IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS PATOGEN LUKA API PADA TEBU DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA DAN EKSTRAK TANAMAN

(Skripsi)

Oleh

UMMU KHAIRUN NISA
2014191011

FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ABSTRAK

IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS PATOGEN LUKA API PADA TEBU DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA DAN EKSTRAK TANAMAN

Oleh

UMMU KHAIRUN NISA

Penyakit luka api mulai ditemukan pada tanaman tebu di PT GMP, namun belum diketahui identitas serta sensitivitasnya terhadap beberapa bahan aktif fungisida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui identitas patogen luka api pada tebu di PT GMP dan mengetahui sensitivitasnya terhadap beberapa bahan aktif fungisida. Penelitian dilaksanakan dari Juli 2023 hingga Februari 2024 di Laboratorium *Disease* PT GMP, dan Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian terdiri atas identifikasi morfologi dan identifikasi molekuler patogen luka api tebu di PT GMP, serta uji sensitivitas patogen luka api terhadap fungisida berbahan aktif karbendazim, prochloraz, mankozeb, ekstrak puyangan dan ekstrak jamuan. Identifikasi morfologi menunjukkan patogen luka api memiliki hifa bersekat, sporidia berbentuk silindris dengan uksuran panjang 7,45 – 18,31 µm dan lebar 1,63 – 3,89 µm, memiliki teliospora yang berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dan memiliki ukuran 6,39 x 6,66 µm. Identifikasi molekuler menunjukkan isolat LA UKN yang berasal dari PT GMP berada dalam kelompok yang sama dengan *Sporisorium scitamineum* dengan nilai boostrap 93%. Hasil uji sensitivitas menunjukkan patogen luka api sensitif terhadap fungisida karbendazim, dan prochloraz. Namun, tidak sensitif terhadap mankozeb, ekstrak puyangan, serta ekstrak jamuan.

Kata kunci : Molekuler, Morfologi, *Smut*, *Sporisorium scitamineum*.

IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS PATOGEN LUKA API PADA TEBU DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA DAN EKSTRAK TANAMAN

Oleh

UMMU KHAIRUN NISA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

Judul Skripsi	: **IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS PATOGEN LUKA API PADA TEBU DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA DAN EKSTRAK TANAMAN**
Nama Mahasiswa	: Ummu Khairun Nisa
Nomor Pokok Mahasiswa	: **2014191011**
Program Studi	: **Proteksi Tanaman**
Fakultas	: **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Efri, M.S.
NIP 196009291987031002

Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P.
196012121986031009

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

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

Dipindai dengan CamScanner

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

   Sekretaris : **Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P.**

   Penguji
   Bukan Pembimbing : **Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP 19641118 198902 1002

Tanggal Lulus Ujian Skrispsi : **5 Juni 2024**

Dipindai dengan CamScanner

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **" IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS PATOGEN LUKA API PADA TEBU DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA DAN EKSTRAK TANAMAN"** 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 dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Juni 2024

Penulis,

Ummu Khairun Nisa

NPM 2014191011

Dipindai dengan CamScanner

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Desa Imopuro, Kecamatan Metro Pusat, Kota Metro, Provinsi Lampung pada tanggal 14 Desember 2002. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Muhammad Abduh dan Ibu Yusrizal NS. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Taman Kanak – Kanak di TK Pertiwi pada tahun 2007 – 2008, pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Gunung Tiga pada tahun 2008 – 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTsN 1 Lampung Timur pada tahun 2014 – 2017, Sekolah Menengah Atas (SMA) di MAN 1 Metro pada tahun 2017 – 2020, dan pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung dengan Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN).

Penulis telah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sri Menanti, Kecamatan Air Hitam, Kabupaten Lampung Barat pada periode I tahun 2023. Penulis juga telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Gunung Madu Plantations, Kecamatan Terusan Nyunyai, Kabupaten Lampung Tengah di tahun 2023. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Mikologi Tumbuhan, Statistika Dasar, Hama Gudang dan Urban, serta Budidaya Lebah. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi internal kampus Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang Seminar dan Diskusi 2021/2022 dan pada tahun 2022/2023.

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orangtuaku tercinta, Abah Muhammad Abduh dan Bunda Yusrizal NS yang senantiasa mendoakan dan mengiringi langkahku sampai saat ini dengan segala daya dan upaya, serta tiada hentinya memberikan nasihat, bimbingan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis,
2. Kedua adikku Aulisa Salsabila dan Abdullah Azzam, terimakasih atas segala doa, dan dukungannya selama ini kepada penulis,
3. Teman- teman seperjuangan Proteksi Tanaman angkatan 2020, serta Almamaterku tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.

“MAKA SESUNGGUHNYA BERSAMA KESULITAN ADA KEMUDAHAN. SESUNGGUHNYA BERSAMA KESULITAN ADA KEMUDAHAN” (QS. AL – INSYIRAH : 5 – 6)

“BOLEH JADI KAMU TIDAK MENYUKAI SESUATU, PADAHAL ITU BAIK BAGIMU. DAN BOLEH JADI KAMU MENYUKAI SESUATU, PADAHAL ITU TIDAK BAIK BAGIMU. ALLAH MAHA MENGETAHUI, SEDANG KAMU TIDAK MENGETAHUI” (QS. AL- BAQARAH : 216)

“IF YOU BELIEVE YOU CAN DO IT”

“KALAUPUN BAGIMU AKU TELAH KALAH JUGA, AKU TIDAK PEDULI. AKU BERLOMBA DENGAN DIRIKU SENDIRI” (Boy Candra)

“JANGAN SERING – SERING MENOLEH KE BELAKANG KALAU INGIN MELANGKAH MAJU, NANTI KAKINYA TERSANGKUT “ (Tere Liye)

“ALLAH TIDAK MEMBEBANI SESEORANG MELAINKAN SESUAI DENGAN KESANGGUPANNYA” (QS. AL – BAQARAH : 286)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat karunia dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS PATOGEN LUKA API PADA TEBU DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS TERHADAP BEBERAPA BAHAN AKTIF FUNGISIDA DAN EKSTRAK TANAMAN".** Tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu ucapan terimakasih penulis kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat , M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penulis untuk melakukan perkuliahan,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan penguji yang telah memberikan masukan, dan saran kepada penulis untuk penelitian dan penulisan skripsi,
3. Bapak Ir. Efri, M.S. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing, mengarahkan, memberi motivasi dan memberi semangat penulis untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,
4. Bapak Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing, mengarahkan, memberi motivasi dan memberi semangat penulis untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,
5. Bapak Prof. Dr. Ir. FX Susilo, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, memberi arahan, dari awal perkuliahan hingga melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,

6. Keluarga terutama kedua orang tua penulis, Abah Muhammad Abduh dan Bunda Yusrizal NS, kedua adikku Aulia Salsabila dan Abdullah Azzam, yang telah memberikan kasih sayang, dukungan fisik maupun materi, nasihat, semangat, dan doa tiada henti agar penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung dengan baik dan tepat waktu,
7. Sahabat karib dan terbaik penulis Aditya Ayu Prasyanti yang senantiasa mengingatkan agar tetap fokus terhadap tujuan awal dan yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah tentang segala hal yang ada,
8. Kawan seperjuangan penulis, Novelia Permatasari, Amalia Cahya Pertiwi, Afrianda Diniani, Nora Apriska Verdiana, Mila Syafa Gusriyan, Ismalia Nur Wijihana, dan Yopi Almuhayat yang senantiasa ringan tangan membantu sekaligus menjadi partner penulis dalam menyelesaikan penelitian,
9. Keluarga besar *Disease*, Ibu Wanti, Ibu Sayu, Bapak Wandi, Mas Iwan. Mba Vani, Pak Ilyas, Pak Firman, Pak Tony, dan Pak Santo, yang telah membantu dan membimbing penulis selama melakukan penelitian,
10. Keluarga LSTC, Pak Dede, Pak Rahman, Pak Ahmad, Pak Bambang, Pak Dardi, Pak Tua, dan semuanya yang tidak bisa penulis sebutkan satu – persatu. Terimakasih telah memberikan tempat istirahat yang nyaman dan makanan yang enak sebagai penunjang penulis dalam melaksanakan penelitian, dan
11. Teman – teman Jurusan Proteksi Tanaman, terkhusus Angkatan 2020.

