah itu, larutan atas diambil 600 μ L lalu dipindahkan ke dalam tabung mikrosentrifuse yang baru lalu ditambahkan 600 μ L *chloroform, isoamyl alcohol* (CI), disentrifuse dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Diambil larutan atas sebanyak 400 μ L dan dipindahkan ke tabung mikrosentrifuse baru, ditambahkan isopropanol dingin dengan volume yang sama, dikocok agar tercampur. Larutan tersebut diinkubasi pada suhu -20 °C selama 20 menit, disentrifuse dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit untuk mendapatkan pelet dan supernatan dibuang. Pelet ditambahkan 500 μ L alkohol 70%, disentrifuse dengan kecepatan 14.000 rpm selama 5 menit. Kemudian supernatan dibuang dan pelet yang didapat dikering anginkan selama 1-2 hari.

Pelet ditambahkan 20 μ L larutan buffer TE. DNA genom dijalankan dengan elektroforesis *gel agarose* untuk mengecek ada tidaknya genom, *agarose* yang digunakan sebesar 0,5% yang sudah ditambah 1 μ L *ethidium bromide* (ETBr 10 mg/mL). Elektroforesis dilakukan pada 55 V selama 60 menit. Marker DNA yang digunakan adalah marker 1 kb *Ladder* sebanyak 3 μ L, DNA setiap sumur diberikan sebanyak 3 μ L dicampur *loading dye* sebanyak 1 μ L sebagai pemberat.

Kemudian divisualisasikan hasilnya dengan UV-transiluminator (DigiBox, Kanada).

Proses amplifikasi DNA dilakukan menggunakan primer universal yaitu forward primer ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') dan reverse primer ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (Rangkuti dkk., 2017). Reaksi amplifikasi DNA dengan volume total 25 μ L terdiri atas 12,5 μ L *Master Mix MyTaq™ Red Mix*, primer forward dan reverse masing-masing 1 μ L, DNA template 1 μ L dan aquades steril 9,5 μ L. Tahap pertama amplifikasi DNA yaitu pradenaturasi suhu 94 °C selama 1 menit, diikuti 30 siklus amplifikasi yang masing-masing siklus terdiri atas pemisahan utas DNA pada suhu 94 °C selama 1 menit, penempelan primer pada suhu 48 °C selama 1 menit, sintesis DNA pada suhu 72 °C selama 1 menit dan penyambungan DNA pada suhu 72 °C selama 7 menit. Produk hasil amplifikasi dianalisis kembali menggunakan gel agarosa 0,5%, lalu elektroforesis dilakukan pada 55V selama 60 menit, kemudian hasilnya divisualisasi dengan sinar UV.

Hasil amplifikasi dikirim ke PT. Genetika Science Indonesia untuk peruntan nukleotida. Hasil peruntan dialignment dengan perangkat lunak Bioedit *sequence alignment editor versi 7.1.3*. Runutan nukleotida yang diperoleh dianalisis menggunakan program *basic local alignment search tool (BLAST)* dengan program optimasi untuk memperoleh urutan basa DNA yang memiliki homologi dengan sikuen DNA yang terdapat dalam situs *national center for biotechnology information (NCBI)* (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Hubungan kekerabatan isolat dikonstruksi menggunakan perangkat lunak *molecular evolutionery genetic analysis versi 6.06 (MEGA6)* dengan *bootstrap* 1000 kali ulangan.

3.4.0 Penyajian data

Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk gambar, deskripsi, dan grafik. Data hasil uji identifikasi molekuler disajikan dalam bentuk dendogram similarity. Deskripsi data dicocokkan dengan pustaka acuan hasil penelitian lain untuk memperkuat analisa dalam menentukan kesimpulan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyebab penyakit antraknosa pada buah pepaya calina di Bandar Lampung secara morfologi yaitu *Colletotrichum gloeosporioides*, namun secara molekuler isolat PE yaitu *Colletotrichum liaoningense*.
2. Isolat PE dan IK tumbuh lebih baik pada kondisi gelap, media dengan pH 4, dan suhu 30 °C. Isolat WK tumbuh baik pada cahaya terang, media pH 6, dan suhu 30 °C. Isolat WG tumbuh baik pada kondisi gelap, media pH 6, dan suhu 25°C.

5.2 Saran

Perlu dilakukan identifikasi molekuler untuk jamur *Colletotrichum* menggunakan primer lain atau menggabungkan berbagai macam primer dan melakukan uji lebih lanjut terhadap penemuan *C. liaoningense* yang menyerang buah pepaya calina di Bandar Lampung. Besar kemungkinan bahwa 3 isolat dalam penelitian ini yaitu IK, WK, dan WG secara molekuler bukan *Colletotrichum gloeosporioides*.

Pengamatan pertumbuhan terhadap perlakuan cahaya, pH dan suhu sebaiknya dilakukan pada hari terakhir inkubasi, untuk menghindari kesalahan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur patogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademe, A. Ayalew, A. and Woldetsadik, K. 2013. Evaluation of antifungal activity of plant extracts against papaya anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Journal Plant Pathology and Microbiology*. 4(10): 1-4.
- Akhtar, N., Chandra, R., and Mazhar, Z. 2018. Influence of media, temperature and pH on growth of *Colletotrichum capsici* (Syd.) causing anthracnose disease of chilli. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(4): 3280-3284.
- Alberida, H., Eliza, dan Lova, R.N. 2014. Pengaruh minyak atsiri terhadap pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. penyebab penyakit antraknosa buah pepaya (*Carica papaya* L.) secara in vitro. *Jurnal Saintek*. 6(1): 57-64.
- Andreas, B. 2017. Uji Efektivitas Ekstrak Tumbuhan Urang Aring (*Eclipta alba* (L.) Hassk.) terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ansari, A., Khanzada, M.A., Rajput, M.A., Maitlo, S., Rajput, A.Q., and Ujjan, A. 2018. Effect of different abiotic factors on the growth and sporulation of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose of mango. *Plant Protection*. 2(1): 23-30.
- Awaludin, M.A., Efri, dan Sudiono. 2020. Pengaruh ekstrak daun pepaya terhadap penyakit antraknosa pada buah pepaya. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(8): 409-421.
- Bella, S. 2021. Pengaruh Tingkat Konsentrasi dan Kematangan Daun Mangga terhadap Pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* Penyebab Penyakit Antraknosa Buah Pepaya. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Kota Bandar Lampung. <https://st2013.bps.go.id/dev2/index.php/site?id=18&wilayah=lampung>. Diakses pada tanggal 13 Desember 2021.
- Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2017. CABI Agriculture and Bioscience. <https://www.cabi.org>. Diakses pada tanggal 3 Oktober 2020.

- Canessa, P., Schumacher, J., Hevia, M. A., Tudzynski, P., and Larrondo, L.F. 2013. Assessing the effect of light on differentiation and virulence of the plant pathogen *Botrytis cinerea*: characterization of the white collar complex. *Plos One*. 8(12): 1-17.
- Ciardo, D.E., Schar, G., Bottger, E.C., Altwegg, M., and Bosshard, P.P. 2006. Internal Transcribed Spacer Sequencing versus biochemical profiling for identification of medically important yeasts. *Journal of Clinical Microbiology*. 44(1): 77-84.
- Damm, U., Sato, T., Alizadeh, A., Groenewald, J.Z., and Crous, P.W. 2019. The *Colletotrichum dracaenophilum*, *C. magnum*, and *C. orchidearum* Species Complexes. *Studies in Mycology*. 92: 1-46.
- Diao, Y.Z., Zhang, C., Liu, F., Wang, W.Z., Liu, L., Cai, L., and Liu X.L. 2017. *Colletotrichum* species causing anthracnose disease of chili in China. *Persoonia*. 38: 20-37.
- Febjislami, S., Suketi, K., dan Yuniarti, R. 2018. Karakterisasi morfologi bunga, buah, dan kualitas buah tiga genotipe pepaya hibrida. *Buletin Agrohorti*. 6(1): 112-119.
- Ferdiansyah, M. 2019. Analisa Antifungal Ekstrak Etanol Biji Alpukat terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* sp. pada Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*). *Skripsi*. Universitas Medan Area. Medan.
- Fell, J.W., Boekhout, T., Fonseca, A., Scorzetti, G., and Tallman, A.S. 2000. Biodiversity and systematics of basidiomycetous yeasts as determined by large-subunit rDNA D1/D2 Domain Sequence Analysis. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 50(1): 1351-1371.
- Freeman, S., Katan, T., and Shabi, E. 1998. Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of various fruits. *Plant Disease*. 82(6): 596-605.
- Fuller, K.K., Ringelberg, C.S., Loros, J.J., and Dunlap, J.C. 2013. The fungal pathogen *Aspergillus fumigatus* regulates growth, metabolism, and stress resistance in response to light. *mBio*. 4(2): 1-11.
- Geiser, D.M. 2004. A higher level phylogenetic classification of the fungi. *Mycological research*. 111(1): 509-547.
- Gunawan, W. 2018. *Menghasilkan Pepaya California Berkualitas*. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Hafsah, S., Sastrosumarjo, S., Sujiprihati, S., Sobir, dan Hidayat, S.H. 2007. Daya gabung dan heterosis ketahanan pepaya (*Carica papaya* L) terhadap penyakit antraknosa. *Buletin Agronomi*. 35(3): 197-204.