Bandar Lampung, 12 Juni 2024

Ummu Khairun Nisa
NPM 2014191011

DAFTAR ISI

halaman

DAFTAR ISI xii

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR GAMBAR xv

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penelitian 3

1.3 Kerangka Pemikiran 4

1.4 Hipotesis 5

II. TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Tebu (*Saccharum officinarum* L.) 6

2.2 Penyakit Luka Api 7

2.3 Puyangan dan Jamuan 11

2.4 Sensitivitas dan Perkecambahan Patogen terhadap Fungisida 13

III. METODE PENELITIAN 16

3.1 Waktu dan Tempat 16

3.2 Alat dan Bahan 16

3.3 Pelaksanaan Penelitian 17

3.3.1 Pembuatan Media PDA (Potato Dextrose Agar) 17

3.3.2 Isolasi, Pemurnian, dan Postulat Koch 17

3.3.3 Identifikasi Morfologi dan Identifikasi Molekuler 18

3.3.4 Uji Sensitivitas Patogen Luka Api terhadap beberapa Bahan Aktif Fungisida 20

3.4 Analisis Data 23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 24
4.1 Hasil Penelitian 24
4.1.1 Gejala dan Tanda Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu 24
4.1.2 Hasil Isolasi Jamur Luka Api 24
4.1.3 Hasil Uji Postulat Koch 25
4.1.4. Identifikasi Morfologi Jamur Luka Api 26
4.1.5 Identifikasi Molekuler Jamur Luka Api 27
4.1.6 Uji Sensitivitas Patogen Luka Api Terhadap Beberapa Bahan Aktif Fungisida 28
4.2 Pembahasan 31
V. SIMPULAN DAN SARAN 37
5.1 Simpulan 37
5.2 Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 38

DAFTAR TABEL

Tabel halaman

1. Pengaruh fungisida sintesis dan ekstrak tanaman terhadap diameter koloni jamur luka api dan nilai tingkat hambatan relatif (THR) 28
2. Perkecambahan spora luka api terhadap beberapa bahan aktif fungisida 30

DAFTAR GAMBAR

Gambar halaman

1. Dinding sel spora jamur luka api yang berbentuk. A) *echinulate*; B) *verruchose-echinulate*; dan C) *punctuate* (Hidayah, 2020)..... 8
2. Perbedaan bentuk cambuk tebu yang terserang luka api. A) cambuk panjang; B) cambuk yang diperjelas; C) cambuk *twisted;* D) cambuk pendek; dan E) banyak cambuk (Sundar *et al*., 2012)..... 9
3. Proses infeksi jamur *S. scitamineum* pada tanaman tebu. A) teliospora *S. scitamineum*; B) jamur mulai menginfeksi tanaman tebu; C) teliospora berkecambah; D) pembentukan hifa infeksi; E) hifa menginfeksi jaringan meristem dan titik tumbuh tebu; dan F) pembentukan sorus (struktur yang mirip cambuk) (Hidayah, 2020). 10
4. Puyangan (*Zingiber zerumbet)*. A) daun; B) akar; dan C) bunga..... 12
5. Jamuan (*Curcuma zedoaria*). A) Ilustrasi; B) tangkai pembungaan dan rhizoma; dan C) rhizoma dengan umbi yang sesil (Silalahi, 2018)..... 13
6. Pengukuran rata - rata diameter koloni jamur. 22
7. Gejala tanaman tebu yang terserang patogen luka api. A) gejala awal serangan patogen luka api berupa seluruh daun tebu tegak dan tidak melengkung; B) cambuk luka api; dan C) spora luka api secara mikroskopis. 24
8. Koloni jamur penyebab penyakit luka api pada media PDA. A) tampak permukaan atas koloni; dan B) tampak permukaan bawah koloni. 25
9. Gejala penyakit luka api pada 7 hari setelah inokulasi pada pucuk tanaman tebu. 25
10. Spora patogen luka api. A) Spora luka api secara makroskopis; dan B) Spora luka api secara mikroskopis..... 26

11. Karakter morfologi isolat jamur luka api. A) koloni tampak atas; B) hifa dan sporidia; dan C) teliospora. 26

12. Kontruksi pohon filogenik hasil analisis sekuens *universal primer* ITS1 dan ITS4 isolat LA UKN dengan menggunakan metode *Neighbor Joining* 27

13. Perbandingan pertumbuhan diameter koloni jamur luka api. A) kontrol; B) puyangan (*Z. zerumbet*); C) jamuan (*C. zedoaria*); D) karbendazim; E) prochloraz-mangan-klorida-kompleks; dan F) mankozeb 29

14. Pengaruh pemberian beberapa bahan aktif fungisida dan ekstrak tanaman pada perkecambahan spora jamur patogen luka api. A) kontrol; B) puyangan (*Z. zerumbet*); C) jamuan (*C. zedoaria*); D) karbendazim; E) prochloraz-mangan-klorida-kompleks; dan F) mankozeb..... 31

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman tropis yang termasuk ke dalam keluarga Poaceae. Tebu merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tertinggi di dunia dan sangat berpotensi untuk dikembangkan di negara beriklim tropis seperti Indonesia. Tebu menyumbang sebesar 65% dalam produksi gula dunia. Selain menjadi bahan baku utama gula, tebu juga sering digunakan sebagai bahan industri farmasi, sumber bahan bakar (*biofuel*) dan produksi beberapa bahan kimia seperti furfural, dekstran, pakan ternak, selulosa dan alkohol (Halimah, 2018).

Indonesia merupakan salah satu negara di Asia yang menjadi tempat perkembangan gula dunia (Panglipur *et al*., 2013). Sentra produksi utama perkebunan tebu di Indonesia terdapat di lima provinsi, yaitu Jawa Timur, Lampung, Jawa Tengah, Sumatera Selatan dan Sulawesi Selatan. Provinsi Lampung, sebagai provinsi penghasil gula terbesar kedua pada tahun 2022 mampu memproduksi gula sebesar 801,82 ribu ton, dan berkontribusi sebesar 32,07% terhadap produksi gula Indonesia (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal, 2022). Perkebunan besar tebu yang terdapat di Lampung yaitu, PT Gunung Madu Plantations, PT Sugar Group Companies, PTPN 7 (PG Bunga Mayang), PT Bumi Waras, dan PT Pemuka Sakti Manis Indah.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) (2021), produksi gula nasional hanya 2,35 juta ton sedangkan konsumsi gula nasional mencapai 5,3 juta ton sehingga terdapat

kekurangan pasokan gula sebanyak 2,95 juta ton. Kekurangan pasokan gula tersebut dipenuhi dengan impor dari negara lain seperti Thailand. Pencapaian produktivitas tebu yang kurang optimal salah satunya disebabkan oleh serangan penyakit. Penyakit penting yang seringkali menyerang tanaman tebu adalah luka api (Muliasari dan Ranu, 2020).

Penyakit luka api merupakan salah satu penyakit penting pada tebu yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar. Kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit ini dapat secara kuantitatif maupun secara kualitatif. Secara kualitatif, dampak dari penyakit ini dapat menurunkan kualitas tebu yang dihasilkan, sedangkan secara kuantitatif dapat menurunkan produksi tebu secara signifikan. Tanaman tebu yang rentan dapat kehilangan hasil hingga lebih dari 60% (Hidayah, 2020). Direktorat Jenderal Perkebunan (2022), menyatakan bahwa kehilangan hasil bobot tebu yang disebabkan oleh penyakit luka api sebesar 73%.

Penyakit luka api disebabkan oleh jamur *Sporisorium scitamineum* sebelumnya disebut dengan *Ustilago scitamineum* (Diyasti *et al*.., 2021). Luka api yang disebabkan oleh *U. scitaminea* pertama kali dilaporkan menyerang tebu di Afrika Selatan pada tahun 1877. Pada Juli 1998 luka api pertama kali ditemukan di Australia tepatnya di Ord River Irrigation Area (ORIA) Australia Barat. Sumber infeksi ini diperkirakan berasal dari spora yang terbawa angin dari Indonesia. Lal *et al.* (2009), menyatakan bahwa luka api di India disebabkan oleh *S. scitamineum*. Luka api menjadi penyakit penting di Indonesia sejak tahun 1994. Penyebaran penyakit ini sebagian besar terjadi di pulau Jawa, Sumbawa, dan Sulawesi (Diyasti *et al.*., 2021).

Luka api (*U. scitaminea* Syd.) pertama kali ditemukan di Indonesia di Pulau jawa pada tahun 1881, namun pada saat itu penyakit luka api bukan penyakit penting. Setelah menghilang selama kurang lebih setengah abad, insidensi luka api kembali tercatat pada tahun 1979 di bagian utara Jawa Tengah. Beberapa tahun kemudian, tingkat infeksi melebihi 40% dari area yang terserang luka api. Selama 15 tahun

setelah meledaknya penyakit luka api pada tahun 1979, luka api secara luas menyebar ke semua perkebunan tebu yang ada di Indonesia kecuali Sulawesi Utara. Kemudian pada tahun 1990-an penyakit luka api ditetapkan sebagai penyakit penting yang menyerang tanaman tebu di Indonesia (Putra dan Damayanti, 2012). Penyakit luka api juga mulai ditemukan di PT Gunung Madu Plantations. Namun, belum diketahui secara pasti identitas dari patogen luka api yang ada di PT Gunung Madu Plantations.

Sampai saat ini, upaya pengendalian penyakit luka api hanya dilakukan dengan menanam varietas tahan. Pengendalian lain yang juga efektif adalah penggunaan fungisida. Fungisida berbahan aktif Tridimefon (0,5 g/L) sangat direkomendasikan untuk pengendalian penyakit luka api endemik yang berada di Indonesia. Sementara itu, di India fungisida yang umum digunakan adalah fungisida yang berbahan aktif Propiconazole dan Triadimefon. Penyakit luka api di Australia dikendalikan dengan fungisida berbahan aktif Azoxystrobin (250 g/L), Cyproconazole (100 g/L), Propiconazole (250 g/L), Difenoconazole (250 g/L), Metalaxyl-M (25 g/Kg) dan Triadimefon (125 g/L) (Kristini *et al*., 2022). Namun belum banyak informasi terkait dengan penggunaan fungisida berbahan aktif Mankozeb, Karbendazim, Prochloraz-mangan-klorida-kompleks, Ekstrak Puyangan dan Ekstrak Jamuan dalam mengendalikan penyakit luka api. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengamatan untuk mengetahui identitas patogen luka api yang ada di PT Gunung Madu Plantations, dan mengetahui sensitivitas patogen luka api terhadap aplikasi beberapa bahan aktif fungisida seperti Mankozeb, Karbendazim, Prochloraz-mangan-klorida-kompleks, dan ekstrak tanaman seperti Puyangan/Lempuyang (*Zingiber zerumbet*) serta Jamuan/Temu Putih (*Curcuma zedoaria*).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui identitas patogen luka api pada tebu yang ada di PT Gunung Madu Plantations, dan
2. Mengetahui sensitivitas patogen luka api terhadap beberapa bahan aktif fungisida.