- Hamdayanty, Yunita, R. Amin, N.N. dan Damayanti, T.A. 2012. Pemanfaatan kitosan untuk mengendalikan antraknosa pada pepaya (*Colletotrichum gloeosporioides*) dan meningkatkan daya simpan buah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(4): 97-102.
- Handoyo, D. dan Rudiretna, A. 2001. Prinsip umum dan pelaksanaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR). *Unitas*. 9(1): 17-29.
- Hayati, H., Basri, H., dan Husni. 2014. Pengaruh jenis mulsa dan intensitas naungan terhadap perkembangan penyakit antraknosa dan hasil cabai. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*. 3(1): 489-495.
- Idnurm, A. and Heitman, J. 2005. Light controls growth and development via a conserved pathway in the fungal kingdom. *PLoS Biology*. 4(3): 615-626.
- Jayawardena, R.S., Bhunjun, C.S., Hyde, K.D., Gentekaki, E., and Itthayakorn, P. 2021. *Colletotrichum*: lifestyles, biology, morpho-species, species complexes and accepted species. *Mycosphere*. 12(1): 519-669.
- Jin, Q. and Kirk, M.F. 2018. pH as a primary control in environmental microbiology: 1. thermodynamic perspective. *Frontiers in Environmental Science*. 6(21): 1-15.
- Kaleka, N. 2020. *Budidaya Varietas Pepaya Komersial*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Kumara, K.L.W. and Rawal, R.D. 2008. Influence of carbon, nitrogen, temperature, and pH on the growth and sporulation of some indian isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease of papaya (*Carica papaya* L). *Tropical Agricultural Research and Extension*. 11(1): 8-12.
- Li, Q., Bu, J., Shu, J., Yu, Z., Tang, L., Huang, S., Guo, T., Mo, J., Luo, S., Solangi, G. S., and Hsiang, T. 2019. *Colletotrichum* species associated with mango in Southern China. *Scientific Reports*. 9: 18891.
- Liu, Y., An, F., Zhang, Y., Fu, C., and Su, Y. 2021. First report of anthracnose on jerusalem cherry caused by *Colletotrichum liaoningense* in Shandong, China. *Plant Disease*. 105(8): 2248.
- Lu, Q., Wang, Y., Li, N., Ni, D., Yang, Y., and Wang, X. 2018. Differences in the characteristics and pathogenicity of *Colletotrichum camelliae* and *C. fructicola* isolated from the tea plant [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Frontiers in Microbiology*. 9: 1-14.
- Maeda, C. and Nelson, S. 2014. Anthracnose of Papaya in Hawai'i. *University of Hawai'i*. Manoa.

- Maharaj, A. and Rampersad, S.N. 2011. Genetic differentiation of *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. truncatum* associated with anthracnose disease of papaya (*Carica papaya* L.) and bell pepper (*Capsium annuum* L.) based on ITS PCR-RFLP fingerprinting. *Molecular Biotechnology*. 50(3): 237-249.
- Malo, O.O.I. 2017. Pengaruh Perbandingan Sari Buah Pepaya California (*Carica papaya* L.) dan Pisang Ambon Lumut (*Musa acuminata-cola*) terhadap Cita Rasa, Kadar Etanol dan Metanol, Wine Palisangbon (Pepaya California dan Pisang Ambon). *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Molina-Chaves, A., Gomez-Alpizar, L., and Umana-Rojas. 2017. Identificación de especies del género *Colletotrichum* asociadas a la antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 41(1): 69-80.
- Noireung, P., Phoulivong, S., Liu, F., Cai, L., Mckenzie, E.H.C., Chukaetirote, E., Jones, E.B.G., Bahkali, A.H., and Hyde, K.D. 2012. Novel species of *Colletotrichum* revealed by morphology and molecular analysis. *Cryptogamie, Mycologie*. 33(3): 347-362.
- Prasetiyo, H., Purwati, dan Arsensi, I. 2018. Pemanfaatan jamur *Trichoderma* sp. sebagai antagonis patogen busuk sulur tanaman buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) secara in vitro. *Jurnal Agrifarm*. 7(1): 19-27.
- Pratiwi, N.W., Juliantari, E., dan Napsiyah, L.K. 2016. Identifikasi jamur penyebab penyakit pascapanen pada beberapa komoditas buah. *Jurnal Riau Biologia*. 1(14): 86-94.
- Purnamasari, M.I., Prihatna, C., Gunawan, A.W., dan Suwanto, A. 2012. Isolasi dan identifikasi secara molekuler *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan penyakit busuk pangkal batang di kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(1): 9-15.
- Purcshwitz, J., Muller, S., Kastner, C., and Fischer, R. 2006. Seeing the rainbow: light sensing in fungi. *Current Opinion in Microbiology*. 9: 566-571.
- Putro, N.S., Aini, L.Q., dan Abadi, A.L. 2014. Pengujian konsorsium mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal HPT*. 2(4): 44-53.
- Rangkuti, E.E., Wiyono, S., dan Widodo. 2017. Identifikasi *Colletotrichum* spp. asal tanaman pepaya. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(5): 175-183.
- Rahmawati, L.A. 2015. *Analisis Usahatani Pepaya Varietas California (Carica papaya L.)*. *Skripsi*. Universitas Bojonegoro. Bojonegoro.
- Rampersad, S.N. 2011. Molecular and phenotypic characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease of papaya in Trinidad. *Plant Disease* . 95(10): 1244-1254.