1.3 Kerangka Pemikiran

Luka api merupakan salah satu penyakit penting yang menyerang tanaman tebu dan menyebabkan kerugian baik secara kuantitaif maupun secara kualitatif. Penyakit luka api pada tebu ditandai adanya cambuk berwarna hitam pada daerah apikal. Cambuk tersebut merupakan tunas atau daun yang mengandung teliospora hitam. Ukuran cambuk kurang lebih sebesar pensil, tidak bercabang dan nampak kaku. Didalamnya terdapat jutaan klamidiospora yang dilapisi selaput tipis tidak berwarna yang menempel pada cambuk. Setelah masak, selapus akan pecah dan melepas jutaan spora yang berbentuk seperti jelaga (Nurazizah, 2021).

Selama ini, penyakit luka api dilaporkan disebabkan oleh jamur *S. scitamineum* (sebelumnya *U. scitamineum*) (Diyasti *et al.*, 2021). Luka api yang disebabkan oleh *U. scitaminea* pertama kali dilaporkan menyerang tebu di Afrika Selatan pada tahun 1877. Pada July 1998 luka api pertama kali ditemukan di Australia tepatnya di Ord River Irrigation Area (ORIA) Australia Barat. Sumber infeksi ini diperkirakan berasal dari spora yang terbawa angin dari Indonesia. Lal *et al.* (2009), menyatakan bahwa luka api di India disebabkan oleh *S. scitamineum*. Luka api menjadi penyakit penting di Indonesia sejak tahun 1994. Penyebaran penyakit ini sebagian besar terjadi di pulau Jawa, Sumbawa, dan Sulawesi (Diyasti *et al*., 2021).

Pengendalian terhadap penyakit luka api yang dilakukan oleh Lal *et al*. (2009), memanfaatkan ekstrak daun *Calendula officinalis* (Bunga *Pot Marigold*), dan *Solanum nirum* (Lenca). Uji *in vitro* kedua bahan tanaman tersebut menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan miselia dan perkecambahan teliospora jamur *S. scitamineum*. Penggunaan fungisida berbahan aktif cyproconazole, propiconazole, triademifon, azoxystrobin, dan flutriafol diketahui dapat menjadi alternatif pengendalian penyakit luka api (Bhuiyan *et al*., 2012). Namun belum banyak informasi terkait dengan penggunaan fungisida berbahan aktif Mankozeb, Karbendazim, Prochloraz-mangan-klorida-kompleks, ekstrak Puyangan dan ekstrak Jamuan dalam mengendalikan penyakit luka api. Fungisida yang berbahan aktif

mankozeb bekerja sebagai agen pengkhelat unsur yang dibutuhkan oleh jamur sehingga terjadi penghambatan pertumbuhan. Fungisida berbahan aktif karbendazim merupakan fungisida sistemik yang bekerja jauh sampai ke dalam jaringan dan hanya bekerja pada satu tempat dari bagian sel jamur, sehingga disebut memiliki cara kerja *single site action* atau spesifik. Fungisida nabati seperti ekstrak puyangan/lempuyang dan jamuan/temu putih merupakan tumbuhan dari famili zingiberaceae yang mengandung beberapa senyawa kimia seperti zerumbon, kurkumin, flavonoid, fenol, saponin, dan minyak atsiri yang berperan sebagai antifungi (Indriani, 2022).

Besarnya resiko timbulnya strain jamur yang tahan terhadap fungisida dipengaruhi oleh faktor genetis patogen, jenis fungisida, dan rutinnya serta lamanya aplikasi. Penelitian yang dilakukan oleh Suganda *et al.* (2001), melaporkan bahwa tingkat sensitivitas *Colletotrichum* yang diisolasi dari daerah Cikole Lembang memiliki sensitivitas yang rendah terhadap Cu-hidroksida, difenokonazol, mankozeb, maneb, klorotanil, dan propineb. Pada penelitian lain, *Colletotricum* spp. sangat resisten terhadap bahan aktif klorotanil, mankozeb, dan propineb. Namun, masih sensitif terhadap bahan aktif benomil (Widodo *et al*., 2017). *Sporisorium* dan *Colletotrichum* termasuk kedalam kingdom fungi, sehingga diharapkan penelitian sensitivitas *Colletotrichum* terhadap fungisida ini akan analog dengan penelitian sensitivitas *Sporisorium* terhadap fungisida.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun, hipotesis yang diajukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Identitas dari patogen luka api pada tanaman tebu di PT Gunung Madu Plantations merupakan identitas dari patogen *S. scitamineum,*
2. Patogen luka api yang ada di PT GMP memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap beberapa bahan aktif fungisida dan ekstrak tanaman, dan
3. Sensitivitas patogen luka api terhadap fungisida sintetis lebih tinggi dibandingkan dengan fungisida nabati.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan kelompok tanaman Graminae atau Poaceae (rerumputan) yang menyimpan energinya dalam bentuk gula di dalam batang. Tanaman tebu sangat penting bagi ekonomi nasional karena batangnya mengandung nira, yang dapat digunakan sebagai sumber kalori dan gula. Ribuan petani menggunakan tebu sebagai mata pencaharian utama mereka, dan tebu juga merupakan sumber pendapatan negara (Rahmad, 2021). Selain menjadi tanaman utama penghasil gula, tebu juga dapat menghasilkan biomassa seperti lignin, serat, dan pentosan, yang dapat diubah menjadi produk bernilai tambah melalui berbagai proses kimiawi dengan menambahkan bahan kimia tertentu dan biologi dengan memanfaatkan mikroba (Hidayah, 2020).

Tanaman tebu dengan nama latin *Saccharum officinarum* L. di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan. Menurut *United States Departement of Agriculture* (USDA) (2018), klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Commelinidae
Ordo : Cyperales

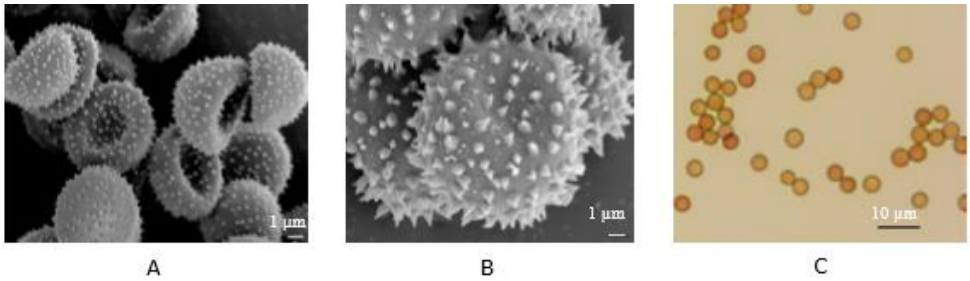
Family : Poaceae
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum* L.

Tebu terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan biji. Batang tanaman tebu berdiri tegak, dengan buku - buku di sekitar ruasnya, tidak bercabang dan berdiameter antara 3 hingga 5 cm tinggi. Akar tanaman tebu termasuk akar serabut tidak panjang yang tumbuh dari cincin tunas anakan. Daun tebu berbentuk pita, berseling kanan dan kiri, berpeleh seperti daun jagung dan tak bertangkai. Tulang daun sejajar, berlekuk di tengah, dan berbulu keras di tepinya. Bunga tebu adalah malai yang panjangnya berkisar antara 50 dan 80 cm. Seperti padi, biji tebu memiliki satu biji dengan lembaga 1/3 panjang biji (Lestari, 2019).

2.2 Penyakit Luka Api

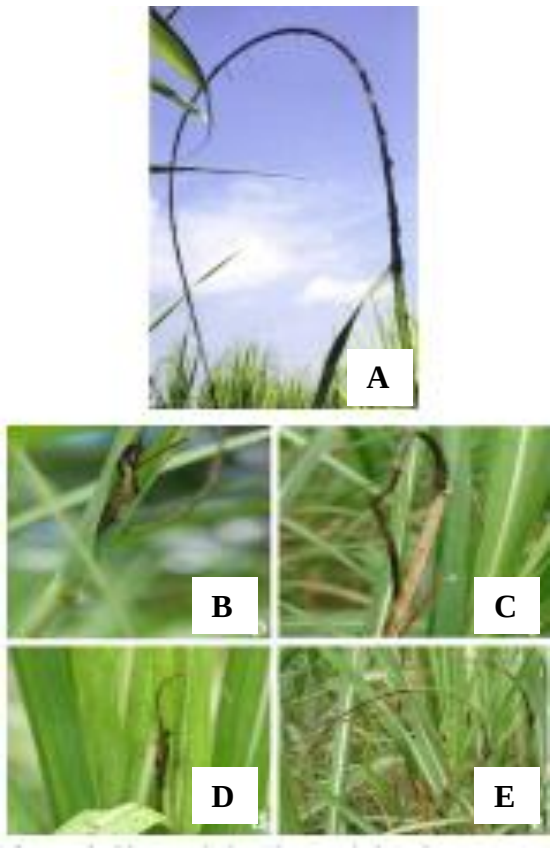
Patogen luka api pada tebu masuk kedalam kelompok jamur karat yang merupakan parasit obligat. Kebanyakan jamur karat memiliki lima jenis spora yaitu teliospora, basidiospora, pycniaspora, aeciospora, dan uredospora. Teliospora biasanya terbentuk pada jaringan inang yang mati, berwarna coklat tua atau hitam pustula yang disebut telia. Teliospora ini berdinding tebal dan tahan terhadap dingin atau kering, dan mereka berfungsi sebagai tahap istirahat bagi jamur melalui keadaan dorman dari tuan rumah. Basidiospora harus berpindah ke inang lain untuk menginfeksi sel inang secara langsung melalui dinding sel. Pikniospora tertanam dalam nektar dan berwarna oranye terang hingga (lebih jarang) tidak berwarna. Aeciospora ini biasanya terdapat pada permukaan daun bagian bawah sebagai hifa dikariotik dan berwarna oranye terang. Urediniospora adalah siklus hidup karat yang paling dikenal oleh ahli patologi tanaman karena hanya pada tahapan tersebut yang menginfeksi kembali host yang sama, dan karenanya dapat meningkat dengan cepat hanya melalui beberapa generasi,dan menyebabkan epidemi (Kolmer *et al*., 2009).

Penyakit luka api disebabkan oleh *S. scitamineum* Syd. yang sebelumnya bernama *U. scitamineum* Syd. Jamur *S. scitamineum* memiliki karakter morfologi spora yang beragam. Keragaman tersebut meliputi ukuran, ketebalan dinding sel, warna dan bentuk dinding spora. Diameter spora mulai dari 5,61 – 8,67 µm, sedangkan ketebalannya berada pada kisaran 0,5 – 1,37 µm. Warna spora juga bervariasi dari kuning hingga cokelat. Bentuk dinding spora ada yang berupa *verrucose* (permukaan dinding sel spora tidak beraturan), *echnulate* (dinding spora memiliki struktur semacam duri), dan *punctuate* (dinding spora yang permukaannya halus) (Hidayah, 2020).



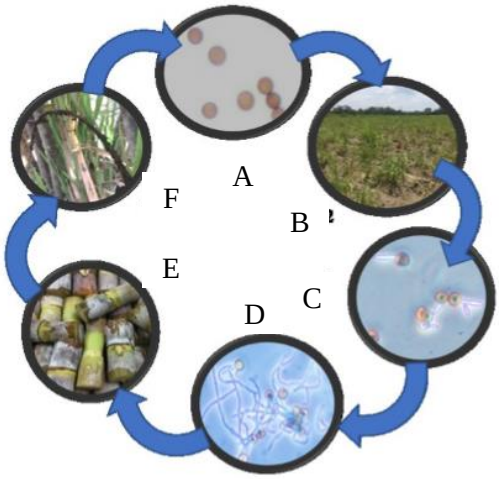
Gambar 1. Sel spora jamur luka api yang berbentuk. A) *echinulate*; B) *verruchose-echinulate*; dan C) *punctuate* (Hidayah, 2020).

Gejala dari luka api pada tebu diantaranya terdapat struktur seperti cambuk hitam dari meristem terminal atau meristem tunas lateral yang terinfeksi. Saat dewasa, cambuk hitam akan melepaskan jutaan spora kecil berwarna hitam yang kemudian disebarkan oleh angin. Gejala lainnya berupa pucuk samping yang hangus, bengkak batang, poliferasi tunas, berkurangnya ukuran tanaman tebu, dan peningkatan jumlah anakan. Penyebaran patogen luka api terjadi melalui penanaman bibit tebu yang sakit. Pada tanaman tebu, infeksi luka api biasanya menetap secara laten pada tunas bawah tanah. Ketika pucuk tersebut dipanen, pucuk yang muncul berubah menjadi cambuk. Penularan primer jamur luka api terjadi melalui penanaman bibit tebu yang sakit. Penyebaran sekunder melalui spora yang tertiup oleh angin. Spora yang berada di dalam atau di atas tanah akan terbawa ke lahan yang berbeda oleh air hujan atau air irigasi sehingga mereka dapat menyebabkan infeksi baru pada tebu (Lemma *et al*., 2015).



Gambar 2. Perbedaan bentuk cambuk tebu yang terserang luka api. A) cambuk panjang; B) cambuk yang diperjelas; C) cambuk *twisted*; D) cambuk pendek; dan E) banyak cambuk (Sundar *et al*., 2012).

Mekanisme terjadinya penyakit luka api pada tanaman tebu dimulai ketika teliospora jamur *S. scitamineum* yang berkecambah berhasil menginfeksi inangnya melalui mata tunas. Jamur *S. scitamineum* dikenal sebagai jamur yang mampu memanfaatkan beragam karbon dan nitrogen (sumber energi) memiliki 192 gen yang berasosiasi dengan virulensi di dalam genomnya, salah satunya berkaitan metabolisme energi. Untuk dapat menginfeksi inangnya, patogen harus memiliki kemampuan untuk mendegradasi dinding sel inang sehingga dapat masuk ke dalam jaringan inangnya. Oleh karena itu patogen harus mampu menghasilkan enzim yang dapat menghidrolisis senyawa penyusun dinding sel tersebut, termasuk *carbohydrate active enzymes* (CAZymes) (Hidayah, 2020).



Gambar 3. Proses infeksi jamur *S. scitamineum* pada tanaman tebu. A) teliospora *S. scitamineum*; B) jamur mulai menginfeksi tanaman tebu; c) teliospora berkecambah; d) pembentukan hifa infeksi; e) hifa menginfeksi jaringan meristem dan titik tumbuh tebu; dan f) pembentukan sorus (struktur yang mirip cambuk) (Hidayah, 2020).

Patogen luka api menyebar dengan dua mekanisme yaitu teliospora yang terbawa angin dan perpindahan bibit yang terinfestasi secara sistemik. Teliospora luka api dapat dipindahkan dengan cepat dalam jarak jauh oleh angin karena ukurannya yang kecil. Hal ini merupakan mekanisme utama penularan luka api di seluruh dunia. Infeksi bahan tanam terjadi ketika teliospora mendarat pada tunas aksial batang tebu dewasa. Saat bahan vegetatif ditanam tunas aksial akan berkecambah menghasilkan tunas baru. Pada saat itu, patogen luka api melakukan fase pertumbuhan aktif dan menginfestasi titik tumbuh (Bhuiyan *et al*., 2021).

Kelembaban tanah sangat mempengaruhi kemampuan spora jamur *S. scitamineum* dalam tanah. Spora masih dapat bertahan berkecambah hingga 70% meskipun sudah bertahan lebih dari 200 hari pada kondisi yang kering. Sementara itu, spora dapat berkecambah dengan cepat dalam kurun waktu 48 jam pada kondisi basah. Kemampuan spora untuk bertahan pada kondisi kering lebih lama dibandingkan pada kondisi basah (Hidayah, 2020). Bhuiyan *et al*. (2009), juga menyatakan bahwa spora *S. scitamineum* dengan kelembaban 0% dapat bertahan dalam tanah lebih dari 24 minggu, sementara itu pada kondisi kelembaban 30% spora hanya dapat bertahan

selama 12 minggu. Hoy *et al*. (1991) dan Akalach & Touil (1996) menyatakan bahwa kondisi lingkungan terutama suhu sangat mempengaruhi perkembangan penyakit luka api. Suhu yang tinggi (30-35 °C) merupakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan penyakit. Sebagaimana faktor lingkungan, karakteristik varietas tebu (tahan, moderat, ataupun rentan) juga sangat mempengaruhi perkembangan penyakit luka api di lapangan (Que *et al*., 2012).

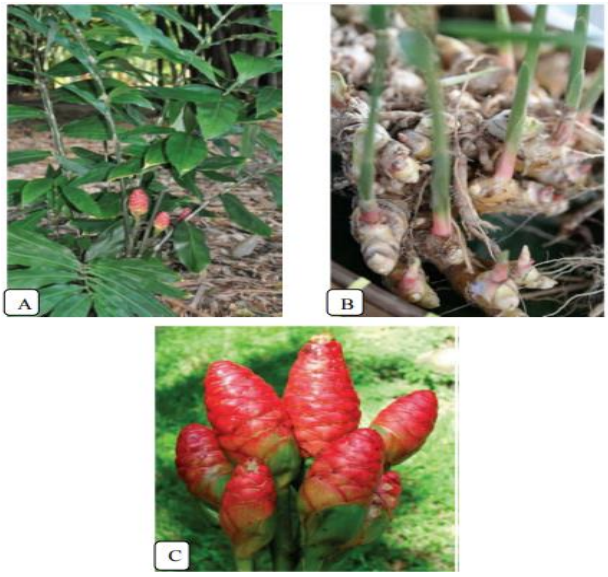
Peningkatan insidensi penyakit luka api ditemukan berkaitan dengan varietas yang rentan dan peningkatan umur tanaman. Kemunculan pertama kali cambuk apikal ditemukan bertepatan dengan 120 hari setelah tanam. Kemunculan kedua cambuk menghasilkan teliospora dalam jumlah banyak dan menginfeksi kuncup teriminal dan lateral yang berkembang dengan pesat. Kuncup yang terinfeksi dapat tetap tidak aktif dan bercambah untuk menghasilkan cambuk lateral pada kemunculan ketiga dari produksi cambuk. Infeksi yang menghasilkan cambuk level ketiga diyakini sangat penting dalam epidemiologi penyakit luka api (Sundar *et al*., 2012).