- Rukmana, S. 2015. Perbandingan sekuen kapang *Trichoderma* sp. berdasarkan *Internal Transcribed Spacer* (ITS) rDNA dengan menggunakan database NCBI. *Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Malang.
- Sajili, M.H., Wahida, W.N., Badaluddin, N.A., Khandaker, M., Mohammed, S., and Kadir, J. 2017. Influence of culture media, temperature and pH on *Colletotrichum gloeosporioides*, isolated from *Carica papaya* in Besut, Terengganu, Malaysia. *Jurnal Agrobiotech*. 8(2): 49-55.
- Santoso, H.B. 2017. *Sukses Budidaya Pepaya California di Pekarangan dan Perkebunan*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Schall, R.A., Nicholson, R.L., and Warren, H.L. 1980. Influence of light on maize anthracnose in the greenhouse. *Purdue Agricultural Experiment Station Journal*. 70(10): 1023-1026.
- Schumacher, J. 2017. How light affects the life of *Botrytis*. *Fungal Genetics and Biology*. 106: 26-41.
- Semangun, H. 2007. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Siregar, R.S.A. 2019. Inokulasi Silang dan Potensi Proteksi Silang Penyakit Antraknosa Mangga (*Mangifera indica* L.) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Skripsi*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Sudirga, S.K. 2016. Isolasi dan identifikasi jamur *colletotrichum* spp. isolat pcs penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai besar (*Capsicum annuum* L.) Di Bali. *Jurnal Metamorfosa* III. (1): 23-30.
- Susetyo, H.P. 2010. Penyakit Antraknosa Pada Pepaya. Direktorat Perlindungan Hortikultura. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura.
- Tasiwal, V. 2008. *Studies on Anthracnose-A Postharvest Disease of Papaya*. University of Agricultural Sciences, Dharwad. Dharwad.
- Torres-Calzada, C., Tussell, R.T., Ciapara, I.H., and Brito, D.P. 2012. Morphological, pathological and genetic diversity of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose in papaya (*Carica papaya* L). *European Journal of Plant Pathology*. 135: 67-79.
- Usmayani, S.N., Basuki, E., dan Yasa, I.W.S. 2015. Penggunaan kalium permanganat (KMnO₄) pada penyimpanan buah pepaya california (*Carica papaya* L.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 1(2): 48-55.
- Utami, A.W.A. 2018. *Isolasi Dan Identifikasi Cendawan Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) di Bogor*. Universitas Pakuan. Bogor.

- Vieria, W.A.D.S., Nunes, A.D.S., Veloso, J.S., Machado, A.R., Balbino, V.Q., Silva, A.C.D., Gomes, A.A.M., Doyle, V.P., and Câmara, M.P.S. 2020. *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose on papaya fruit (*Carica papaya*) in Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*. 15(2): 1-3.
- Weir, B.S., Johnston, P.R., and Damm, U. 2012. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies In Mycology*. 73: 115-180.
- Yu, S.M., Ramkumar, G., and Lee, Y.H. 2013. Light quality influences the virulence and physiological responses of *Colletotrichum acutatum* causing anthracnose in pepper plants. *Journal of Applied Microbiology*. 115(1): 509-516.
- Zhang, L.X., Lin, Y.F., Zhang, L., and Wang, X. 2021. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum liaoningense* on *Trichosanthes kirilowii* in China. *Plant Disease*. 106(2): 65.