Luka api mengurangi produksi tebu dan kualitasnya. Di berbagai lokasi pertumbuhan tebu, penurunan hasil dan kualitas sangat berbeda, sebagian besar bergantung pada ras patogen yang ada, genotipe tebu, dan kondisi lingkungan yang berlaku. Kerugian ekonomi diperkirakan berkisar dari yang tidak terlihat hingga yang cukup serius untuk mengancam ekonomi pertanian suatu wilayah. Sandhu *et al*. (1969), menemukan bahwa luka api pada tebu dapat menyebabkan kehilangan hasil antara 12% dan 75%.

2.3 Puyangan dan Jamuan

Puyangan (*Zingiber zerumbet*) memiliki vernaculer name antara lain: *wild ginger* (Inggris), *shampoo plant* (Amerika), lempuyang (Indonesia), *bengle* (Jawa), *panglay* (Sunda), dan *bunglei* (Malaysia). Menurut *United States Departement of Agriculture* (USDA) (2018), klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Subkingdom :Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Zingiberidae
Ordo : Zingiberales
Family : Zingiberaceae Martinov
Genus : *Zingiber* Mill.
Spesies : *Zingiber zerumbet* (L.)



Gambar 4. Puyangan (*Zingiber zerumbet).* A) daun; B) akar; dan C) bunga (Silalahi, 2018).

Jamuan *(Curcuma zedoaria)* atau yang sering disebut dengan temu putih merupakan spesies asli (*native species*) India. Menurut *United States Departement of Agriculture* (USDA) (2018), klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

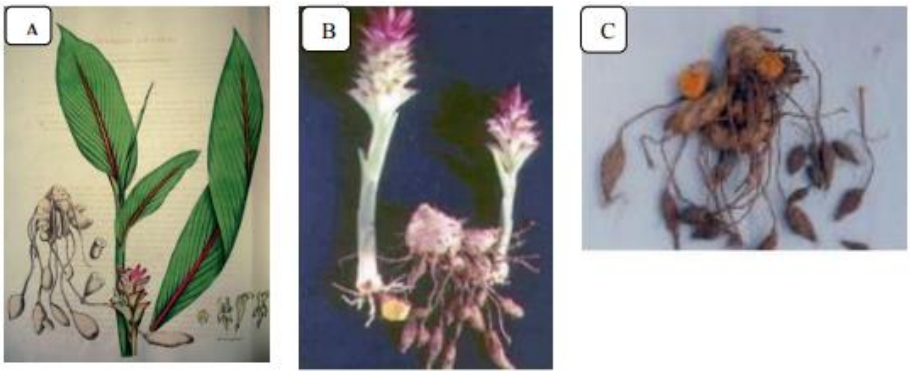
Subkelas : Zingiberidae

Ordo : Zingiberales

Family : Zingiberaceae Martinov

Genus : *Curcuma* L.

Spesies : *Curcuma zedoaria* (Christm.)



Gambar 5. Jamuan (*Curcuma zedoaria*). A) Ilustrasi; B) tangkai pembungaan dan rhizoma; dan C) rhizoma dengan umbi yang sesil (Silalahi, 2018).

2.4 Sensitivitas dan Perkecambahan Patogen terhadap Fungisida

Pengendalian penyakit tumbuhan dengan fungisida mula – mula menggunakan bahan yang bersifat protektan atau kontak. Fungisida protektan tidak dapat masuk ke dalam jaringan tumbuhan hingga disebut juga fungisida nonsistemik. Sifat fungisida ini tidak spesifik, yaitu menyerang secara *multisite action* pada tubuh jamur. Seiring dengan berjalannya waktu, mulai ditemukan dan digunakan fungisida yang bersifat sistemik (Trisnowati *et al*., 1995). Fungisida sistemik dapat diserap oleh jaringan tumbuhan dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tumbuhan. Berbeda dengan fungisida kontak yang bekerja nonspesifik, fungisida sistemik bekerja secara sistemik (*single site action*). Cara kerja yang nonspesifik antara lain karena denaturasi protein, bekerja sebagai sebagai agensia pengkelat, dan inaktivasi enzim. Sedangkan cara kerja yang spesifik adalah karena bekerja pada tempat tertentu seperti menghambat sintesis DNA, mempengaruhi respirasi dalam mitokondria, menghambat sintesis kitin, dan lain – lain (Trisnowati *et al*., 1995).

Sensitivitas suatu jamur terhadap fungisida salah satunya dipengaruhi oleh cara kerja dari masing – masing bahan aktif fungisida. Salah satu contoh fungisida kontak yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungisida mankozeb. Mankozeb merupakan pestisida kimia yang diklasifikasikan termasuk dalam ethylene bisdithiocarbamates (EBDCs). EBDCs adalah fungisida yang dapat digunakan untuk mencegah kerusakan tanaman di lapang dan dapat juga digunakan untuk melindungi hasil panen dari pembusukan selama penyimpanan dan dalam perjalanan. Mankozeb bekerja sebagai agen pengkhelat unsur yang dibutuhkan oleh jamur sehingga terjadi penghambatan pertumbuhan (Juvita, 2015). Fungisida karbendazim merupakan salah satu fungisida sistemik yang berasal dari Benzimidazol. Cara kerja dari fungisida ini yaitu mengganggu mitosis dan pembelahan sel. Selain karbendazim, fungisida prochloraz-mangan-klorida-kompleks juga termasuk kedalam fungisida sistemik. Fungisida ini termasuk imidazol, yang kerjanya menghambat biosintesis sterol (PPDB, 2023).

Ekstrak puyangan dan jamuan berasal dari tumbuhan family Zingiberaceae yang mengandung beberapa senyawa kimia seperti zerumbon, kurkumin, flavonoid, fenol, saponin, dan minyak atsiri. Zerumbon merupakan sesquiterpen yang berfungsi sebagai agen kemopreventif dan memiliki sifat antifungi. Mekanisme zerumbon (senyawa terpenoid) dalam menghambat pertumbuhan jamur yaitu dengan terjadinya permeabilitas membran. Senyawa ini juga berperan sebagai pelarut yang bisa memasukkan metabolit sekunder lainnya kedalam membran sel. Selain zerumbon, senyawa lainnya yang berperan sebagai antifungi adalah flavonoid dan alkaloid. Mekanisme flavanoid dalam mengahambat pertumbuhan jamur yaitu dengan mengikat enzim ekstraseluler dan protein terlarut serta merusak membran sel pada jamur, sedangkan mekanisme alkaloid dalam menghambat jamur adalah dengan menyisisp diantara dinding sel atau pada DNA jamur, sehingga dapat mencegah DNA bereplikasi dan pertumbuhan jamur akan terganggu (Aji *et al*., 2021).

Faktor – faktor penyebab timbulnya ketahanan suatu patogen terhadap fungisida adalah daur hidup patogen yang pendek, produksi spora melimpah, kemudahan perubahan sifat genetis patogen, pertanaman monokultur, dan aplikasi fungisida yang cukup lama. Untuk dapat menghambat perkembangan jamur atau membunuh jamur, fungisida kontak maupun sistemik harus dapat menembus dinding sel dan membran sel jamur, masuk kedalam sitoplasma dan merusak sel tersebut. Struktur sel memegang peranan penting dalam mekanisme kerja fungisida. Selain itu, ketahanan terhadap fungisida juga dipengaruhi oleh kekuatan membran sel (Indriani, 2022).

Perkecambahan spora adalah kemampuan spora untuk berkecambah. Persentase perkecambahan spora yang baik adalah minimal 80% (Kansrini, 2015). Untuk mengetahui daya tumbuh atau daya kecambah spora maka dilakukan uji perkecambahan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno pada tahun 1989. Perkecambahan spora jamur dapat menurun apabila terjadi penurunan sumber karbon, seperti glukosa, glukosamin, khitin, pati, dan nitrogen untuk hifa tumbuh. Selain itu, kurangnya asupan protein dari media biakan dapat menurunkan kemampuan spora berkecambah (Suwandi *et al*., 2006).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2023 hingga Februari 2024, di Laboratorium *Disease* PT Gunung Madu Plantations, dan Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, autoklaf, mikroskop majemuk, *Laminar Air Flow* (LAF), *beaker glass*, *erlenmeyer*, bunsen, jarum ose, pinset, bor gabus 0,5 cm, kertas label, alat tulis, *microwave*, *magneticstirer*, plastik *wrapping*, pipet tetes, *rotarymixer*, mikropipet 0 – 1000 µl, tip 0 – 1000 µl, *pcr tube* 100 µl, mesin pcr, elektroforesis, *Di gi-doc imaging system*, alumunium foil, *water bath*, plastik tahan panas, timbangan elektrik, mortar dan alu, dan kamera *handphone*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman tebu begejala luka api, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), *sodium hypochlorite* (NaOCl), *Streptomycyn sulfate*, air steril, aquades,tisu, CTAB (*Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide*) 2%, PCI (*phenol, chloroform, isoamyl alcohol*), CI (*cholorofolm, isoamyl alcohol*), *isopropanol, loading dye*, primer ITS1 dan ITS4, *buffer, buffer* TE, *EDTA, agarose* gel, dan alkohol 70%, beberapa jenis fungisida (mankozeb, karbendazim, Prochloraz-mangan-klorida-kompleks), serta ekstrak tanaman puyangan dan jamuan.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Media PDA dibuat dengan komposisi kentang 200 g, agar 20 g, dekstrosa 20 g, dan aquades 1000 mL. Langkah pertama yaitu kentang dikupas kemudian dipotong dadu lalu ditimbang sebanyak 20 g. Setelah ditimbang, kentang dicuci bersih dan dimasukkan kedalam *beaker glass* yang berisi 100 mL aquades. Kentang direbus selama kurang lebih 15 menit sampai mendidih. Setelah itu, ekstrak kentang dimasukkan kedalam erlenmeyer yang sudah berisi agar dan dekstrosa masing – masing sebanyak 20 g. Erlenmeyer tersebut ditutup menggunakan alumunium foil kemudian dimasukkan ke dalam plastik tahan panas untuk disterilisasi menggunakan autoklaf. Sterilisasi dilakukan pada suhu 121^{o}C dan tekanan 1 atm selama 30 menit. Setelah disterilisasi, media didinginkan dan ditambahkan asam laktat lalu dihomogenkan. Langkah selanjutnya yaitu media dituangkan ke dalam cawan petri dan disimpan.

3.3.2 Isolasi, Pemurnian, dan Postulat Koch

Patogen luka api diisolasi dengan mencuplik spora yang ada pada cambuk dan diletakkan pada media PDA instan. Setelah miselium patogen luka api tumbuh, dilakukan pemurnian pada semua koloni jamur yang tumbuh dan dianggap berbeda berdasarkan kenampakan makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Masing – masing jamur diambil dan dipisahkan kedalam media PDA baru dengan menggunakan jarum ose. Jika jamur yang tumbuh masih bercampur dengan jamur lain maka dimurnikan kembali. Uji postulat koch dilakukan dengan memindahkan isolat jamur luka api kedalam PDB (*Potato Dextrose Broth*) dan dishaker selama 7 hari. Setelah itu, tanaman tebu RGM02-426 berumur 1 – 2 bulan dipotong pucuknya mendekati pangkal pucuk dan ditetesi suspensi jamur luka api hasil isolasi. Kemudian diamati gejala yang muncul pada tebu, 7 hari setelah inokulasi (HSI).

3.3.3 Identifikasi Morfologi dan Identifikasi Molekuler

Identifikasi morfologi dilakukan dengan mengamati langsung tanda penyakit (spora) yang ada pada lapang, koloni jamur pada media PDA dan pengamatan menggunakan mikroskop majemuk. Pengamatan pada spora luka api meliputi bentuk spora, warna spora, dan ukuran spora. Pengamatan koloni pada media PDA meliputi bentuk koloni, warna permukaan koloni, dan warna bawah koloni. Hasil pengamatan morfologis dicocokkan dengan literatur yang relevan (Hidayah, 2020; Jose *et al*., 2017; Shuai *et al*., 2023; dan Sundar *et al*., 2012).

Identifikasi secara molekuler diawali dengan ekstraksi DNA, amplifikasi DNA, sekuensing dan penyusunan pohon filogenetik. Ekstraksi DNA dilakukan dengan menumbuhkan jamur hasil isolasi pada media cair selama 7 hari. Selanjutnya DNA genom diekstraksi dengan metode CTAB (Sambrook *et al*., 2001). Ekstraksi DNA dilakukan dengan memindahkan koloni jamur ke tabung sentrifugase dengan volume 10 mL kemudian disentrifuse selama 10 menit, suhu 21°C, dengan kecepatan 14.000 rpm. Selanjutnya dibuang supernatan diambil pellet dan ditambahkan alkohol 70% sebanyak 500 µL disentrifuse kembali dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, supernatant dibuang dan pellet ditambahkan 1000 µL larutan buffer. Selanjutnya, pellet dan buffer dihomogenkan menggunakan *rotamixer* hingga homogen kemudian dimasukkan ke mortar dan dimasukkan kedalam lemari pendingin untuk diinkubasi selama 1-2 hari.

Pellet dan buffer yang berada di mortar kemudian digerus selama 15 menit lalu dipindahkan ke tube 1,5 mL dan ditambahkan 400 µL CTAB 2% kemudian di *waterbath* selama 1 jam pada suhu 65°C. Selanjutnya, ditambahkan 500 µL PCI (*phenol, chloroform, isoamyl alcohol*) lalu disentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm. Setelah disentrifus, diambil larutan supernatantnya sebanyak 500 µL lalu dipindahkan ke tabung mikrosentifus 1,5 mL yang baru dan ditambahkan CI (*chloroform,isoamyl alcohol*) dengan perbandingan yang sama dengan volume

larutan sebelumnya (1:1). Selanjutnya disentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm.

Larutan supernatant diambil 400 µL lalu dipindahkan ke tabung mikrosentrifus 1,5 ml baru dan ditambahkan *isopropanol* dingin dengan volume yang sama lalu dihomogenkan. Kemudian larutan diinkubasi pada suhu -20°C selama 20 menit dan disentrifus kembali selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm untuk mendapatkan pellet. Selanjutnya pellet ditambahkan 500 µL alcohol 70% lalu disentrifus kembali selama 5 menit dengan kecepatan 14.000 rpm. Supernatant dibuang dan pellet dikering anginkan selama 1-2 hari. Pellet yang telah dikering anginkan ditambahkan 20 µL buffer TE. Selanjutnya DNA genom dicek dengan elektroforesis pada *gel agarosa* 0,1%. Elektroforesis dilakukan selama 60 menit pada 55 volt. Hasil elektroforesis kemudian divisualisasikan menggunakan *Digi-Doc-Imaging System.*

Hasil ekstraksi DNA kemudian diamplifikasi dengan menggunakan primer *Internal Transcribed Spacer* (ITS). Amplifikasi DNA dilakukan dengan menggunakan 25 µL campuran reaksi yang mengandung 12,5 µL Red mix, 1 µL primer *forward*, 1 µL primer *reverse*, 1 µL DNA dan 9,5 µL air steril. Selanjutnya siklus amplifikasi dilakukan dengan beberapa tahap utama, yaitu *denaturasi, annealing, ezedoariasi dan extension*. Proses amplifikasi menggunakan primer ITS1 (5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3') dan ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') (White *et al*., 1990). Dilakukan pada suhu 95^{o}C selama 5 menit untuk *pre-denaturasi* awal lalu diikuti oleh 35 siklus, *denaturasi* dilakukan pada 95^{o}C selama 1 menit, *annealing* pada 48^{o}C selama 1 menit, *extension* pada suhu 72^{o}C selama 1 menit dan *post-extension* pada suhu 72^{o}C selama 5 menit. Kemudian produk hasil PCR dielektroforesis pada *gel agarosa* 0,1% selama 60 menit pada 55 volt. Hasil elektroforesis kemudian divisualisasikan menggunakan *Digi-Doc-Imaging System*.

Hasil amplifikasi kemudian di sekuensing di PT Genetika Science Indonesia. Hasil sekuensing kemudian disejajarkan (*alligment*) menggunakan absesi jamur

Sporisorium yang memiliki homologi tinggi diambil dari gen bank berdasarkan pustaka yang sudah terbit. Sebagai out grup akan digunakan *Paraleptosphaeria orobanches* strain CBS 127945 (JF740230.1) lalu disejajarkan menggunakan program *CLUSTALW* (Tamura *et al*., 2013). Hasil *alignment* kemudian dibandingkan dengan database NCBI dengan program Basic *Local Alignment Search Tool for Nucleotide Sequences* (BLASTN). Pohon filogenetik disusun menggunakan *software* MEGA versi 6 dengan metode *Neighbor Joining* (NJ) dan *bootsrap* 1000 kali ulangan (Felsenstein, 1985). Penentuan spesies jamur hasil isolasi didasarkan pada spesies dengan kekerabatan terdekat pada pohon filogenetik yang diperoleh

3.3.4 Uji Sensitivitas Patogen Luka Api terhadap beberapa Bahan Aktif Fungisida

Uji sensitivitas patogen luka api terhadap fungisida memiliki dua variabel yang diamati, yaitu diameter pertumbuhan koloni jamur luka api dan perkecambahan (perkecambahan) spora luka api. Uji sensitivitas ini dilakukan untuk mengetahui sensitivitas patogen luka api terhadap beberapa jenis bahan aktif fungisida dan disusun dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan yaitu : F0 Kontrol (tanpa fungisida), F1 (ekstrak puyangan), F2 (ekstrak jamuan), F3 (fungisida karbendazim), F4 (fungisida Prochloraz-mangan-klorida-kompleks), dan F5 (fungisida mankozeb). Seluruh perlakuan diulang sebanyak 3x, sehingga terdapat 18 satuan percobaan. Uji fungisida ini dilakukan dengan menggunakan fungisida nabati (puyangan, jamuan) dan fungisida kimia (mankozeb, karbendazim, Prochloraz-mangan-klorida-kompleks).

Fungisida nabati (puyangan dan jamuan) diperoleh dari tumbuhan famili Zingiberaceae yang tumbuh liar di areal perkebunan tebu. Tumbuhan puyangan dan jamuan diambil dengan mencangkul rimpangnya lalu kemudian dibersihkan. Setelah itu, rimpang dari puyangan dan jamuan di iris tipis untuk memudahkan proses pengeringan. Proses pengeringan menggunakan oven dan membutuhkan waktu 24

jam dengan suhu 100^{o}C. Setelah kering, puyangan dan jamuan tersebut kemudian digiling hingga menjadi bubuk yang siap diekstrak.

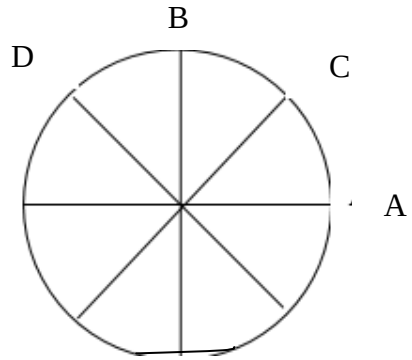
A. Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur Luka Api

Pengukuran diameter koloni jamur luka api dilakukan dengan metode makanan beracun. Patogen luka api hasil pemurnian ditumbuhkan pada media yang mengandung fungisida dengan masing – masing mengikuti dosis anjuran yaitu : puyangan (10 g/100 mL), jamuan (10g/100 mL), karbendazim (2 g/L), Prochloraz-mangan-klorida-kompleks (5 g/L) dan mankozeb (3g/L). Pada uji fungisida, media PDA dicampur dengan larutan fungisida yang berbeda bahan aktifnya. Setelah itu, media dihomogenkan dan dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan hingga memadat. Biakan murni patogen luka api dilubangi dengan bor gabus 0,5 cm. Biakan diletakkan tepat ditengah cawan petri yang sudah berisi media bercampur dengan fungisida. Kemudian biakan diinkubasi pada suhu ruang.

Pengamatan diameter koloni jamur luka api dilakukan pada 2, 4, dan 6 hari setelah inkubasi (HSI) selama 7 hari dengan mengukur diameter koloni. Diameter koloni diukur dengan menggunakan penggaris pada empat posisi yang berbeda, yaitu secara vertikal, horizontal, dan diagonal (Gambar 4). Diameter koloni pada setiap pengamatan merupakan rata – rata dari pengukuran keempat arah yang berbeda dengan menggunakan satuan centimeter (cm). Rata – rata pengukuran diameter koloni patogen luka api dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Rahmawati, 2020).

$$d = (A + B + C + D)/4$$

Keterangan :
d = Diameter koloni jamur
A = Pengukuan diameter jamur secara horizontal
B = Pengukuan diameter jamur secara vertikal
C = Pengukuan diameter jamur secara diagonal
D = Pengukuan diameter jamur secara diagonal



Gambar 6. Pengukuran rata - rata diameter koloni jamur.

Tingkat sensitivitas patogen luka api ditentukan dari Tingkat Hambatan Relatif (THR) fungisida terhadap pertumbuhan koloni patogen luka api. Nilai THR menurut metode Joshi *et al.* (2013), dihitung dengan rumus berikut:

$$THR = (d1 – d2)/d1 \times 100\%$$

Keterangan :
d1 = diameter koloni jamur Sporisorium tanpa perlakuan (kontrol)
d2 = diameter koloni jamur Sporisorium yang diberi perlakuan

B. Uji Perkecambahan Spora Luka Api

Perkecambahan spora adalah kemampuan spora untuk berkecambah. Persentase perkecambahan spora yang baik adalah minimal 80% (Kansrini, 2015). Untuk mengetahui daya tumbuh atau daya kecambah spora maka dilakukan uji perkecambahan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut :

$$V = (g/(g + u)) \times 100\%$$

Keterangan :
V = perkecambahan spora (perkecambahan)
g = jumlah spora berkecambah
u = jumlah spora yang tidak berkecambah

Perkecambahan spora luka api ditentukan dengan cara suspensi spora luka api diinkubasikan selama 24 jam. Suspensi dibuat dengan mencampurkan 0,55 g spora luka api yang diambil dari areal perkebunan tebu dan dicampur dengan 350 mL air steril. Suspensi kemudian dibagi menjadi 50 mL setiap perlakuannya dan

ditambahkan dengan fungisida. Setiap perlakuan kemudian dishaker selama 24 jam. Setelah itu satu tetes suspensi tersebut diteteskan pada kaca preparat dan ditutup dengan gelas penutup. Lalu dihitung jumlah spora – spora yang berkecambah dan tidak berkecambah pada bidang pandang dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x. Spora dihitung berkcambah apabila telah terbentuk tabung kecambah yang panjangnya setengah dari diameter spora.

3.4 Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh dari pengujian sensitivitas patogen luka api terhadap fungisida dan uji viabilitas spora luka api terhadap fungisida di uji homogenisitas dengan Uji Barlett, dan uji aditifitas dengan Uji Tukey yang jika asumsi terpenuhi diuji dengan Uji F dan dilanjutkan dengan Uji BNT dengan taraf 5% jika asumsi terpenuhi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Identitas patogen luka api yang ada di PT Gunung Madu Plantations berdasarkan identifikasi morfologi dan molekuler adalah *Sporisorium scitamineum.*
2. Patogen luka api sensitif terhadap fungisida karbendazim, dan prochloraz-mangan-klorida-kompleks. Namun, patogen luka api tidak sensitif terhadap fungisida mankozeb, ekstrak puyangan, dan ekstrak jamuan.
3. Sensitivitas patogen luka api terhadap fungisida sintetis lebih tinggi dibandingkan dengan fungisida nabati.

5.2 Saran

Diperlukan uji lebih lanjut terkait dengan hal – hal sebagai berikut.

1. Uji bioekologi dari patogen luka api yang ada di PT Gunung Madu Plantations untuk mengetahui karakteristik bioekologi dari patogen tersebut,
2. Uji terkait dengan dosis dari fungisida prochloraz-mangan-klorida kompleks terhadap patogen luka api, untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat mengenai dosis fungisida yang baik digunakan, dan
3. Patogen luka api diuji resistensinya apabila dipapar secara terus – menerus oleh fungisida.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, O. R. dan Zakkiyah, H. C. 2021. Aktivitas antifungi ekstrak etanol 96% rimpang lempuyang wangi (*Zingiber aromaticum* Val.) terhadap cendawan Phytium sp. secara in vitro. *Jurnal Ilmiah Ilmu – Ilmu Hayati*. 6(1) : 58 – 63.

Akalach, M. and Touil, B. 1996. Occurrence and spread of sugarcane smut caused by *Ustilago scitaminea* in morocco. *Plant Dis*. 80 :1363–1366.

Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Tebu Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Bhuiyan, S., Croft, B., and Cox, M. 2009. Survival of sugarcane smut teliospores under South East Queensland conditions. *Proc Aust Soc Sugar Cane Technol.* 31: 135–144.

Bhuiyan, S., Croft, B., James, R., and Cox, M. 2012. Laboratory and field evaluation of fungicides for the management of sugarcane smut caused by *Sporisorium scitamineum* in seedcane. Australas. *Plant Pathology*. 41 : 591 – 599.

Bhuiyan, S. A., Robert, C. M., Meredith, D. M., and Karen, S. A. 2021. Sugarcane smut, caused by *Sporisorium scitamineum*, a major diasease sugarcane, a contemporary review. *Phytopthology*. 111(11) : 1905 – 1917.

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2022. Waspada Epidemi Penyakit Luka Api. https://ditjenbun.pertanian.go.id/waspada-epidemi-penyakit-luka-api/. Diakses pada 24 Juni 2022, pukul 20.14 WIB.

Diyasti, F., Malik, F., dan Bakoh, B. 2021. Model peramalan perkembangan penyakit luka api pada pertanaman tebu di Indonesia. *Jurnal Pertanian Presisi*. 5(2) : 109 – 125.

Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*. 39 : 783 - 791.

Gabriel, B. P. dan Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae (Metch) Sor: Taksonomi, Patologi, Produksi, dan Aplikasinya*. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.

Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Lampung.

Halimah, S. 2018. Potensi Antagonisme Jamur Endofit pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) untuk Menekan Pertumbuhan Jamur *Ustilago scitaminea* Penyebab Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu Secara in Vitro. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.

Hidayah, N. 2020. Peluang pengembangan pengendalian penyakit luka api pada tebu di indonesia. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*. 12(2) : 94 – 108.

Hoy, J., Grisham, M., and Chao, C. 1991. Production of sori and dispersal of teliospores of *Ustilago scitaminea* in Lousiana. *Phytopathology*. 81 : 574–579.

Indriani, R. 2022. Analisis Keragaman, Sensitivitas, dan Kecepatan Resistensi *Xylaria* sp. terhadap Fungisida di PT Gunung Madu Plantations (PT GMP). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Innocenti, G., Montanari, M., Righini, H., and Roberti, R. 2018. *Trichoderma* species associated with green mould disease of *Pleurotus ostreatus* and their sensitivity to prochloraz. *Plant Pathology*. 68(2) : 392 – 398.

Joshi, M. S., Sawant, D. M., and Gaikwad, A. P. 2013. Variation in fungi toxicant sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates infecting fruit crops. *Journal of Food and Agriculture Science*. 3(1): 6-8.

Jose, R. C., Nongthombam, G. D., Louis, B., Handique, P. J., and Talukdar, N. C. 2017. Confined enzymatic activity of *S. scitamineum* and *U. esculenta* at the smut gall during infection. *Biological System Open Access*. 6(2) : 1 – 5.

Juvita, L. 2015. Efektivitas Fungisida Berbahan Aktif Mankozeb 65% dan Benalaksil 8% terhadap Penyakit Bercak Ungu yang Disebabkan oleh *Alternaria porri* Howard (Dothideomycetes: Pleosporaceae) pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.

Kansrini, Y. 2015. Uji berbagai jenis media perbanyakan terhadap perkembangan jamur *Beauvaria bassiana* di laboratorium. *Agrica Ekstensia*. 9(1) : 34 – 39.

Kolmer, J. A., Ordonez, M. A., and Groth, J. V. 2009. *The Rust Fungi. Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley and Sons, Ltd: Chichester. DOI:10.1002/9780470015902.a0021264

Kristini, A., Adi, H. C., Kardianasari, A., Rifai, F. F., dan Jati, W. W. 2022. Pengendalian penyakit luka api pada tanaman tebu dengan fungisida flutriafol. *Indonesian Sugar Research Journal*. 2(2) : 86 - 94.

Kumar, A. S., Eswara, N. P. R., Hariprasad, K. R. and Devi, M. C. 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose in Agri Export Zone of Andhra Pradesh India. *Plant Pathology Bulletin*. 6(3): 157-160.

Lal, R. J., Sinha, O. K., Bhatnagar, S., dan Awasthi, S. K. 2009. Biological control of sugarcane smut (*Sporisorium scitamineum*) through botanicals and *Trichoderma viridae. Sugar Tech*. 11(4) : 381 –386.

Lemma, A., Hadush, H., Yohannes, Z., and Amrote, T. 2015. Study on the reaction of sugarcane genotypes (CIRAD-2011) to sugarcane smut (*Sporisorium scitamineum*) in the ethiopian sugarcane plantationss. *Advances in Crop Science and Technology*. 3(4) : 181.

Lestari, R. W. P. 2019. Pengujian Ketahanan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* Linn) terhadap Penyakit Luka Api (*Sporisorium scitamineum* Syd). *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

Mujim, S. 2010. Pengaruh ekstrak rimpang jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) terhadap pertumbuhan *Pythium* sp. penyebab penyakit rebah kecambah mentimun secara in vitro. *Jurnal HPT Tropika*. 10(1) : 59 – 63.

Muliasari, A. A. dan Ranu, T. 2020. Insidensi hama dan penyakit utama tebu (*Saccarhum officinarum* L.) di PT PG Rajawali II Jatitujuh Majalengka. *Jurnal Sains Terapan*. 10(1) : 40 – 52.

Nurazizah, S. 2021. *Identifikasi Karakteristik pada Tiga Klon Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.) di Desa Sambiroto Kecamatan Sooko – Mojokerto*. Universitas Muhammadiyah Gresik. Gresik.

Panglipur, D. B., Sulistyowati, L., Muhibuddin, A., dan Hidayah, N. 2013. Uji ketahanan kalus kultivar tebu (*Saccarhum officinarum* L.) terhadap penyakit pokkahbung menggunakan filtrat kultur *Fusarium moniliforme* secara in vitro. *HPT*. 1(4) : 51 – 58.

Pesticides Properties Data Base. 2023. *Prochloraz (Ref : BTS 40542).* University of Hertfordshire. http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/536.htm. Diakses pada Minggu, 31 Desember 2023, pukul 11.59 WIB.

Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretarian Jenderal. 2022. *Outlook Komoditas Perkebunan Tebu*. Kementrian Pertanian. Jakarta.

Putra, L. K. dan Damayanti, T. A. 2012. Major disease affecting sugarcane production in Indonesia. *Functional Plant Science and Biotechnology*. 6(2) : 124 – 129.

Que, Y., Xu, L., Lin, J., Chen, R. and Grisham, M. 2012. Molecular variation of *Sporisorium scitamineum* in mainland China revealed by RAPD and SRAP markers. *Plant Disease*. 96 : 1519–1525.

Rahmad. 2021. Uji patogenitas jamur pendegradasi bahan organik pada bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). *Jurnal Agroplantae*. 10(2) : 76 – 84.

Rahmawati. 2020. Pertumbuhan isolat jamur pasca panen penyebab busuk buah pisang ambon (*Musa paradisiaca* L.) secara in vivo. *Biologi Makassar*. 5(2): 210-217.

Sambrook, J., Maccallum, P., and Russell, D. 2001. *Molecular cloning: a Laboratory Manual*. 3rd ed. Cold Spring Harbor Press. New York.

Sari, A. R. K. dan Li'aini, A. S. 2022. Efektivitas antifungi senyawa non atsiri dari ekstrak *Curcuma aeruginosa* terhadap *Colletotrichum capsici* pada buah cabai merah. Berita Biologi : *Jurnal Ilmu – Ilmu Hayati*. 21(3) : 257 – 268.

Sari, M. P., Siti, H., Wahyuno, D., dan Dyah, M. 2022. Aplikasi fungisida dan pupuk silika untuk menekan penyakit bercak daun *Pyricularia zingiber* pada jahe merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(4) : 167 – 176.

Silalahi, M. 2018. Botani dan bioaktivitas lempuyang (*Zingiber zerumbet* (L.) Smith.). *Jurnal EduMatSains*. 2(2) : 147 - 160.

Silalahi, M. 2018. *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe (manfaat dan bioaktivitas). *Jurnal Pro-Life*. 5(1) : 515 – 525.

Suwandi., Siti, H., Muhammad, D. U., dan Yulia, P. 2006. Kerapatan dan perkecambahan spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat subkultur dan pengayaan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal HPT Tropika*. 6(2) : 70 – 78.

Sandhu, S. A., Bhatti, D. S., and Rattan, B. K. 1969. Extent of losses caused by red (*Physalospora tucumane* Speg.) and smut (*Sporisorium scitamineum* Syd) *Journal of Research*. 6: 341-344.

Shuai, L., Hairong, H., Lingyan, L., Zhenhua, D., Xiaoqiu, Z., Zeping, W., Jingchao, L., Weihua, H., Xiaohang, C., Dongmei, H., Qiufang, L., Xiupeng, S., and Meixin, Y. 2023. Variety-spesific flowering of sugarcane induced by the smut fungus *Sporisorium scitamineum*. *Plants (Basel).* 12(2) : 316.

Suganda, T., Yulia, E., dan Hidayat, Y. 2001. Variabilitas sensitivitas jamur *Colletotrichum* spp. asal sentra pertanaman cabai merah Jawa Barat terhadap beberapa bahan aktif fungisida. *Jurnal Agrikultur*. 12 : 122 – 129.

Sundar, A. R., Barnabas, E. L., Malathi, P., and Viswanathan, R. 2012. A Mini-review on smut disease of sugarcane caused by *Sporisorium scitamineum. Botany*. 107 – 128.

Trisnowati, S., Christanti, S., dan Nursamsi, P. 1995. Ketahanan beberapa jamur patogen terhadap fungisida. *Indon. J. Plant Prot*. 1(1) : 51 – 55.

United State Departement of Agriculture. 2018. Classification for Kingdom *Plantae* Down to Species *Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe. USDA Natural Resources Conservation Service. https://plants.usda.gov/home/classification /31112. Diakses pada tanggal 29 Februari 2024 pukul 14.15 WIB.

United State Departement of Agriculture. 2018. Classification for Kingdom *Plantae* Down to Species *Saccharum officinarum* L. USDA Natural Resources Conservation Service. https://plants.usda.gov/home/classification/25368. Diakses pada tanggal 22 Juni 2023 pukul 07.57 WIB.

United State Departement of Agriculture. 2018. Classification for Kingdom *Plantae* Down to Species *Zingiber zerumbet* (L.) Sm. USDA Natural Resources Conservation Service. https://plants.sc.egov.usda.gov/home/plantProfile?symbol=ZIZE. Diakses pada tanggal 29 Februari 2024 pukul 14.30 WIB.

Walau, R., Khamdan, K., dan I Made, S. 2022. Pengaruh fungisida berbahan aktif tunggal mankozeb, karbendazim, dan campuran terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum gloeosporioides* secara in vitro. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 11(4) : 362 – 373.

White, T. J., Bruns, T., Lee, S., and Taylor, J. 1990. *Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. in PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications*. Academic Press. Hal. 315-322.. Florida.

Widodo., Desta, A., dan Suryo, W. 2017. Sensitivitas *Colletotrichum* spp. pada cabai terhadap benomil, klorotanil, mankozeb, dan propineb. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(4) : 119 – 126.